

# YUINFO 2019

## ZBORNİK RADOVA

**YU** | **20**  
**INFO** | **19**

25<sup>TH</sup> CONFERENCE AND EXHIBITION  
Kopaonik



**YU INFO 2019**  
**ZBORNİK RADOVA**

Izdavač:

**Društvo za informacione sisteme i računarske mreže**

Urednik:

**Prof. dr Miodrag Ivković**

Mesto i godina izdanja:

**Beograd, 2019.**

ISBN:

**978-86-85525-23-0**

## **YU INFO 2019**

### **PROGRAMSKI ODBOR**

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

- Prof. dr Veljko Milutinović, ETF, Univerzitet u Beogradu
- Prof. dr Zora Konjović, FTN, Univerzitet u Novi Sadu
- Prof. dr Zoran Jovanović, ETF, Univerzitet u Beogradu
- Prof. dr Zoran Stanković, Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu
- Prof. dr Vladimir Filipović, Matematički fakultet, Beograd
- Prof. dr Zlatko Čović, VTŠ, Subotica
- Doc. dr Komlen Lalović, ITS, Fakultet za primenjeni menadžment, ekonomiju i finansije – Beograd

Chairman konferencije:

- Prof. dr Miodrag Ivković

## E-društvo

### **ZNAČAJ RAZVOJA eUPRAVE REPUBLIKE SRBIJE**

Đuro Klipa, Rade Dragović

### **UPOTREBA DIGITALNOG MARKETINGA U OKVIRU DRUŠTVENIH MEDIJA U KOMUNIKACIJI LUKSUZNIH TURISTIČKIH BRENDOVA U REPUBLICI SRBIJI**

Antonina Lazić, Rina Vukanac, Marija Jovic

### **UTICAJ INFORMACIONO KOMUNIKACIONE TEHNOLOGIJE NA SAVREMENE ORGANIZACIJE**

Nebojša Janićijević

### **OTVORENI STANDARDI, OTVORENI PODACI I PRIMENA U MEDICINSKIM ISTRAŽIVANJIMA**

Rajko Terzić, Milosav Majstorović

### **UTICAJ TRADICIONALNIH I DRUŠTVENIH MEDIJA NA PROCES ODLUČIVANJA O KUPOVINI PROIZVODA MODNIH BRENDOVA**

Antonina Lazić, Dragan Vukmirović

### **RAZVOJ INTERNETA U DRŽAVAMA ZAPADNOG BALKANA**

Jelena Šuh

### **PRIMENA BI U PRAĆENJU BEZBEDNOSTI**

Slaviša Đukanović, Veljko Marinković, Ivan Košanin, Slobodan Nedeljković, Vojkan Nikolić, Duško Sivčević

### **OTVORENI PODACI (OPEN DATA) EUPRAVE REPUBLIKE SRBIJE**

Kokić Emilija, Vojkan Nikolić, Djukanović Slaviša, Djikanović Predrag, Markoski Branko

### **UTICAJ NOVIH TEHNOLOGIJA NA SAVREMENO UPRAVLJANJE PROJEKTIMA**

Vesna Makitan, Miodrag Ivković, Eleonora Brtka, Vladimir Brtka

## Računarske mreže i telekomunikacije

### Zaštita i sigurnost podataka

### **MEDJUNARODNA ISKUSTVA U AKREDITACIJI INFORMACIONO-KOMUNIKACIONIH SISTEMA ZA RAD SA TAJNIM PODACIMA**

Goran Matić, Milan Miljković

### **TORII MALWARE UTICAJ NA IOT I ARM**

Milorad Murić, Žarko Bogićević

### **TEHNIKE LAŽIRANJA REŠENJA BRUTEFORCE NAPADA NA PROCES WI-FI AUTENTIFIKACIJE KOD WPA2 PROTOKOLA**

Petar Ljubić, Bratislav Predić, Miloš Roganović

## **SISTEM TEHNIČKE I ELEKTRONSKE ZAŠTITE**

Uroš Radenković, Marko Mićović, Filip Hadžić, Zaharije Radivojević

## **DIGITALNI TAHOMETAR VISOKIH PERFORMANSI ZASNOVAN NA MERENJU VREMENSKE PERIODE POMOĆU DVA BROJAČA**

Ljubiša Jovanović

## **AUTOMATSKI SISTEM ZA PROGNOZU DOTOKA NA PROFILIMA HIDROELEKTRANA: „METEOSAR“ - PRIMER: REKA DRINA**

Branko Sparavalo , Radomir Radojičić

## **Računarske primene**

### **MATLAB/SIMSCAPE MODELOVANJE I SIMULACIJA KORIGOVANIH PRETVARAČA DRUGOG REDA**

B.M. Zlatković, B. Samardžić

### **PREGLED NEKIH OD SISTEMA ZA DALJINSKO NADGLEDANJE ŽIVOTINJA I MOGUĆIH PRIMENA U NACIONALNOM PARKU ĐERDAP**

Dejan Pavlović

### **VIŠEPARAMETARSKI MERNI SISTEM ZA ANALIZU STANJA KOTRLJAJNIH LEŽAJEVA**

Biljana Savić, Vlade Urošević, Goran Šiniković, Ivan Milićević

### **INFORMACIONI SISTEM ZA OBRADU PODATAKA JONOSFERSKOG SONDIRANJA (ISOPJS)**

Jovan Bajčetić, Mladen Trikoš, Ivan Tot

### **FORMALIZING DEVICE COORDINATION IN IOT SYSTEMS: THE SCOR CASE STUDY**

Nenad Petrovic, Milorad Tosic, Valentina Nejkovic, Nenad Milosevic

### **PRIMENA INFORMACIONIH TEHNOLOGIJA U ŽELEZNIČKOM SAOBRAĆAJU**

Dragica Jovanović, Marko Bursać, Zoran Bundalo, Goran Tričković

### **RAZVOJ I ODRŽAVANJE SISTEMA DALJINSKOG UPRAVLJANJA VODOSNABDEVANJA PETROVCA NA MLAVI**

Milan Životić, Vlade Urošević , Olga Ristić

### **PROGRESSIVE WEB APPLICATIONS AND MAGENTO**

Dejan Beljić

### **AUTOMATSKI SISTEM ZA EVIDENCIJU PRISUSTVA NASTAVI KORIŠĆENJEM ARDUINO PLATFORME I ANDROID APLIKACIJE**

Robert Pinter, Mikloš Pot, Sanja Maravić Čisar, Zlatko Čović

### **SIMULACIJA PROSTORNOG HAOSA MIMO NELINEARNIH KASKADNIH SISTEMA U PROGRAMSKOM PAKETU MATLAB**

Biljana Samardžić, Bojana Zlatković

### **JEDNOSTAVNI ARDUINO PLC ŠILD**

Neđeljko Lekić, Zoran Mijanović

### **ANALIZA ITERACIJA NEH HEURISTIKE ZA PROBLEM REDOSLEDA DELOVA U LINIJI**

Miloš Danilović, Oliver Ilić

### **DISPEČERSKI TRENAŽNI SIMULATOR SREDNJENAPONSKE ELEKTRIČNE MREŽE**

Vladimir Nešić, Đorđe Jovanović, Matija Živanović, Tijana Nikolić

### **ALGORITAM IZGRADNJE KLASIFIKACIONOG MODELA U PRISUSTVU NEKOMPLETNIH PODATAKA**

Vladimir Vasić

### **UPOREDNA ANALIZA KLASIFIKACIONIH MODELA U MEŠANOM OKRUŽENJU UČENJA**

Dejan Rančić, Olivera Pronić-Rančić, Gabrijela Dimić

### **IoT PLATFORMA – ZAŠTITA OKANA TK INFRASTRUKTURE**

Vladan Nešić, Ivan Petrović

### **PRAĆENJE DOLIVANJA GORIVA, MAZIVA I TEHNIČKIH TEČNOSTI NA PK UGLJA DRMNO PODRŽANO SAVREMENIM IKT**

Dragan Stošić, Snežana Pantelić, Vladimir Simeunović, Gradimir Ivanović, Petar Ješić, Dragan Stević

### **PRIMENA ANDROID UREĐAJA U MERENJIMA ANALOGNIH ELEKTRIČNIH SIGNALA**

Đorđe Kocić, Nenad Petrović

### **KONCEPT BAZA PODATAKA U ERP DISTRIBUIRANOM INFORMACIONOM SISTEMU**

Saša Sudar, Miloš Racković, Zdravko Ivanković

### **ANALIZA PRISTUPA ZA MODELOVANJE POSLOVNIH PROCESA ZASNOVANIH NA ARTIFAKTIMA**

Ana Pajić Simović, Nenad Aničić, Slađan Babarogić

### **CRM U ELEKTRONSKOM OBRAZOVANJU**

Tamara Gajić<sup>1</sup>, Ivan Tot

### **PERFORMANSE NEREGENERATIVNOG KOOPERATIVNOG SISTEMA SA BEŽIČNIM PRENOSOM INFORMACIJA I ENERGIJE**

Vesna Blagojević, Aleksandra Cvetković

## **Razvoj softvera i alati**

### **IZBOR MODULACIJA I TALASNIH DUŽINA FSO SISTEMA U ODNOSU NA SNR I BER**

Vladimir Šašo, Borivoje Milošević, Srdjan Jovković

### **KOMPARATIVNA ANALIZA SOFTVERA ZA SAKUPLJANJE I ANALIZU PROTOKA MREŽNOG SAOBRAĆAJA**

Nemanja Miljković, Slavko Gajin

### **GENERALIZOVANI VS. KORISNIČKI SOFTVERI U REVIZIJI FINANSIJSKIH IZVEŠTAJA**

Kristina Mijić

## **ANALIZA PARAMETARA KVALITETA MOBILNIH MREŽA**

Nenad Radosavljević

## **P2P KOMUNIKACIJA U SLUČAJU OTKAZA MREŽNE INFRASTRUKTURE U REALNIM USLOVIMA**

Uglješa Urošević, Zoran Veljović

## **PERFORMANSE ALGORITMA ZA POUZDANO PREUZIMANJE FAJLOVA U USLOVIMA PROMENLJIVE INTERNET KONEKCIJE**

Dušan Stefanović, Slavimir Stošović

## **LoRa IoT MREŽA TELEKOMA SRBIJA U FUNKCIJI ZAŠTITE INFRASTRUKTURE**

Nada Petrović

## **TARIFIRANJE IOT SERVISA U ZAVISNOSTI OD KORISNIČKIH FUNKCIJA DOBITI**

Vesna Radonjić Đogatović, Marko Đogatović

## **Veštačka inteligencija i računarska simulacija**

### **M2M KOMUNIKACIJA I NJHOVA PRIMENA U eZDRAVLJU**

Данило Лазовић, Јован Бајчетић, Јордан Атанасијевић

### **UPOTREBA DIGITALNOG MARKETINGA U OKVIRU DRUŠTVENIH MEDIJA U KOMUNIKACIJI LUKSUZNIH TURISTIČKIH BRENDOVA U REPUBLICI SRBIJI**

Đuro Klipa, Rade Dragović

### **IMPLEMENTACIJA SISTEMA ZA E-UČENJE SLUŽBENIKA GRADSKE UPRAVE**

Marija Krstić, Lazar Krstić, Valentina Stanković

### **INFORMACIONO-KOMUNIKACIONE TEHNOLOGIJE, DIGITALNA EKONOMIJA I PROMENA INDUSTRIJSKE STRUKTURE**

Dejan Dimitrijević, Marko Janković, Dejan Andrejević, Dragan Momirović

### **PREDSTAVA ZNANJA O VINIMA I RAZVOJ SISTEMA ZA PODRŠKU RADA VINARIJA**

Katarina Čukurov, Siniša Nikolić, Mina Medić

### **OČENJIVANJE TIMSKOG RADA STUDENATA PROGRAMERA KORIŠĆENJEM FAZI PRAVILA**

Anisja Kijevčanin, Bojan Tomić

### **PRIMENA DATA MININGA U PLATFORMI ZA LABORATORIJSKE VEŽBE IZ OBLASTI INFOMATIKE I RAČUNARSTVA**

Nenad Petrović

### **SIMULACIONI MODEL ZASNOVAN NA AGENTIMA ZA ANALIZU SAOBRAĆAJA U PERIODU JUTARNE GUŽVE**

Aleksandar Marković, Nikola Zornić, Marko Petrović, Sava Čavoški

### **PRIMENA GIT I JUNIT ALATA U CILJU PODSTICANJA AKTIVNOG UČENJA JAVA JEZIKA**

Bojan Tomić, Nikola Milikić, Jelena Jovanović, Dragan Đurić, Vladan Devedžić, Zoran Ševarac



## **PRIMENA ALGORITAMA MAŠINSKOG UČENJA U ANALIZI USPEHA STUDIRANJA KOD STUDENATA SOFTVERSKOG INŽENJERSTVA**

Sanja Delčev, Jelica Cincović, Jelena Stančić, Dražen Drašković, Jelica Protić

## **HIBRIDNI PRISTUPI ZA UPRAVLJANJE PROJEKTIMA RAZVOJA SOFTVERSKIH PROIZVODA**

Mirjana Marić, Predrag Matković, Pere Tumbas, Jovica Đurković

## **ADABOOST ALGORITAM U PREPOZNAVANJU IGRAČA NA KOŠARKAŠKIM UTAKMICAMA**

Zdravko Ivanković, Dejan Savičević, Velibor Precevski, Anja Kostic -Zobenica, Branko Markoski

## **GENETSKI ALGORITAM ZA REŠAVANJE JOB SHOP PROBLEMA**

Jana Vugdelija, Zoran Rakičević

## **THE DSS FOR AGRICULTURE IN SERBIA – CURRENT STATE AND PERSPECTIVES**

Žaklina Stojanović, Emilija Manić, Irena Janković

## **Vojne primene**

### **ANALIZA UTICAJA SSD I MAGNETNIHDISKOVA NA PERFORMANSE SQL SERVERA**

Atanasijević Jordan, Đorđević Borislav, Stanković Nevena

### **IMPLEMENTACIJA I ANALIZA VERTIKALNOG PARTICIONISANJA U BAZAMA PODATAKA SA ASPEKTA MEMORIJE**

Atanasijević Jordan, Đorđević Borislav , Stanković Nevena

### **ADRC ALGORITAM SA REZONANTNIM PROŠIRENIM OBSERVEROM STANJA U FORMI REGULATORA SA JEDNIM STEPENOM SLOBODE**

Momir Stankovic, Stojadin Manojlovic, Davorin Mikluc

### **PRIMENA BIOMETRIJSKIH PODATAKA ZA KONTROLU PRISTUPA INFORMACIONIM SISTEMIMA**

Ivan Tot, Lazar Đorđević, Mladen Trikoš, Dušan Bogičević, Komlen Lalović

### **DEKODIRANJE FREJMA ADS-b SISTEMA ZA PRAĆENJE VAZDUŠNOG SAOBRAĆAJA U PROGRAMSKOM JEZIKU PYTHON**

Jelena Mitrović , Bojan Milanović

### **REALIZACIJA DIGITALNOG KOMPASA UPOTREBOM MEMS SENZORA**

Davor Holender, Aleksa Lazović

### **BIOSENZORI I AKVIZICIJA BIOMETRIJSKIH PODATAKA**

Mladen Trikoš, Stefan Pejanović, Ivan Tot, Jovan Bajčetić, Boriša Jovanović

### **СИМУЛАЦИЈА И ПОРЕЂЕЊЕ АЛГОРИТАМА ЗА РЕШАВАЊА ЛАВИРИНТА**

Марко Манојловић, Кандић Соња, Младен Живковић, Младен Антонић

### **SAMOSTALNO IZBEGAVANJE PREPREKA I BEŽIČNO UPRAVLJANJE POMOĆU BLUETOOTH KOMUNIKACIJE MOBILNOG ROBOT TENKA PUTEM ARDUINO UNO-A**

Mladen Randić, David Novaković

**INTERNET STVARI: IZRADA METEOROLOŠKE STANICE POMOĆU ESP8266 MODULA**

David Novaković, Mladen Randić

**ZNAČAJ RFID U IMPLEMENTACIJI SISTEMA BESKONTAKTNE KONTROLE PRISTUPA**

Aleksa Lazović, Davor Holender

**ЈЕДАН ПРИМЕР РАДА РАДАРСКОГ ПОКАЗИВАЧА У ПРОГРАМУ LabVIEW**

Соња Кандић, Марко Манојловић, Младен Живковић, Младен Антонић

**DRUŠTVENE MREŽA U MINISTARSTVU ODBRANE I VOJSCI SRBIJE**

Tamara Gajić, Ivan Tot

**HARDVERSKA IMPLEMENTACIJA I ANALIZA ALGORITAMA ZA PRIDRUŽIVANJE PODATAKA**

Filip Ilić, Marko Antonijević, Davorin Mikluc

**ESTIMACIJA TRAJEKTORIJE I KARAKTERISTIČNIH OBELEŽJA CILJA OBRADOM SNIMKA INFRACRVENE KAMERE**

Marko Antonijević, Filip Ilić, Davorin Mikluc

**ZNAČAJ I PRIMENA VIZUALIZACIJE PODATAKA PAMETNIH ZGRADA**

Stefan Božanić, Stefan Sretenović, Vladimir Kekić

**UTICAJ VIŠESTRUKIH DISTORZIJA NA OBJEKTIVNU PROCENU KVALITETA SLIKE**

Davorin Mikluc, Nenad Stojanović, Boban Bondžulić, Vladimir Petrović

**POREĐENJE ALGORITAMA MAŠINSKOG UČENJA NA PRIMERU KLASIFIKACIJE VOZAČA**

Valentina Ljubisavljević, Mladen Lukić, Pavle Milošević, Aleksandar Rakićević, Mihailo Stupar

**PRIMENA BIG DATA KONCEPTA U CILJU PREVENCIJE KRIMINALNIH AKTIVNOSTI**

Aleksandra Vukmirović, Jovanka Vukmirović, Nebojša Dragović, Stefan Radojičić, Sofija Vukmirović

# ZNAČAJ RAZVOJA eUPRAVE REPUBLIKE SRBIJE

## THE IMPORTANCE OF THE DEVELOPMENT OF THE GOVERNMENT OF THE REPUBLIC OF SERBIA

Đuro Klipa<sup>1</sup> doc.dr sc. , mr Rade Dragović<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Ustavni sud Srbije,*

<sup>2</sup> *Institut za standarde i tehnologije, Beograd*

**Sadržaj** - eUprava usmerena je na povećanje efikasnosti, brzine, otvorenosti i kvalitete javne uprave. Stvaranje informatičkog društva nije prepušteno slobodnom izboru, već postepeno postaje obaveza. Uslovi u poslovnom i drugom okruženju podrazumevaju aktivno prilagođavanje i uvođenje ePoslovanja koje podstiče stvaranje eKulture. Vreme informacija nameće potrebu kontinuirane edukacije kojom se stiču potrebna znanja o informatičkim dostignućima, kao i sprovođenje niza mera i aktivnosti na poboljšanju tehnološke osnove i povećanja korisničkih kapaciteta ( edukacija građana). Ovaj rad ima za cilj da identifikuje i analizira sofisticiranost servisa eUprave u Republici Srbiji, da pruži osvrt i da da preporuke za daljim razvojem ovih servisa u cilju kreiranja informacionog ili eDruštva.

**Abstract** - eGovernment is aimed at increasing the efficiency, speed, openness and quality of public administration. The creation of an information society is not left to free choice, but gradually becomes an obligation. Conditions in the business and other environments involve the active adaptation and introduction of eLearning that encourages the creation of eCulture. The time of information imposes the need for continuous education that acquires the necessary knowledge of IT achievements, as well as the implementation of a range of measures and activities to improve the technological base and increase user capacities (education of citizens). This paper aims to identify and analyze the sophistication of eGovernment services in the Republic of Serbia, to provide a review and to make recommendations for the further development of these services in order to create information or eGovernment.

### 1. UVOD

Kompletan eGovernment se razvio od početnog fokusa koji je u centru pažnje imao 'proizvodnju' E-uprave, do onog koji akcenat stavlja na pouzdanost i vrednost koju eGovernment pruža građanima - tj. 'upotrebljivost' eGovernmenta. To se provlači od eAdministracije, do eGovernmenta, eDostupnih usluga, i u skorije vreme do eUpravljanja i upotrebe i iskustva upotrebe usluga koje stvaraju građani/potrošači. U tom novom kontekstu, strategijama eGovernmenta se podrazumeva shvatanje zanačaja interoperabilnosti servisa, i primena agende nema za cilj 'guranje' automatizovanih usluga pasivnim korisnicima, već ima za cilj da u složenom spektru različitih ponašanja građana i izazova koje donose ICT modeli na najbolji mogući način modeluje konvencionalnu interakciju između građana i javnih zvaničnih stručnjaka.

U procesu kreiranja eGovernment, i definisanja prioriteta strateških dokumenata, veoma je važno imati u vidu i

„obavezujuće“ elemente nacionalnih i subnacionalnih strategija eGovernmenta kako bi se u tom procesu dao doprinos kreiranju jedinstvenog informacionog prostora i omogućila kasnija integracija servisa. U tom smislu, ključni faktori kreiranja politika su:

- promovisanje inovativnih promena u cilju upravljanja i uspostavljanja složenih ravnoteža između izvora i finansiranja, organizacionih promena, i zadovoljenja potreba i očekivanja korisnika tj. građana,
- učiniti građane vrhunskim potrošača/korisnika vladinih servisa,
- maksimizirati tokove i primenu rešenja najbolje prakse u celoj Evropi i fokusirati se na E-upravu kao brend usluga visokog poverenja.

### 2. DEFINICIJA eGOVERNMENT-a

eGovernment definiše se kao vladine aktivnosti koje koriste elektronske komunikacije među svim nivoima u vladi, sa građanima i poslovnom zajednicom, uključujući: sticanje i pružanje proizvoda i usluga; davanje i primanje narudžbi; pružanje i traženje informacija; i kompletne finansijske transakcije. Širu definiciju je dao Gartner (2000): „eGovernment predstavlja kontinuiranu optimizaciju procesa pružanja usluga, participaciju i upravljanje birača transformacijom internih i eksternih odnosa upotrebom tehnologije, Interneta i novih medija“. Prepoznajući implikacije eGovernmenta, moguće ju je definisati kao – mogućnost dobijanja vladinih usluga pomoću netradicionalnih elektronskih načina, omogućavanje pristupa vladinim informacijama i kompletiranje vladinih transakcija sa bilo kojeg mesta, u bilo kojem trenutku i u skladu sa zahtevima na jednaki pristup – pružajući potencijal da se preoblikuje javni sektor i izgrade relacije između građana i vlade.

Theresa A. Pardo [11] navodi funkcije eGovernmenta na sledeći način:

*Pristup građana vladinim informacijama.* Pružanje pristupa vladinim informacijama je najčešća digitalna vladina inicijativa.

*Olakšavanje opšteg poštovanja.* eGovernment takođe može da podrazumeva pružanje elektronskog pristupa uslugama koje olakšavaju usklađivanje sa setom pravila ili regulativa.

*Pristup građana za lične koristi.* Transferi elektronskih benefita i online aplikacija za javnu pomoć i kompenzaciju radnicima su primeri usluga koje omogućavaju građanima elektronski pristup kako bi ostvarili ličnu korist.

*Nabavka, uključujući nadmetanje, kupovinu i plaćanje.* Aplikacije za nabavku omogućavaju vladinim agencijama da osete benefite koji postoje u privatnom sektoru korišćenjem aplikacija za eTrgovinu. Katalozi elektronskih prodavaca, dostavljanje ponuda i tabeliranje, elektronska kupovina i plaćanje predstavljaju transakcije

unutar vlade, ali i između vlade i poslovnih subjekata koje zadovoljavaju potrebe kako vladinih agencija tako i privatnih trgovačkih partnera.

*Government-to-Government integracija informacija i usluga.* Programi integrisane dostave usluga među vladinim agencijama i između nivoa vlade, zahteva elektronsku integraciju i deljenje informacija.

*Participacija građana.* Online demokratija uključuje pristup tj. kontakt sa izabranim zvaničnicima, diskusione forume, „online sastanke“, registraciju glasača, i na kraju online glasanje. Ove usluge se razvijaju sa ciljem da zadovolje potrebe celokupne zajednice. Sa tehničkog aspekta, *eGovernment* predstavlja integrisane alate koji obuhvataju tri moguća seta novih tehnologija: infrastrukturu, rešenja i eksploataciju javnih portala. *eGovernment* infrastruktura može omogućiti implementaciju konkretnih aplikacija kako bi adresirao specifične probleme i pitanja upravljanja u vladi. Dakle, prilikom pružanja internet pristupa i e-mail usluga na javnim portalima, najpozitivniji uticaj će doći od onih rešenja i usluga kojima je moguće pristupiti eksploatacijom javnih portala sa ovim komunikacionim alatima. Na bazi interne i eksterne vladine telekomunikacione i internet infrastrukture, eksploatacijom javnih portala vlade, pružaju se rešenja koja omogućavaju elektronsku dostavu javnih usluga.

Dakle, *eGovernment* je moguće definisati kao način na koji vlade koriste najinovativnije informacione i komunikacione tehnologije, prije svega web-bazirane internet aplikacije, kako bi pružili građanima i poslovnim subjektima mnogo udobniji pristup vladinim informacijama i uslugama, kako bi unapredili kvalitet usluga i pružili mnogo više mogućnosti za participaciju u demokratskim procesima i institucijama.

### 3. eGOVERNMENT I ePOSLOVANJE

Jedan od najznačajnijih aspekata *eGovernmenta* jeste način na koji čini da građani i poslovni subjekti budu bliži svojim vladama. U tom smislu, moguće je definisati, tj. prepoznati 8 različitih potencijalnih tipova ili modela u *eGovernment* sistemu, koji veoma korisno mogu pomoći u definisanju obima *eGovernment-a*, ali i istraživanja *eGovernment-a*: Government-to-Citizen (G2C); Citizento- Government (C2G); Government-to-Business (G2B); Business-to-Government (B2G); Government-to-Government (G2G); Government-to-Nonprofit (G2N); Nonprofit-to-Government (N2G) i Government-to-Employee (G2E). Sa nastajanjem *eGovernment-a*, teorije i prakse javne uprave su takođe zakoračile u novu digitalnu eru. S tim u vezi, pojavljuju se nova otvorena pitanja, a koja se odnose na implementaciju i primenu *eGovernmenta* u vladama, kao što su pitanja upravljanja korisničkim intefejsum u delu koji se odnosi na upravljanje dokumentima, na digitalne procese, virtuelne organizacije, reforme javnog sektora, i sl. Ova pitanja u suštini određuju i usmeravaju razvoj teorija i prakse za *eGovernment* 21 veka.

### 4. EKONOMSKI ASPEKTI eGOVERNMENT-a

#### a.) Kontinuirane investicije

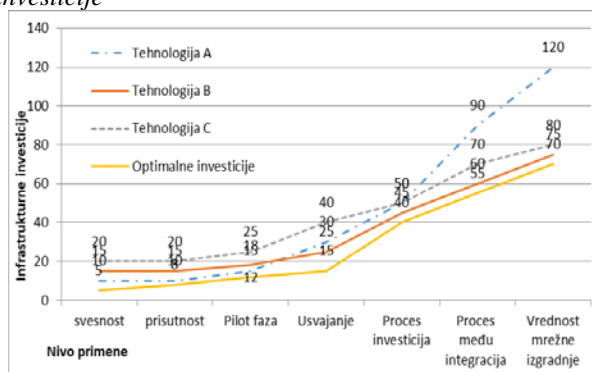
Kako Vlade napreduju u razvoju, pojaviće se potreba za kontinuiranim investicijama u njihovoj *eGovernment* infrastrukturi. Modeli distribucije komplikovanijih usluga (na primjer međuvladinih usluga) i aplikacije *eGovernmenta* će postaviti veće zahteve za infrastrukturom, što će kao rezultat imati dodatne troškove mrežnih i serverskih hardvera, softvera, ljudi i infrastrukturnih procesa. Vlade koje nisu pronašle pravi balans između investicija i *eGovernment* infrastrukture i gde su zahtevi za implementacijom *eGovernmenta* isuviše investirani, i u tom smislu utiču na trošenje sredstava, ili su investiranja isuviše mala i na taj način dovode do rizika da infrastruktura *eGovernmenta* ne može odgovoriti na potrebe tj. zahteve za uslugama – što kao rezultat daje slabe usluge, poluoptimalni razvoj i gubitak zadovoljstva građana

#### b.) Uticaj izbora tehnologije

Kada se vlada nalazi u ranoj fazi usvajanja *eGovernment-a*, logično je da će svoju infrastrukturu stvarati i kreirati na bazi cost-efektivne tj. troškovno-efektivne tehnologije za konkretan poslovni model. (nazovimo je “Tehnologija A”).

Kako poslovni model postaje složeniji i kompleksniji, vlade nailaze na potrebu za većim investicijama u *eGovernment* infrastrukturu kako bi pružile odgovarajući nivo usluge koju građani i poslovni subjekti traže.

Slika 1. Uticaj tehnologije na optimalne infrastrukturne investicije



Na određenom stepenu, tj. na određenoj tački, izabrana tehnologija može biti postavljena i nametnuta u fazi dizajna, čime će kao rezultat imati značajno povećanje IT troškova, ili mnogo češće, smanjenje nivoa usluge. Ako bi vlada uzela u obzir “Tehnologiju B” u ranim fazama prihvatanja – iako bi to bilo mnogo skuplje u prvim fazama, tj. u toj tački – vlade bi bile u mogućnosti da održe evoluciju svojih *eGovernment* ciljeva mnogo dalje bez sretanja i suočavanja sa situacijom u kojoj se dešava naglo povećanje infrastrukturnih troškova. Kako se nove tehnologije razvijaju i menjanju poslovni modeli, vlade se mogu suočiti sa problemom “prelaska” sa jedne tehnologije na drugu. Tačnije, ovi procesi se mogu ponavljati više puta. Optimalna kriva investicija u ovom scenariju će povezati najniže tačke svake prikazane tehnologije (slika 1). Vlade ne smeju da dozvole da razmišljaju i brinu o integraciji različitih tehnologija od različitih proizvođača. Jednostavno, vladini zvaničnici nisu i ne treba da budu eksperti u oblasti tehnologije – oni

žele da se skoncentrišu na pitanja održivosti programa i usluga koje se nude tim programima, izvršavajući svoje poslove u skladu sa odgovornostima i učestvujući u razvoju svojih zaduženja. Uzimajući u obzir sve ove faktore, zajedno sa povećanjem složenost eGovernment sistema, za vlade je veoma korisno da imaju strateški odnos sa proizvođačima koji pružaju kompletnu eGovernment infrastrukturu, od faze izgradnje do faze razvoja, korišćenja i održavanja. Vlade, u saradnji sa proizvođačima tj. partnerima moraju biti u mogućnosti da izgrade eGovernment infrastrukturu koja je fleksibilna, sklabilna i pouzdana za buduće korišćenje, isključujući mogućnost da se zaustave na jednoj tehnologiji koja će im onemogućiti implementaciju i povezivanje sa novim, troškovno efektivnijim tehnologijama.

## 5. PREDUSLOVI ZA EFIKASNO FUNKCIONISANJE

Preduslovi koji se postavljaju pred eGovernment da bi ona efikasno funkcionisao, tj. pružao potpune i kompletne e-servise građanima, poslovnim sistemima i drugim subjektima, su sledeći:

- 1) Pristup internetu,
- 2) Adekvatna informaciona i komunikaciona infrastruktura uprave,
- 3) Baze podataka u elektronskom obliku,
- 4) Aplikacije za obradu, pristup i razmenu podataka,
- 5) Pristupne tačke za izvršenje servisa preko Interneta, razne vrste terminala koji su dostupni na javnim mestima, mobilni uređaji i sl.
- 6) Sistem bezbednosti koji se ogleda u pristupu servisu putem odgovarajućih bezbednosnih mehanizama (smart kartica, GSM kartica, PIN i PUK kodovi i sl.).

## 6. OSNOVNI MODALITETI e GOVERNMENT-a

**Portal vlade** - sa svim važnim informacijama o javnoj upravi i vezama ka podportalima.

**Usluge uprava-uprava** - omogućavaju republičkim organima uprave i jedinicama lokalne samouprave da kao punopravni partneri učestvuju u pružanju javnih usluga građanima,

**Usluge uprava-poslovni subjekti** - smanjuju administrativno opterećenje poslovnih subjekata pojednostavljenjem administrativnih procedura,

**Komunikacija unutar uprave** - automatizacija internih administrativnih procedura i omogućavanje pristupa zajedničkim bazama podataka i centralnim registrima unutar državne uprave,

**E-plaćanje** - elektronske javne usluge zahtevaju elektronski metod plaćanja,

**Zaštita transakcija i informacija** – imaju značajnu ulogu u uspešnoj realizaciji eGOVERNMENT-a,

**Standardi** - izuzetno su važni za uspešan razvoj i integraciju javnih usluga i informacija,

**Zakonska infrastruktura** – eGovernment zahteva zakonski okvir koji bi adekvatno regulisao korišćenje elektronskih javnih usluga i informacionih tehnologija u javnoj upravi,

**Telekomunikaciona infrastruktura** - moderna i liberalizovana digitalna telekomunikaciona infrastruktura omogućava građanima, privrednim subjektima i organima uprave brz i jeftin pristup digitalnim javnim uslugama i predstavlja komunikacionu osnovu za eGOVERNMENT i e-upravu,

**Institucionalna infrastruktura** - uspešan razvoj e-uprave zahteva efikasnu upravljačku strukturu koja će planirati, koordinirati, izvršavati i vrednovati prihvaćenu strategiju eGOVERNMENT-a.

## 7. PREDNOSTI I NEDOSTACI eGOVERNMENT-a

Usluge koje eGovernment pruža se:

- Pojednostavljaju, pojeftinjuju i kvalitetnije su;
- Drastično se smanjuje vreme koje stranke provode prilikom dobijanja informacija ili upravnih akata;
- Povećava se transparentnost i umanjuje mogućnost za korupciju;
- Uprava povećava prihode i smanjuje troškove;
- Unapređuje se poslovno okruženje, promovise ekonomski razvoj, privlače investicije itd

Problemi koji se pojavljuju mogu biti dvojaki:

- ❖ Jedna vrsta problema vezana je za strah građana i zaposlenih u upravi, od novog i neizvesnog, što predstavlja ljudskoj prirodi svojstven otpor promenama i svemu što je novo,
- ❖ Druga vrsta su problemi koji se odnose na moguće zloupotrebe pri uvođenju novog načina obavljanja poslova organa uprave.

## 8. BEZBEDNOST PODATAKA I INFORMACIJA U eGOVERNMENT-u

Informacioni sistemi koji postoje na nivou čitave e-uprave, baze podataka i neprestana povezanost uprave sa spoljnim svetom preko Interneta, čine je veoma pogodnom metom za vršenje krivičnih djela u oblasti računarskog kriminala.

Ovo podrazumeva da se moraju preduzeti sve mere zaštite u informacionim sistemima e-uprave kako bi se minimizirala mogućnost gubitka informacija ili njihovo neovlašteno menjanje ili korišćenje, što bi u određenim slučajevima moglo izazvati nesagledive posledice.

## 9. FAKTORI KOJI UTIČU NA UVOĐENJE eGOVERNMENT-a

- Politička volja
- Stateško razmišljanje
- Kadrovi
- Finansiranje
- Savladavanje otpora prema promenama
- Učestvovanje građana i privrede

## FAZE IMPLEMENTACIJE KONCEPTA eGOVERNMENT-a su:

- razvoj odgovarajućeg zakonodavstva,
- izgradnja infrastrukture,
- stvaranje bezbednosne infrastrukture,
- organizovanje ljudskih kapaciteta,
- povezivanje administracije,

- uvođenje novih ciljeva i briga za korisnike,
- uvođenje integrisanih aplikacija,
- promovisanje korišćenja servisa eGovernment-a

## 10. DIGITALNA AGENDA ZA EVROPU 2020

Evropska komisija je usaglasila dugoročni plan za razvoj informaciono komunikacionih tehnologija u periodu između 2010. i 2020. godine. Reč je o inicijativi *Digital Agenda for Europe*.

Ovaj plan, između ostalog, predviđa da sva domaćinstva u Evropskoj uniji do 2020. godine dobiju mogućnost pristupa Internetu brzinom 30 Mbit/s, te da barem polovina stanovnika Evrope može da koristi brzinu 100 Mbit/s.

U sledećoj tabeli predstavljeno je prvih deset zemalja po razvijenosti e-uprave u Evropi u 2012. godini.

Tabela 1. Razvijenosti e-uprave u 2012. godini u zemljama EU

Rang	Zemlja	Indeks	Rang u svetu	Indeks	Rang u svetu
		2012	2010	2012	2010
1	Holandija	0,9125	0,8097	2.	5.
2	Velika Britanija	0,8960	0,8147	3.	4.
3	Danska	0,8889	0,7872	4.	7.
4	Francuska	0,8635	0,7510	6.	10.
5	Švedska	0,8599	0,7474	7.	12.
6	Norveška	0,8593	0,8020	8.	6.
7	Finska	0,8505	0,6967	9.	19.
8	Linhenshtajn	0,8264	0,6694	14.	23.
9	Švajcarska	0,8134	0,7136	15.	18.
10	Njemačka	0,8079	0,7309	17.	15.
	<b>Regionalni prosek</b>	<b>0,7188</b>	<b>0,6227</b>		
	<b>Svetski prosek</b>	<b>0,4882</b>	<b>0,4406</b>		

Strategija Evropa 2020. predlaže tri prioriteta cilja koja su međusobno usko povezana:

- *Pametan rast*: razvijanjem ekonomije utemeljene na znanju i inovacijama,
- *Održiv rast*: promovisanje ekonomije koja efikasnije iskorištava resurse, koja je više ekološka i konkurentnija,
- *Uključiv rast*: razvoj ekonomije sa visokom stopom zaposlenosti koja donosi društvenu i teritorijalnu povezanost.

Evropska Unija je podjednako aktivna i na polju e-Uprave. Deklaracija o e-Upravi, potpisana 18. Novembra 2009. u Malmo-u od strane ministara EU prikazuje zajedničku viziju e-Uprave i definiše prioritete koje treba dostići do 2015. godine. Ključni ciljevi koje države članice trebaju da postignu u narednih pet godina su:

**Cilj 1:** bolji pristup informacijama i aktivno učešće građana i pravnih lica u kreiranju politike, kreiranje servisa orijentisanih ka potrebama korisnika, kolaborativni rad korisnika na kreiranju servisa, reupotreba informacija u javnom sektoru, poboljšanje transparentnosti, uključivanje građana i pravnih lica u donošenje odluka;

**Cilj 2:** mobilnost na jedinstvenom tržištu koja se postiže korišćenjem elektronskih servisa za osnivanje i

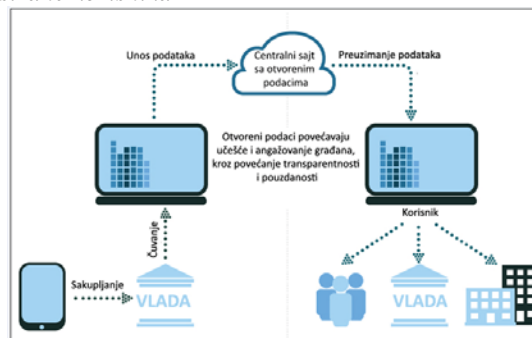
**Cilj 3:** smanjenje administrativnih barijera, poboljšanje organizacionih procesa i promocija "zelene uprave" koja podržava nisku emisiju CO<sub>2</sub>;

**Cilj 4:** kreiranje neophodnih ključnih činioaca i preduslova kako bi se ispunila očekivanja data deklaracijom, korišćenje otvorenih platformi i uvođenje interoperabilnosti, kreiranje jedinstvene identifikacije građana i pravnih lica na nivou EU, inovativna e-Uprava;

## 11. KONCEPT OTVORENIH PODATAKA

Otvoreni podaci mogu se definisati kao oni podaci koji su slobodno dostupni, mašinski čitljivi i dostupni u otvorenim formatima. Informacije o skupovima otvorenih podataka se objavljuju na "Nacionalnom Portalu otvorenih podataka" na adresi data.gov.rs. Podatke objavljuju kako organi državne uprave, AP i lokalne samouprave, tako i organizacije kojima je povereno vršenje javnih ovlašćenja (Vlada, ministarstva, opštine, agencije, ustanove, regulatorna tela i drugi). Shema procesa data je na slici 2.

Slika 2. Otvoreni podaci: od skupljanja do preuzimanja od strane korisnika



Sadržaji portala dostupni su programerima putem aplikativnog programskog interfejsa API (Application Programming Interface). Prema izveštaju (Akcioni plan za sprovođenje Strategije reforme javne uprave u RS za period 2015-2017) međunarodnom inicijativom "Partnerstvo za otvorenu upravu" Republika Srbija je primenila drugi akcioni plan OGP (Open Government Partnership) 2016-2018. Putem ovog akcionog plana sprovodi se inicijativa otvorenih podataka. Podaci su podeljeni u šest kategorija: javna bezbednost, obrazovanje, energetika, uprava, zdravlje i životna sredina. Od organizacija koje se bave obradom podataka iz kategorije "open data" i "big data" u RS i koje su objavljivale slučajeve upotrebe, posebno je važno napomenuti Data Science Srbija koja se bavi i tehnikama mašinskog učenja, veštačke inteligencije i dr. Prema istraživanju Open Data Barometar 4th Edition – Global report za 2017.g. statusa otvorenih podataka, Srbija se nalazi na 65 mestu od 115 zemalja.

Za procenu nivoa otvorenosti Uprave potrebno je uvesti nove mere, koje će biti dovoljno fleksibilne da se prilagode promenljivoj prirodi Otvorene Uprave.

Tabela 2. Rangiranje prema otvorenim podacima

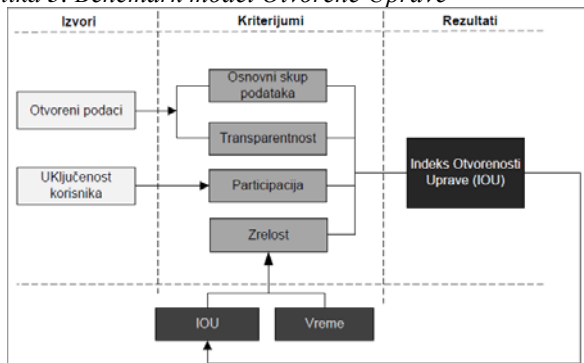
Rang	Rezultat	Država	Čitljivost	Primena	Uticaj
1	100	Velika Britanija	99	100	94
2	90	Kanada	96	87	82
3	85	Francuska	100	71	88
4	82	SAD	96	71	80
5	81	Južna Koreja	95	59	100
5	81	Australija	85	78	78
7	79	Novi Zeland	92	58	99
8	75	Japan	84	60	89
8	75	Holandija	94	64	68
10	74	Norveška	77	71	73
65	23	Srbija	44	25	0

Izvor: Open Data Barometer 4th Edition – Global report, May 2017.g. The World Wide Web Foundation, pp.6-9

Laboratorija za računarsku grafiku i geografske informacione sisteme (CG&GIS) sa Elektronskog fakulteta u Nišu je razvila model, kao predlog benčmarka za merenje indeksa otvorenosti Uprave, zasnovan na sledećim indikatorima: osnovni skup otvorenih podataka, transparentnost, participacija i zrelost. Prva tri indikatora su direktno preuzeta iz definicije koncepta Otvorene Uprave, dok poslednji indikator predstavlja efikasnost usvajanja ovih koncepta (Slika1). Primenom benčmarka na trenutno stanje e-Uprave dobija se numerička vrednost - Indeks otvorenosti Uprave (IOU), koja predstavlja procenat otvorenosti Uprave. Kao što se može videti sa Slike 1., po horizontalnoj dimenziji modela dobija se Indeks otvorenosti Uprave, koji se zatim koristi po vertikalnoj dimenziji za određivanje indikatora zrelosti e-Uprave.

Indikator transparentnosti podrazumeva autentičnost, razumljivost i reupotrebljivost podataka dostupnih na portalu e-Uprave. Autentičnost se vezuje za same izvore podataka i podrazumeva proveru preciznosti i integriteta objavljenih informacija kao i nivo poverenja u agencije koje te podatke objavljuju. Nevladine institucije i agencije koje objavljuju podatke treba da budu dobro poznate javnosti i da imaju dobru reputaciju kako bi korisnici bezbedno i bez predrasuda koristili objavljene podatke. Zato je potrebno da portali e-Uprave obezbede online kataloge pouzdanih izvora podataka i omoguće korisnicima da ocenjuju njihovu autentičnost.

Slika 3. Benčmark model Otvorene Uprave



Razumevanje svakog skupa podataka je od velike važnosti. Ovo se može postići objavljivanjem tekstualnih opisa kategorija podataka koji u detalje objašnjavaju tipove podataka sadržane u svakoj kategoriji.

Reupotrebljivost podataka se odnosi na obezbeđivanje podataka u otvorenim formatima tako da korisnik može da pretražuje, indeksira i preuzima podatke korišćenjem standardnih alata bez ikakvog prethodnog znanja o strukturi podataka.

Participacija korisnika je indikator koji odražava mogućnost da korisnik ima uticaj na podatke koji se objavljuju slanjem povratnih informacija i mišljenja o objavljenim podacima ili podacima koji će tek biti objavljeni. Ovo dalje znači da korisnik postaje podjednako važan učesnik u procesu oblikovanja pravnog okvira i akcionih planova Uprave. Prihvatanje koncepta otvorenosti znači prihvatanje korisnika čije je mišljenje bitno i koji može uticati na donošenje odluka. Ocena e-Uprave korišćenjem ovog indikatora se može vršiti na osnovu dva kriterijuma: povratne informacije korisnika i uticaja povratne informacije. Povratna informacija korisnika se odnosi na mogućnost da korisnici ostavljaju komentare i mišljenja o aktuelnim temama (zakonima, kategorijama podataka, objavljenim podacima i sl.) preko online formulara, anketa ili ocenjivanja sadržaja. Uticaj povratne informacije se ogleda u razmatranju uključivanju povratnih informacija pristiglih od korisnika u toku procesa donošenja važnih odluka, donošenja novih zakona, razmatranja novih e-servisa i sl. Povratna informacija korisnika mora biti posmatrana kao glas naroda u e-Upravi. E-Uprava može biti maksimalno ocenjena sa aspekta ovog indikatora samo ukoliko su oba kriterijuma zadovoljena.

Poslednji kriterijum za merenje otvorenosti e-Uprave je zrelost e-Uprave koji označava spremnost e-Uprave za promene i prihvatanje otvorenih koncepta. Identifikacija potrebnih promena i njihova implementacija radi napredovanja je od suštinskog značaja za određivanje ovog indikatora. Zrelost se određuje na osnovu Indeksa otvorenosti Uprave (IOU) i vremena potrebnog da e-Uprava unapredi svoju otvorenost. To zapravo znači da je e-Uprava koja ostvari određeni napredak za kratko vreme zrelija od e-Uprave koja je taj isti napredak ostvarila za duži vremenski period. Od zrelije Uprave se očekuju značajnija dostignuća u predstojećem periodu.

## 12. RELEVANTNI OKVIR ISO STANDARDA

Nacionalni SRPS ISO standardi su standardi koji se moraju primenjivati u radu organa javne uprave. Međunarodni ISO standardi koji još nisu usvojeni kao nacionalni SRPS ISO standardi predstavljaju neobavezne smernice za uvid u blisko buduće stanje inovacionih ili novousvojenih nacionalnih standarda.

Kao polazni osnov za primenu SRPS ISO / ISO standarda postoji usvojen značajan korpus regulative koja se poziva na odgovarajuće standarde koj bliže uređuju materiju zakona, podzakonskih akata i druge regulative države. Usvojeni su i državni dokumenti koji jasno definišu standarde interoperabilnosti, a takva dokumenta su doživela i svoja ažuriranja usled vremenskog protoka i usvajanja inoviranih ili novijih verzija najčešće tehničkih standarda za pojedine oblasti unutar informacionih tehnologija. Značajno je pomenuti, istina pojedinačnu, inicijativu državnih organa na implementaciji osnovnih (ne i najvažnijih) standarda menadžmenta:

\* SRPS ISO/IEC 27001:2014 - Sistemi menadžmenta bezbednošću informacija, uz SRPS ISO/IEC 27032:2015 - Smernice za sajber bezbednost, koji svoju punu primenu i zakonsku obaveznost dobilo usvajanjem Zakona o informacionoj bezbednosti,

\* SRPS ISO 22301:2014 - Sistemi menadžmenta kontinuitetom poslovanja - koji će svoju primenu dobiti u implementaciji Zakon o kritičnoj infrastrukturi,

\* SRPS ISO/IEC 20000-1:2018 - Zahtevi za sistem menadžmenta uslugama - koji je osnova servisa eUprave a koji će punu primenu dostići kao pojašnjenje stavova iz Zakona o elektronskom dokumentu, elektronskoj identifikaciji i uslugama od poverenja i pripadajućim podzakonskim aktima.

\* SRPS ISO 9001:2015 - Sistemi menadžmenta kvalitetom - koji svojim zahtevom za identifikaciju tokova podataka i informacija kao i jasnim definisanjem procesnih uloga i odgovornosti, a uz standardom SRPS ISO/IEC 27001 predstavlja osnov za implementaciju GDPR – EU Uredba o opštoj zaštiti podataka – General Data Protection Regulation (GDPR).

Državni organi koji implementiraju navedene standarde prepoznati su kao regionalni lideri koji implementacijom navedenih standarda stvaraju realnu funkcionalnu povezanost regulative, organizacije i tehnologije.

\* drugi specifični standardi za organe iz sistema eUprave: SRPS EN ISO 50001 - Sistemi menadžmenta energijom, ISO/IEC 30134 - Data centri - Key performance indicators, ISO 55001 - Upravljanje imovinom, SRPS ISO 37001:2017 - Sistemi menadžmenta protiv mita, SRPS ISO 8601:2007 - Elementi podataka i formati za razmenu - Razmena informacija, SRPS ISO/IEC 15408-2:2014 - Funkcionalni zahtevi za bezbednost, SRPS ISO/IEC 15408-3:2014 - Zahtevi za osiguranje bezbednosti, ISO/IEC 14443 Cards and security devices for personal identification - Contactless proximity objects, Payment Card Industry Data Security Standard (PCI DSS), EU INSPIRE, ...

U razvijenim demokratijama sveta implementacija standarda je usmerena na uvođenje sa ciljem unapređenja servisa za građane i privredu, a ne kao rezultat obaveza koje je nametnuo zakonodavac.

### 13. ZAKLJUČAK

Talas eGovernmenta je veoma brzo zahvatio gotovo sve javne administracije, ili bar većinu javnih administracija Srbije, i to ne samo javnih administracija, već i celokupne vlade i sve njihove organizacione celine. Vlada koristi informacione tehnologije, i to prije svega internet ili web mreže, kako bi omogućila razmenu usluga između vladinih agencija i građana, poslovnog sektora, zaposlenih i drugih nevladinih agencija. Moderna i efikasna javna uprava potrebna je prevashodno njenim građanima i privredi, ali je i veoma bitna podrška ekonomskom prosperitetu zemlje. Neophodno je stalno poboljšavati rad i uvoditi nove modele i tehnike u javnu upravu (državnu i lokalnu) kako bi se i ovi prostori uključili u zajednicu razvijenih, i kako bi održali korak sa stalnim promenama koje nas okružuju. Nove tehnologije omogućavaju sve veću povezanost i međusobnu saradnju kako na nivou lokalne uprave, tako i na nivou Vlade, te je

stoga Vlada u mogućnosti da uvede usvojene standarde u funkcionisanju javne uprave, da ih unapreduju kako bi usluge uprave bile kvalitetnije, brže, jeftinije, potpunije i jednostavnije. Radeći ovako omogućiće se poboljšanje imidža javne uprave. e-Uprava u Srbiji mora da pomeri fokus sa elektronskih servisa na korisnike istih, građane i pravna lica. Servisi na predlog korisnika, podaci od javnog značaja koji su na raspolaganju korisnicima, reupotrebljivost podataka, otvoreni formati, neke su od bitnijih odlika e-Uprave 2.0, koje moraju biti ispunjene kako bi se krenulo ka naprednijim konceptima e-Uprave. Tek tada predloženi model za evaluaciju otvorenosti Uprave može biti primenjen.

### 14. LITERATURA

[1] Malmö Ministerial Declaration, <http://www.epractice.eu/files/Malmo%20Ministerial%20Declaration%202009.pdf>

[2] e-Government Action Plan 2011-2015, [http://ec.europa.eu/information\\_society/activities/egovernment/action\\_plan\\_2011\\_2015/docs/action\\_plan\\_en\\_act\\_part1\\_v2.pdf](http://ec.europa.eu/information_society/activities/egovernment/action_plan_2011_2015/docs/action_plan_en_act_part1_v2.pdf)

[3] Peacey, B. (2002), *Socio-Economic impacts of ICT – eGovernment@ the Local Level – A discussion paper*, Department of Sociology and Anthropology, University of Canterbury.

[4] O'Reilly, T. (2010), *Government as a platform*. In D.Lathrop & L. Ruma, eds. *Open Government: Collaboration, Transparency, and Participation in Practice*, O'Reilly Media,

[5] Stojanović, A. (2017) "*Menadžment informacioni sistemi u javnoj upravi: digitalna poslovna organizacija*" Beogradska poslovna škola, Beograd p.9,16,30.

[6] Akcioni plan za sprovođenje Strategije reforme javne uprave u Republici Srbiji za period 2015-2017.

[7] Portal otvorenih podataka, Republika Srbija

[8] Strategija razvoja elektronske uprave u Republici Srbiji za period 2015-2018.g. i Akcioni plan za sprovođenje strategije za period 2016-2016.g.

[9] Kreća M., Vasković J. (2015) "*Analiza stanja servisa elektronske uprave u Srbiji*" FTN

[10] Veljković N., Bogdanović-Dinić S.& Stoimenov L.(2016) "*Od eUprave 1.0 do otvorene uprave: Aktuene inicijative za dalji razvoj eUprave*" Elektronski fakultet u Nišu

[11] Deretić N., Radulović J. (2018) "*eUprava i koncept otvorenih podataka: Iskustva iz republike Srbije*" Beogradska poslovna škola

[12] Data Science Srbija

[13] Open Data Barometar 4th Edition-Global report, May 2017. The World Wide Web Foundation

[14] Pardo.T.A. (2000) "*Realizing the Promise of Digital Government: Its More than Building a Web site*". Information Ompact

[15] R. Dragović, J. Ivković, D. Dragović, Đ. Klipa, D. Radišić, V. Nikolic, Decision support system as a support for strategic management of state administration, Yinfo Conference Proceeding 2015



# UPOTREBA DIGITALNOG MARKETINGA U OKVIRU DRUŠTVENIH MEDIJA U KOMUNIKACIJI LUKSUZNIH TURISTIČKIH BRENDOVA U REPUBLICI SRBIJI

Antonina Lazić<sup>1</sup>, Rina Vukanac<sup>2</sup> and Marija Jovic<sup>3</sup>  
<sup>1</sup> *Koridori Srbije*, <sup>2</sup> *MTS*, <sup>3</sup> *FON*

*Sadržaj – Primena digitalnog marketinga kroz upotrebu društvenih medija u poslednjih nekoliko godina postaje jedan od dominantnih kanala komunikacije luksuznih turističkih brendova u našoj zemlji. Digitalni marketing doprineo je jačanju slike brendova i održavanja pozicije na tržištu brojnih luksuznih turističkih brendova u našoj zemlji. Prethodna istraživanja ukazuju na to da digitalna marketinška komunikacija posredstvom društvenih medija predstavlja obećavajuću reklamnu strategiju za luksuzne brendove. Cilj istraživanja sprovedenog za potrebe ovog rada odnosi se na evaluaciju marketinške efektivnosti luksuznih turističkih brendova u našoj zemlji u okviru društvenih medija. Ključni rezultati realizovanog istraživanja ukazuju na to da luksuzni turistički brendovi u Republici Srbiji ne koriste u dovoljnoj meri mogućnosti koje pruža digitalni marketing posredstvom društvenih medija, naročito među mladima, kao i da postoje brojna praktična polja digitalnog marketinga u okviru društvenih medija luksuznih turističkih brendova koji mogu biti unapređeni sa ciljem opšteg unapređenja poslovanja ovih brendova.*

## 1. UVOD

Poslednju deceniju je okarakterisao izuzetan rast na luksuznom tržištu, jaka kupovna moć i povećani zahtevi za luksuznom robom, Finansijska kriza od 2007. do 2008. godine nije zaustavila, niti uticala na kupce u kupovini i uživanju u luksuznim proizvodima i uslugama. Čak suprotno, u periodu finansijske krize registrovao se porast finansija u ovoj sferi (Narteh, Agbemabiese, Kodua, & Braimah, 2013), te je luksuzno tržište, s obzirom na ovakav uspeh, postalo dinamičnije i kompetitivnije.

Svaki luksuzni brend teži da se razlikuje i istakne u odnosu na svoju konkurenciju jačanjem slike svog brenda i održavanjem pozicije na tržištu. U uslužnoj industriji, luksuzni hoteli su deo luksuznog tržišta, stoga, oni takođe imaju benefite od rasta ovog tržišta i kontinuirano napreduju i šire se na globalnom nivou. Uzimajući u obzir to da se trenutno poslovno okruženje u hotelskoj industriji brzo menja, lanci luksuznih hotela se suočavaju sa intenzivnim takmičenjem, brzim tehnološkim napretkom i povećanom potrošačkom sofisticiranošću. Stoga, svaki lanac luksuznih hotela teži održavanju i anticipiranju promena i očekivanja od strane korisnika kako bi zadobio njihovu lojalnost (Kandampully & Suhartanto, 2000).

Digitalne marketinške strategije postaju ključne za hotele jer ovaj važan korak vodi ka uspehu u terminima izgradnje svesnosti o brendu, zadobijanja lojalnosti korisnika, privlačenja pažnje investitora i generisanju prihoda kompanije (Narteh, et al., 2013). U prethodnim decenijama, strategije marketinga u hotelskoj industriji se oslanjale potpuno na tradicionalne marketinške alate. Ulaskom u vek novih informacionih tehnologija, Internet je fundamentalno promenio poslovne i marketing strategije u hotelskoj industriji (Baloglu & Pekcan, 2006). Korišćenje digitalnih i modernih strategija je omogućilo da industrija menja svoje uobičajene prakse. Uzimajući u obzir da je luksuzno tržište u hotelskoj industriji izuzetno kompetitivno, usvajanje novih i naprednih digitalnih tehnologija i digitalnog marketinga u cilju unapređenja marketinške strategije jeste od ključnog značaja. Većina lanaca luksuznih hotela pokušava da na ove radikalne promene brzo odgovori, te se fokusiraju na strategije e-marketinga kako bi doprli do svojih korisnika na globalnom nivou, s obzirom na to da su ovakvi kanali otvorili velike mogućnosti da se dopre do velikog broja korisnika (O'Connor & Murphy, 2004).

Proliferacija društvenih medija je kreirala novu eru za kompanije i brendove, forsirajući ih da traže nove interaktivne načine kako bi doprli do svojih korisnika (Gallaughar & Ransbotham, 2010; Kozinets, de Valck, Wojnicki, & Wilner, 2010), i gradili svoj brend i ugled (Correa,

Hinsley, & De Zuniga, 2010). Prethodna istraživanja ukazuju na to da marketinška komunikacija posredstvom društvenih medija predstavlja obećavajuću reklamnu strategiju za luksuzne brendove (Kim & Ko, 2012; Phan, Thomas, & Heine, 2011;). Luksuzni brendovi ne samo da su se pridružili društvenim mrežama, već imaju i "pionirsku ulogu" u načinima na koji koriste Facebook, Twitter, YouTube, i Instagram. U literaturi se ističu pozitivni efekti marketinga u društvenim medijima u hotelskoj industriji, koji se odražavaju na pozitivne stavove gostiju, namere rezervisanja hotela i poverenja u brend i lojalnost brendu (Leung, Bai & Stahura, 2015). Dakle, u luksuznom sektoru, čini se društveni mediji igraju ključnu ulogu u uspehu brenda, s obzirom na to da veći broj studija ukazuje na teorijske i praktične implikacije društvenih medija za izgradnju brenda (Gallaughar & Ransbotham, 2010; Kozinets et al., 2010).

Različiti hoteli koriste društvene medije na različite načine. U istraživanjima se izveštava da su društveni mediji postali vodeći prioritet za hotelijere i da skoro 2/3 hotela koriste neku društvenu platformu kako bi primamile korisnike (Zervas, Proserpio, & Byers, 2017). Razmatrajući Facebook, Flickr, Twitter, i YouTube, neki autori (Withiam, 2011) nalaze da mnogi od 50 hotelskih brendova koristi tri od četiri navedena kanala. Tako npr. Hyatt Regency beleži najveću aktivnost; Marriot je najvidljiviji online brend, zahvaljujući velikom prisustvu na Twitteru; Holiday Inn ima najviše lajkova na Facebooku; Starwood, grupacija kojoj pripada i hotel Metropol Palace je lansirao novu društvenu platformu, gde preko nekoliko mreža uključujući Twitter, Facebook, blogove i email, korisnici dele svoja iskustva sa putovanja sa prijateljima, porodicom i javnošću (Withiam, 2011), itd. Hyatt Hotels & Resorts takođe koristi Twitter u svrhu poboljšanja kvaliteta usluge i unapređenje iskustava svojih gostiju. Hyatt Hotels & Resorts je takođe lansirao specijalan sajt za članove zlatnog kluba, koji nudi stručne uvide i savete od strane Hyatt konsijerža u više od 40 destinacija širom sveta, a Hyatt-ova Facebook stranica je brendirana sa 'HyattCareers' URL, što omogućava njeno lako pronalaženje, i ima preko 90000 pratilaca (Case Study – Use of Facebook and Social Media in Recruiting: Hyatt Hotels and resorts10) (Withiam, 2011).

Društveni mediji pružaju nove šanse i benefite za menadžment brenda (Kaplan & Haenlein, 2010), međutim, jedan od izazova u ovom domenu predstavlja poteškoća merenja uticaja digitalnih marketinških aktivnosti u društvenim medijima na ključne mere uspešnosti brenda (Schultz & Block, 2012; Schultz & Peltier, 2013). Iako postoje istraživanja koja su imala za cilj ispitivanje različitih aspekata hotelskog marketinga u društvenim medijima, i dalje je primetan nedostatak istraživanja usmerenih na evaluaciju marketinške efektivnosti u društvenim medijima. Dakle, digitalni marketing putem društvenih medija je izazovno polje za empirijska istraživanja, s obzirom na različite konceptualne i merne probleme (Schultz & Peltier, 2013).

Luksuzni sektor predstavlja osnovu ove studije, s obzirom na to da su prethodna istraživanja već ukazala na to da luksuzni brendovi imaju efektivne i uspešne načine kako da dopru i angažuju svoje korisnike putem novih medija (Kim & Ko, 2012; Phan et al., 2011). Stoga, ova studija predstavlja polaznu tačku za buduća istraživanja sa fokusom na marketing u društvenim medijima u hotelskoj industriji, odnosno sa fokusom na luksuzne hotelske brendove koji su aktivno usvojili i primenili marketinške aktivnosti u društvenim medijima.

## 2. METOD

### 2.1. Uzorak i postupak istraživanja

Istraživanje je sprovedeno tokom avgusta 2018-e godine na teritoriji Beograda. Ispitanici su upitnik popunjavali individualno, pri čemu je objašnjen cilj istraživanja, i naglašena njegoova anonimnost.

Uzorak je bio prigodan i činilo ga je ukupno 55 ispitanika. Primenom analize nedostajućih podataka nad odgovorima ispitanika, iz uzorka je isključen protokol jednog ispitanika sa visokim brojem nedostajućih odgovora, te je krajnji uzorak činilo ukupno 54 ispitanika (59,3% ispitanika ženskog pola). Starost ispitanika u uzorku se kretala između 20 godina i 38 godina, pri čemu je prosečna starost ispitanika u uzorku iznosila 24,16 godina (SD=5,98).

Najveći broj ispitanika u uzorku ima završen fakultet (64,8%). Manji broj ispitanika ima završenu srednju školu (24,8), dok najmanji broj ispitanika ima završen doktorat (11,4%).

Od ukupnog broja ispitanika najveći broj njih je neoženjen/neudat (64,8%), manji broj je u braku (27,8%), dok je najmanji broj njih razveden (7,4%).

Većina ispitanika u uzorku svoj materijalni status procenjuje kao prosečan (46,3%), dok manji broj njih percipira svoj materijalni status kao iznadprosečan (29,6%), odnosno ispodprosečan (24,1%).

Uzorkom su obuhvaćeni pretežno studenti (63%), dok je 28% ispitanika nezaposleno, a 9% je zaposleno.

U uzorku nisu zabeležene polne razlike u starosti ( $t(52)=1.96$ ,  $p>.05$ ); obrazovanju ( $\chi^2(2)=2.86$ ,  $p>.05$ ); bračnom stanju ( $\chi^2(2)=4.18$ ,  $p>.05$ ), zaposlenosti ( $\chi^2(2)=3.11$ ,  $p>.05$ ), kao ni materijalnom statusu ( $\chi^2(2)=2.98$ ,  $p>.05$ ).

### 2.2. Instrumenti

Za potrebe istraživanja je kreiran poseban upitnik, koji pored socio-demografskih pitanja sadrži i pitanja koja se odnose na upotrebu i stavove prema društvenim medijima luksuznih turističkih brendova – Hyatt Regency Beograd i Metropol Palace Beograd. Upitnik se sastoji iz 20 pitanja (po 10 pitanja za svaki brend), sa petostepenom skalom Likertovog tipa za odgovaranje (1 – uopšte se ne slažem; 5 – potpuno se slažem). Ovaj upitnik je konstruisan po uzoru na upitnik koji su u svom istraživanju upotrebili Kim i Ko (Kim & Ko, 2012). Upitnik pokazuje zadovoljavajuću pouzdanost merenu Cronbach-ovim alfa koeficijentom ( $\alpha=.77$ ).

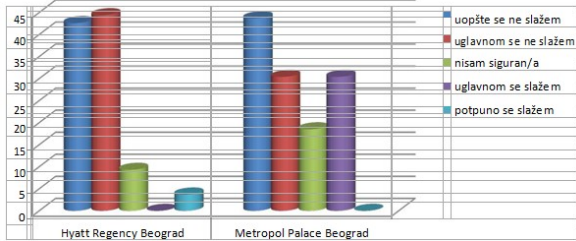
### 2.3. Metod obrade podataka

Za utvrđivanje metrijskih karakteristika upitnika, korišćen je pokazatelji pouzdanosti ( $\alpha$  – Cronbach koeficijent pouzdanosti). Za deskriptivni opis varijabli su korišćene mere centralne tendencije, raspršenja, i frekvencije, za utvrđivanje razlika, korišćen je t-test za nezavisne uzorke i hi kvadrat test.

Za navedene analize je korišćen programski paket IBM SPSS Statistics.

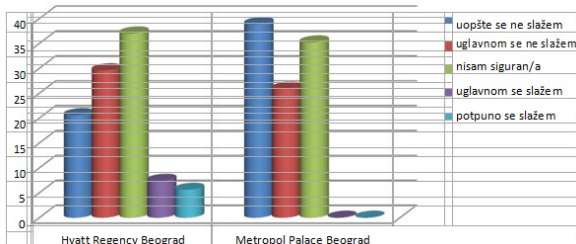
### 3. REZULTATI I DISKUSIJA

Kako bi se stekao uvid u strukturu odgovora ispitanika na pitanja u vezi sa korišćenjem društvenih medija luksuznih hotelskih brendova u Srbiji, primenjena je analiza frekvencija, pri čemu su rezultati grafički predstavljeni.



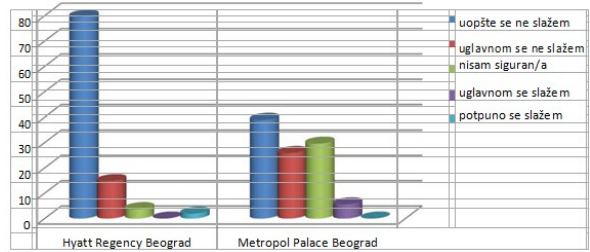
Grafik 1. Korišćenje društvenih medija luksuznih turističkih brendova je zabavno

Kao što se sa Grafika 1 može videti, većina ispitanika ne percipira zabavnim korišćenje društvenih medija navedenih hotela. Dobijeni rezultati se potencijalno mogu objasniti samom strukturom uzorka. Naime, ovim uzorkom pretežno su obuhvaćeni mladi, koji su više usmereni na dinamičnije sadržaje prilagođene njihovom uzrastu koji se nude na društvenim medijima, što nije slučaj sa sadržajima koji su plasirani na društvenim medijima navedenih hotela.



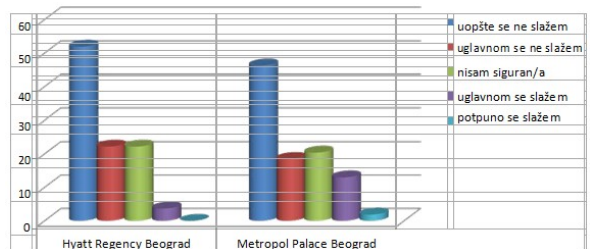
Grafik 2. Sadržaj u okviru stranica na društvenim medijima luksuznog turističkog brenda je interesantan

Uvidom u rezultate predstavljene na Grafiku 2 vidimo da većina ispitanika ispoljava negativan i neutralan stav u vezi sa interesantnošću sadržaja koje ispitivani hoteli objavljuju u društvenim medijima. Ovakve rezultate je moguće na sličan način objasniti kao rezultate koji se odnose na zabavu korišćenja društvenih medija navedenih luksuznih hotela. Dakle, sadržaj koji društveni mediji navedenih hotela objavljuju se tiču samih aktivnosti i događaja u hotelima koje, mlađoj populaciji, u odnosu na druge sadržaje koje se nude ne Internetu mogu biti manje zanimljivi.



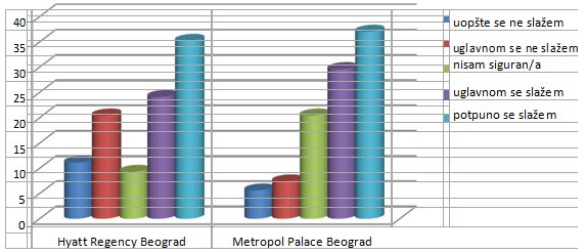
Grafik 3. Društvene mreže koje koriste luksuzni turistički brendovi omogućavaju razmenjivanje informacija sa drugima

Sa Grafika 3 se može videti da ispitanici različito percipiraju razmenjivanje informacija putem društvenih medija u slučaju ispitivana dva hotela. Naime, iako većina ispitanika percipira da oba navedena hotela ne omogućavaju razmenjivanje informacija sa drugima, negativan stav je više izražen kada je u pitanju hotel Hyatt Regency Beograd. Kao potencijalno objašnjenje može se navesti to što hotel Metropol Palace Beograd na svojim društvenim mrežama češće od Hyatta objavljuje informacije u vezi sa događajima koje organizuje, najčešće muzičkih događaja, koji su privlačniji mlađoj populaciji.



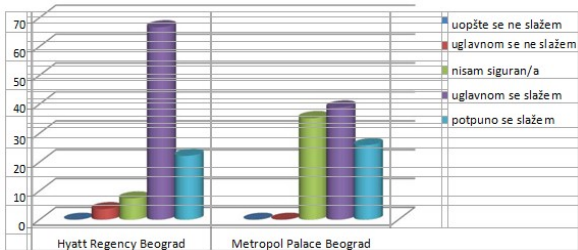
Grafik 4. Konverzacije i razmene mišljenja sa drugim korisnicima su omogućeni kroz društvene medije koje koriste luksuzni turistički brendovi

Uvidom u rezultate prikazane na Grafiku 4, može se zaključiti da većina ispitanika u slučaju oba ispitivana hotela smatra da konverzacija i razmena mišljenja sa drugim korisnicima kroz društvene medije navedenih hotela nije omogućena. Iako društveni mediji poput Facebooka i Instagrama, gde ovi hoteli imaju svoje profile, objektivno omogućavaju razmenu mišljenja među korisnicima, moguće je da je ovakav negativan stav posledica izostanka komunikacije na ovim platformama. Naime, objave na stranicama oba hotela nisu praćene velikim brojem lajkova, a komentari od strane korisnika su izuzetno retki. Dakle, sadržaji koji se objavljuju uglavnom ne podstiču korisnike na razmenjivanje mišljenja i komentarisanje.



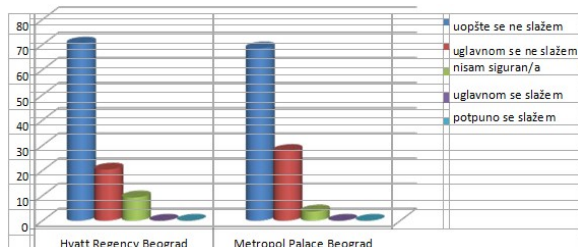
Grafik 5. Mogu lako da dam svoje mišljenje putem društvenih medija koje koriste luksuzni turistički brendovi

Kao što se može videti sa Grafika 5 većina ispitanika smatra da može lako da iznese svoje mišljenje na društvenim medijima navedenih hotela. Kao što je prethodno napomenuto, društveni mediji kao takvi omogućavaju lako deljenje mišljenja i informacija, te nije iznenađujuće zašto ispitanici imaju pozitivan stav prilikom odgovaranja na ovo pitanje. Međutim, neophodno je praviti razliku između mogućnosti iskazivanja mišljenja i direktnog iskazivanja mišljenja.



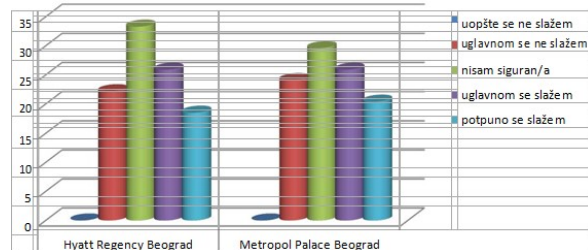
Grafik 6. U okviru društvenih medija luksuznih turističkih brendova nalaze se najnovije informacije

Na osnovu rezultata prikazani na Grafiku 6 dolazi se do zaključka da ispitanici smatraju u većoj meri da se u slučaju oba hotela na njihovim društvenim medijima objavljuju najnovije informacije, s tim što je percepcija objavljivanja najnovijih informacija pozitivnije ocenjena kod hotela Hyatt Regency Beograd, u odnosu na Metropol Palace Beograd. Ovakvi rezultati su potencijalno posledica učestalosti kojom hoteli posredstvom društvenih medija objavljuju informacije, s obzirom na to da Hyatt Regency Beograd učestalije objavljuje sadržaje (svaki dan, ili svaki drugi), u odnosu na Metropol Palace Beograd, koji sa manjom učestalošću objavljuje nove sadržaje.



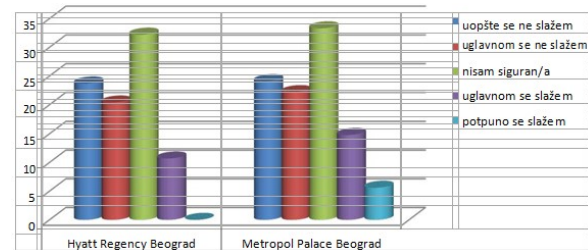
Grafik 7. Korišćenje društvenih medija luksuznih turističkih brendova je veoma popularno

Kao što se može videti sa Grafika 7, ispitanici smatraju da korišćenje društvenih medija u slučaju oba hotela nije popularno. Ovakav rezultat se može ponovo objasniti samom strukturom uzorka, s obzirom na to da mladi teže popularnijim sadržajima u odnosu na sadržaje koji se uglavnom objavljuju u društvenim medijima navedenih hotela.



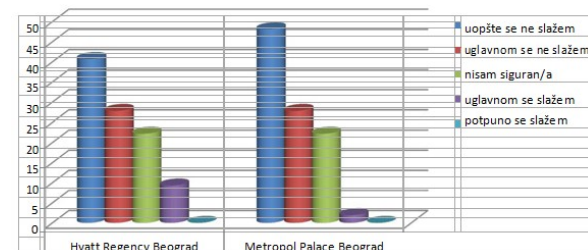
Grafik 8. Društveni mediji luksuznih turističkih brendova nude korisnicima prilagođenu pretragu podataka

Kao što se može videti sa Grafika 8, procena dostupnosti prilagođene pretrage podataka u društvenim medijima je ujednačena u slučaju oba hotela, i relativno približan broj ispitanika ima negativan, neutralan i pozitivan stav. Vrlo je verovatno da su ovakvi rezultati dobijeni usled različitog razumevanja od strane ispitanika šta se podrazumeva pod prilagođenom pretragom podataka.



Grafik 9. Želeo/la bih da prosledim informacije o brendu ili drugim sadržajima društvenih medija luksuznih turističkih brendova svojim prijateljima

Na osnovu rezultata prikazanih na Grafiku 9, može se zaključiti da većina ispitanika ima neutralan i negativan stav kada je u pitanju prosleđivanje informacija o pomenutim hotelima svojim prijateljima. Vrlo verovatno je ovakav rezultat posledica toga što mladi uglavnom nisu zainteresovani za većinu sadržaja koje hoteli objavljuju, te stoga i ne vide potrebu za njihovim prosleđivanjem svojim prijateljima.



Grafik 10. Želeo/la bih da postavim sadržaje društvenih medija luksuznih turističkih brendova na svoj lični blog

Kao što se može videti sa Grafika 10, većina ispitanika izveštava da ne bi na svoj lični blog postavila sadržaj društvenih medija luksuznih hotela. Možemo pretpostaviti da je ovakav negativan stav posledica same prirode sadržaja koji nije interesantan mladima, kao i činjenice da svi ispitanici nemaju svoje lične blogove, te bi u budućim istraživanjima trebalo pored blogova uvrstiti društvene mreže poput Facebooka, Twittera, Instagrama i sl., koje većina ispitanika ima.

Naposletku neophodno je istaći da ovo eksploratorno istraživanje ima, kako teorijski doprinos, tako i praktične implikacije. Pre svega, teorijski doprinos se ogleda u sticanju uvida da luksuzni turistički brendovi u Republici Srbiji ne koriste u dovoljnoj meri mogućnosti koje pruža digitalni marketing posredstvom društvenih medija, naročito među mladima, te ovo istraživanje može poslužiti kao osnova za buduća istraživanja koja će biti usmerena ka detaljnijoj analizi predstavljanja brendova u društvenim medijima. Praktične implikacije podrazumevaju korišćenje dobijenih podataka u svrhu razvijanja boljih digitalnih marketinških strategija i unapređenja poslovanja. Neophodno je istaći da bi u budućim istraživanjima bilo poželjno proširiti uzorak, obezbediti njegovu veću heterogenost kako bi rezultati istraživanja bili validniji i generalizabilniji.

#### 4. LITERATURA

- [1] Baloglu, S., & Pekcan, Y. A. (2006). The website design and Internet site marketing practices of upscale and luxury hotels in Turkey. *Tourism management*, 27, 171-176.
- [2] Correa, T., Hinsley, A. W., & De Zuniga, H. G. (2010). Who interacts on the Web?: The intersection of users' personality and social media use. *Computers in Human Behavior*, 26, 247-253.
- [3] Gallagher, J., & Ransbotham, S. (2010). Social media and customer dialog management at Starbucks. *MIS Quarterly Executive*, 9, 197-212.
- [4] Kandampully, J., & Suhartanto, D. (2000). Customer loyalty in the hotel industry: the role of customer

satisfaction and image. *International journal of contemporary hospitality management*, 12, 346-351.

- [5] Kaplan, A. M., & Haenlein, M. (2010). Users of the world, unite! The challenges and opportunities of Social Media. *Business horizons*, 53 59-68.
- [6] Kim, A. J., & Ko, E. (2012). Do social media marketing activities enhance customer equity? An empirical study of luxury fashion brand. *Journal of Business Research*, 65, 1480-1486
- [7] Kozinets, R. V., De Valck, K., Wojnicki, A. C., & Wilner, S. J. (2010). Networked narratives: Understanding word-of-mouth marketing in online communities. *Journal of marketing*, 74, 71-89.
- [8] Leung, X. Y., Bai, B., & Stahura, K. A. (2015). The marketing effectiveness of social media in the hotel industry: A comparison of Facebook and Twitter. *Journal of Hospitality & Tourism Research*, 39, 147-169.
- [9] Narteh, B., Agbemabiese, G. C., Kodua, P., & Braimah, M. (2013). Relationship marketing and customer loyalty: Evidence from the Ghanaian luxury hotel industry. *Journal of Hospitality Marketing & Management*, 22, 407-436.
- [10] O'Connor, P., & Murphy, J. (2004). Research on information technology in the hospitality industry. *International Journal of Hospitality Management*, 23, 473-484.
- [11] Phan, M., Thomas, R., & Heine, K. (2011). Social media and luxury brand management: The case of Burberry. *Journal of Global Fashion Marketing*, 2, 213-222.
- [12] Schultz, D. E., & Block, M. P. (2012). Rethinking brand loyalty in an age of interactivity. *IUP Journal of Brand Management*, 9, 21.
- [13] Schultz, D. E., & Peltier, J. (2013). Social media's slippery slope: challenges, opportunities and future research directions. *Journal of research in interactive marketing*, 7, 86-99.
- [14] Withiam, G. (2011). Social media and the hospitality industry: Holding the tiger by the tail. Zervas, G., Proserpio, D., & Byers, J. W. (2017). The rise of the sharing economy: Estimating the impact of Airbnb on the hotel industry. *Journal of Marketing Research*, 54, 687-705.



# THE IMPACT OF INFORMATION AND COMMUNICATIONS TECHNOLOGY ON CONTEMPORARY ORGANIZATIONS

## UTICAJ INFORMACIONO KOMUNIKACIONE TEHNOLOGIJE NA SAVREMENE ORGANIZACIJE

Nebojša Janićijević

*Ekonomski fakultet Univerziteta u Beogradu*

**Sadržaj** – U ovom radu se istražuje na koji način informaciono komunikaciona tehnologija utiče na organizacije kao konfiguracije organizacione strukture, kulture, liderstva i kontrole. Polazi se od pretpostavke da primena informaciono komunikacione tehnologije u organizacijama vodi ka ravnomernijoj distribuciji moći u njima kao i ka dominaciji socijalne nad radnim strukturom. Usled toga, ova tehnologija favorizuje organizacionu strukturu adhokratije, organizacionu kulturu ljudi, participativno liderstvo orijentisano na ljude i kontrolu kroz direktno međusobno komuniciranje. Time informaciono komunikaciona tehnologija vodi savremene organizacije ka primeni inovativnog modela.

**Abstract** – The paper explores how information and communications technology (ICT) impacts organization as a configuration of organizational structure, culture, leadership, and control. The starting assumption is that ICT implementation in organizations leads towards a more even distribution of power within them, as well as towards domination of social over working structure. Due to this, ICT favours organizational structure of adhocracy, people type of organizational culture, people oriented participative leadership, and control through direct interpersonal communication. Thereby, ICT leads contemporary organizations towards implementation of an innovative model.

### 1. INTRODUCTION

The aim of this paper is to explore the information and communications technology (ICT) impact on organizational models of companies and other types of institutions. It has been known for a long time that ICT has a far-reaching impact on structure and functioning of contemporary organizations. Since organizations are nowadays a key component of modern society, it is clear that ICT also changes the appearance of contemporary societies through the impact it has on organizations [1] [9] [14]. The direction of the impact of ICT on organizations has not yet been quite reliably determined. This impact is multidimensional and, as such, has been a topic in numerous researches from very different perspectives [15]. Therefore, there are several papers in the literature that deal with individual impact of ICT on particular organizational aspects, for example, on the number of hierarchy levels, centralization/decentralization, organization structuring, job redesigning, etc. In our opinion, the key dimension of the ICT's impact on contemporary organizations is the increasing importance

of organizational knowledge and organizational learning as a process of knowledge creation. Knowledge represents information that suit specific (organizational) context which the organization is able to process, understand their meaning, and productively apply them in the process of decision making [8] [9]. Before the intensive ICT development, the key problem in organizations' operations was information processing: gathering, processing, keeping, and exchange of data and information [4]. By solving this problem, ICT has paradoxically decreased the importance of the information *per se* and increased the importance of enriched information. Since technology has enabled a relatively quick, easy and cheap gathering and processing of all the necessary information, the ability of organization to use the information and create knowledge based on them has become prominent. Thus, the main problem now is not information processing, but creation of knowledge. The carriers of knowledge and learning are people, and not machines, so therefore the first implication of ICT for modern organization is that it enhances the importance of people, their knowledge, competencies, creativity and ability to learn and grow. Increase of importance of organizational social component does not imply just the increase of importance of individuals, but also of their interpersonal relationships. Organizational knowledge is formed through the process of social interaction of the organization members, and hence social structure and relationships within the organization become one of the key factors of its ability to create and use knowledge. If people are the key component of organization because they are the carriers of knowledge, then they must be given appropriate authority and power so they would be able to create and use this knowledge. As the late Apple founder Steve Jobs had nicely put it, "It doesn't make sense to hire smart people and tell them what to do; we hire smart people so they can tell us what to do." The employees in modern organizations are more and more becoming the workers of knowledge, or golden collars, who independently decide how they will do their jobs and who have all the necessary information needed to participate in decision making at any level of the organization [2]. The consequence is the increase of the employees' autonomy, as well as of their authority in decision making. Further consequence of this process is a more even distribution of power in contemporary organizations when compared to the classic bureaucratic hierarchy [6]. In conclusion, the two key dimensions of ITC's impact on organization are: (1) an increasing importance of people and their interactions in the

organization, as well as (2) levelling of power structure within the organization.

Organization is dichotomous in its nature because it consists of tasks and structure, on the one hand, and people and their interactions, on the other [10]. Every organization has its working and social components. The working component is formal, or hard, while the social component is informal, or soft, component. Consistency and harmony must exist between them. Therefore, researching into ICT impact on organization must be directed towards the organization as a whole, that is, towards both of its components. In this paper, we will track ICT impact on organization through the changes that this technology causes in organizational structure, system of control, organizational culture, and leadership. Although the literature contains numerous models of organization, we have chosen the model shown in the Figure below because it is balanced to include two hard organizational components (structure and control) and two soft organizational components (culture and leadership).

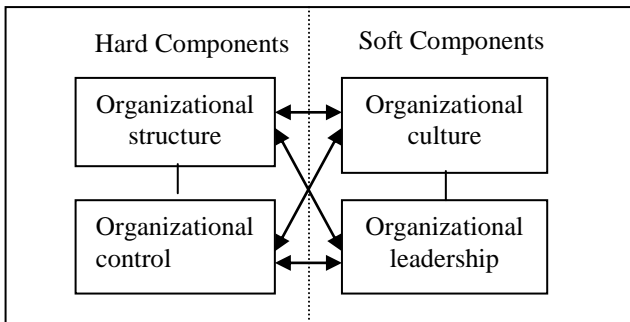


Figure 1. Model of Organizational Components

Each of the listed organizational components has its own typical configurations, or types. ICT impacts organizations by directing structure, control, culture, and leadership towards a particular configuration, or type. In this paper, it will be shown that ICT impacts modern organizations by strengthening their tendencies to adopt a particular type of structure, culture, control, and leadership.

The paper will describe typical configurations of structure, culture, leadership, and control, and also explain how ICT determines choosing one of the possible configurations of each of the stated organizational components. The Conclusion will summarize the ICT impact on organization by means of presenting an integral organizational model that implies ICT.

## 2. ORGANIZATIONAL CULTURE TYPES

Organizational culture is a system of assumptions, values, norms, and attitudes manifested through symbols that the members of an organization develop and adopt through mutual experience and which help them determine the meaning of the world around them and how to behave in it [13]. The literature includes many classifications of organizational culture configurations [7]. In this paper, Handy's classification of organizational types will be

used [5]. According to his classification, there are four organizational culture types, which represent typical configurations of values and attitudes: Power Culture, Role Culture, Task Culture, and People Culture.

Power Culture is based on the assumption that power should be concentrated at the organization's top. This type of culture implies the metaphor of a family, with members regarding the organization as a sort of patriarchal family led by the 'father', i.e., *pater familias*. The relationships in this type of organization reflect the relationships that exist in families. Thus, the 'father' of the family centralizes all the power in his hands, and makes almost all decisions. As in families, in Power Culture organizations the relationships between members have priority over tasks.

Role Culture is the culture of bureaucratic organizations and predominantly values rationality, so the organization must first of all be a rational tool for achieving stakeholders' objectives. In order to be rational, the organization must be specialized, standardized, and formalized. It follows that Role Culture organizations emphasize work structure, division of labour, and tasks, while social relations between people are of secondary importance. This type of culture is also authoritarian, since the top of the organization prescribes the rules with which the members are obliged to comply.

In Task Culture the organization is represented by the metaphor of a tool for solving problems and completing tasks. This type of culture values results, competence, creativity, accomplishments, and change. In Task Culture organizations, the professionals with the required knowledge solve complex problems. In order to perform their tasks, they need autonomy in their work and the possibility of independent decision-making. Therefore, in Task Culture organizations the power is more or less equally distributed between its members.

In People Culture, individualism and individual growth represent the highest values. To its members, the organization is a mere context in which to realize their personal goals, and consequently equality in distribution of power is preferred. Since everything is perceived through the prism of personal growth of the organization members, People Culture focuses on social structure and people, while work structure is of secondary importance.

Handy's classification of four types of organizational culture is based on two dimensions. The first one involves values and norms regarding the distribution of power. Power Culture and Role Culture favour an unequal or authoritarian (hierarchical) distribution of power, while Task Culture and People Culture adopt values that foster an equal or egalitarian distribution of power. The second dimension relates to the predominant focus of the organization. People Culture and Power Culture value people and the social component, while Task Culture and Role Culture value the task or work component.



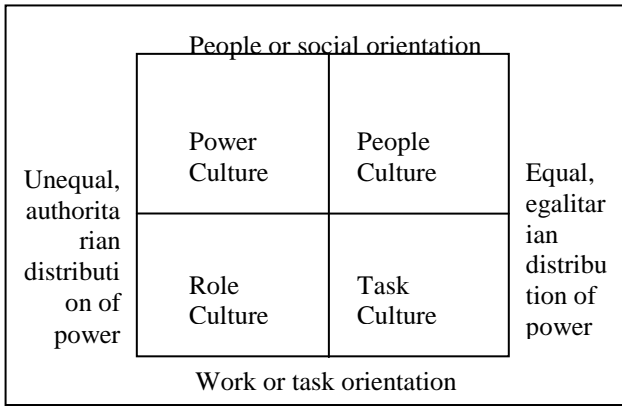


Figure 2. Types of organizational culture  
 Source: Handy, C., "Gods of management: the changing work of organizations", Business Books, London, 1991.

ICT leads to a more equal distribution of power in the organization, strengthening of the employees, and their increased participation in decision making. Thus, ICT imposes values and norms of equal distribution of power in an organization and favours cultures which contain these values and norms. Likewise, ICT leads to increasing of the importance of people and their knowledge in the organization, and hence favours the cultures which contain values and norms of people orientation and social component of organization. This is precisely the reason why ICT in modern organizations favours the people culture which combines egalitarian distribution of power, as well as people orientation, or social structure.

### 3. ORGANIZATIONAL STRUCTURE MODELS

Henry Mintzberg's [11] classification of the configurations or models of organizational structure dominates the literature of organizational structuring. His comprehensive classification is based on nine structural parameters and five organizational parts and differentiates five basic organizational models: the simple model, the bureaucratic model, the professional model, the adhocratic model, and the divisional model.

The simple model is distinctive of small, young firms that are oriented to entrepreneurship and led autocratically. In this type of structure, the leader makes all the decisions with his/her associates, and the employees' only role is to execute these decisions. This organizational structure is undeveloped, insufficiently formalized, with few rules, procedures, instructions, etc. As a result, it is highly flexible but inefficient.

The bureaucratic model is characteristic of large and mature companies, as well as public administration. In this model, all business processes are executed according to strictly followed rules, procedures, and instructions that are prescribed in advance. Structure and systems within the organization are highly developed and formalized. The bureaucratic model has a highly developed hierarchy and it is very centralized, with many hierarchy levels and low

participation in decision-making by employees in the operative sphere.

The most prominent characteristic of the professional model is that the professionals/experts working in the operative sphere play the key role in it. Since they solve complex problems and work with sophisticated technologies, they must have a high level of authority in decision-making, so this structure is decentralized. On the other hand, professionals deal with these problems according to programmes, protocols, and procedures that are prescribed in advance; hence this structure is also highly formalized.

Adhocracy is an organizational model in which teams of experts realize *ad hoc* projects. Similarly to the professional model, in this configuration experts are the ones who perform complex business procedures in an organized manner and use sophisticated technology. Therefore, they must have the authority in decision-making, so the organization is decentralized. However, unlike the professional model, in this model experts do not follow procedures: instead, with each new task or project they invent a new way of working, so the level of formalization is low.

Four of Mintzberg's five organizational models can be differentiated according to two basic criteria. The first criterion is the level of decision-making centralization. The simple and bureaucratic models of organizational culture are centralized, while the adhocracy model and the professional model are decentralized. The second criterion is the degree of structural formalization, or the extent to which processes are covered by formal procedures and the extent of specialization and task standardization in the given structure. The bureaucratic and professional models have a high level of formalization, while the simple model and the adhocracy model have a low level of formalization. Mintzberg's fifth configuration, the divisional model, is complex and consists of two or more divisions which can be structured by any of the other four models, so it cannot be unambiguously classified in a specific category.

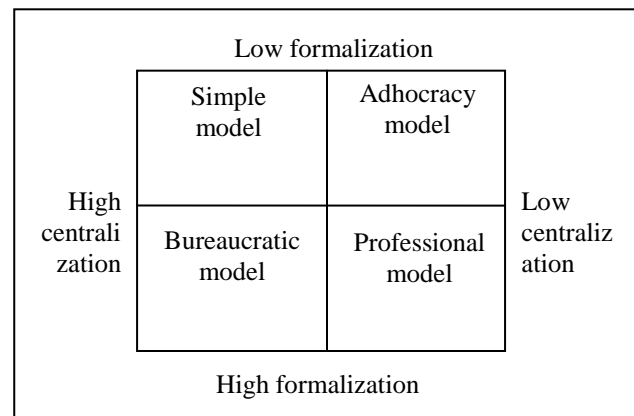


Figure 3. Models of organizational structure  
 Source: Mintzberg, H., "The Structuring of Organizational Structures", Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1979.

Since implementation of ICT in organizations leads to levelling of power within them, hence it will favour application of the structural model that contains a high degree of decentralization in decision making. On the other hand, ICT implies increasing of the importance of people and their relations within the organization, which is consistent with less formalized structures. Therefore, ICT implementation in modern organizations will favour a structural model which combines a low degree of centralisation and a low degree of formalisation, and this is the model of adhocracy.

#### 4. LEADERSHIP STYLES

Leadership is one of the most researched organizational phenomena in business. Many leadership studies have shown that leadership styles are most often differentiated according to two main criteria: 1) the authoritarianism of the leader, i.e., the degree to which followers participate in decision-making, and 2) people-orientation versus task-orientation in solving organizational problems [12]. Thus, leaders differ according to the degree to which they make decisions autonomously and allow their followers (employees) to participate in decision-making; and according to whether they strive to achieve goals through formal components such as structure, roles, procedures, and tasks, or through informal components such as interpersonal relationships and influencing people.

These two dimensions of leadership style, each with two poles, result in four possible leadership styles. The people-oriented authoritarian leader will make the majority of decisions autonomously and accept responsibility, but in implementing those decisions s/he will rely on influencing others and interpersonal relations. This type of leader highly values the social structure of the organization, has strong interpersonal abilities, and is very competent in people management. The second type of leader is authoritarian and task-oriented. S/he does not include employees in the decision-making process and organizational action-shaping, is focused on work, and achieves organizational goals through structures, roles, procedures, orders, etc. The third type of leader considers it good for the organization to have as many of its members as possible participating in both making and executing decisions. This type of leader is oriented towards work or formal structure and tasks, cares little about social structure and interpersonal relations, and believes that employees should adapt to the work structure. Finally, the fourth type of leader has a participative style and is people-oriented. This type of leader includes employees in decision-making and decision-implementation, while relying on his/her influence on others, interpersonal relationships, and social structure.

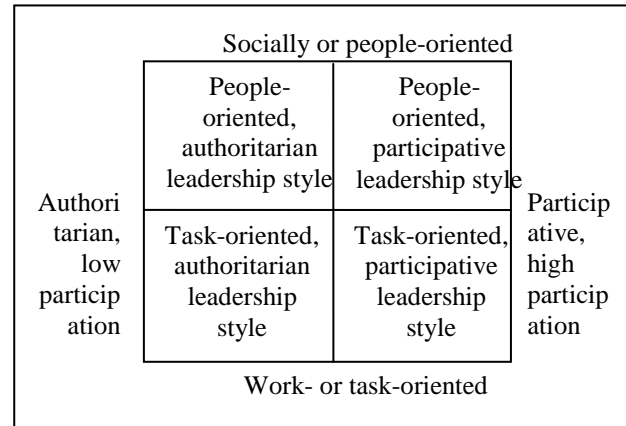


Figure 4. Leadership styles

Source: Northouse, P.G, "Leadership: Theory and Practice", Sage, Thousand Oaks, CA, 2007.

In organizations with intensive ICT application, the effective leadership style must be a participative one. The reason for this is that ICT implies empowerment of employees and their greater role in decision making. On the other hand, ICT implies a leadership style that must be directed towards employees as the carriers of knowledge in the organization. Due to this, ICT implementation favours a people oriented participative leadership style in contemporary organizations.

#### 5. ORGANIZATIONAL CONTROL METHODS

It is necessary for an organization to control the behaviour of its members [11]. An organization is a system of collective action through which mutual goals are achieved. In order to achieve this, the behaviour of the organization members must be restricted, directed, and controlled. The method of behaviour control is a necessary element of organizational model, and the process of control is one of the four primary tasks of management (along with planning, leadership, and organizing). Henry Mintzberg's [11] classification of methods of control is the most frequently quoted in the literature. In his analysis of the structure of organizations, he differentiates five basic mechanisms of behaviour control: process standardization, knowledge standardization, direct managerial supervision, direct interpersonal communication, and standardization of output.

Process standardization controls the manner in which the members of an organization do their job, i.e., perform each work activity. It is achieved by means of formal documents that prescribe standards, procedures, regulations, and instructions. Work process standardization allows employees a very low degree of autonomy or discretion, and it is a very restrictive behaviour control mechanism.

Knowledge and skills standardization controls employee behaviour by standardizing knowledge, skills, and ethical standards through persistent education and training. This control mechanism is used mainly in professional jobs; for example, economic analyst, doctor, lawyer, professor, etc. It provides the professional with a high degree of autonomy,

as it only determines input into the work process and not the work process itself or its effects.

The manager who through his/her position in the organizational structure has authority over subordinate employees exercises direct managerial supervision over their work process, decisions, and actions, in particular through immediate contact and communication with employees. The manager gives instructions to the subordinate regarding how, when, and what should be done and reacts immediately if he/she notices deviations from his/her instructions. This method of control is restrictive and leaves little room for autonomy.

Control can also be conducted through direct interpersonal communication between employees (the members of an organization). Employees who comprise a team coordinate their activities and influence one another. This mechanism of control is very flexible and allows employees the highest degree of freedom. Direct interpersonal communication is an informal method of control, since the behaviour of organization members is restricted not by some formal document but by the other team members.

Output standardization is not a mechanism to control individuals, but to control organizational units and as such, it is not of interest to our analysis.

These methods of controlling organization members' behaviour can be differentiated according to two criteria: the degree of restrictiveness/autonomy that the method of control allows employees in selecting the way in which they work, and the degree of personalization/formalization of control. Restrictive methods of control leave the members of an organization with little room to select the method and manner of working and a low degree of discretion or autonomy, and impose a large number of restrictions. Process standardization and direct supervision by management are restrictive methods of control. Non-restrictive methods of control are those that impose less restrictions on organization members' behaviour, give them greater discretion and autonomy, and leave them more room to select the manner of work. Non-restrictive methods of control are standardization of knowledge, standardization of outputs, and direct interpersonal communication.

The second criterion distinguishes between formalized and depersonalized methods of control and personalized, informal methods of control. Methods of control that are depersonalized and formalized restrict the behaviour of organization members through formal documents such as plans, standards, procedures, instructions, etc. Standardization of processes and standardization of outputs fall under this type of control. Personalized and informal methods of control focus primarily on people and their behaviour and only secondarily on the tasks they perform. The restrictions on organization members' behaviour are not formal documents but other people: managers, colleagues, and the employees themselves (their knowledge and ethics). Direct supervision, standardization of knowledge, and direct interpersonal communication are personalized and informal

methods of control. By combining the two criteria that differentiate the methods of behaviour control in an organization, we arrive at the following matrix.

	Informal, personalized		
Low autonomy, restrictive	Direct supervision	Direct interpersonal communication	High autonomy, nonrestrictive
	Standardization of processes	Standardization of knowledge	
	Formal, impersonal		

Figure 5. Mechanisms of organizational control  
Source: Mintzberg, H, The Structuring of Organizational Structures, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1979.

ICT implementation requires a high level of autonomy of the of employees, who are more and more becoming knowledge workers. Due to this, control and coordination must be conducted through non-restrictive mechanisms that enable a high level of discretion to employees. On the other hand, the impact of ICT on favouring people and their potentials leads to application of informal, personalized mechanisms of control and coordination within the organization. Together, this means that ICT implementation in an organization will favour a direct interpersonal communication through teams as the mechanism of control and coordination.

## CONCLUSION

The paper shows how ICT impacts the selection of a particular type of structure, culture, control, and leadership in organizations. Now, it is necessary to suggest how ICT implementation in contemporary organizations impacts the entire organizational model as a configuration of mutually consistent structure, culture, control, and leadership. Since we have differentiated organizational structure, culture, leadership, and control according to two criteria, we will also use the same criteria to differentiate organizational models as configurations of mutually consistent structures, cultures, controls, and leaderships. Since there are two criteria each containing two poles, therefore we can recognize four main organizational models: autocratic model, bureaucratic model, task model, and innovative model.

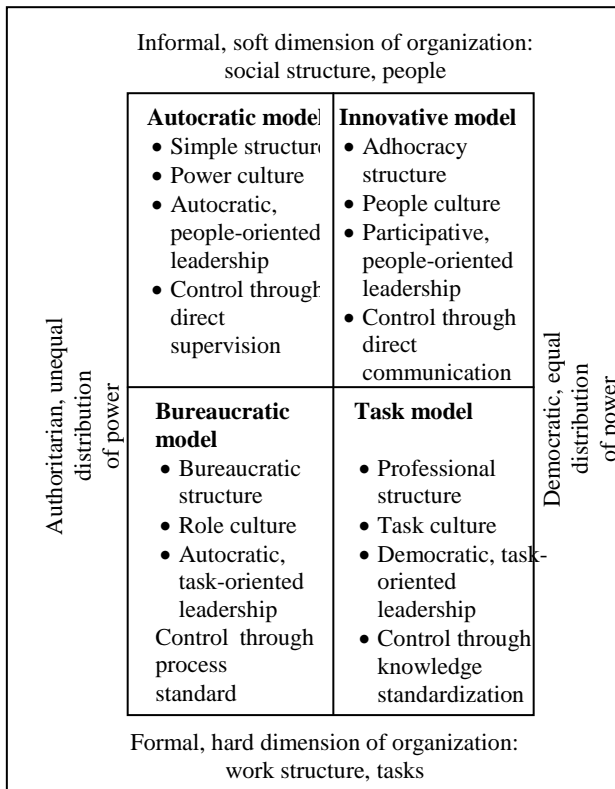


Figure 6. Four organizational models as configurations of structure, culture, control, and leadership

Since ICT leads towards levelling of power in organizations and towards favouring people and their competencies, and thereby also towards a social component of organization, it is clear that ICT also favours the implementation of an organizational model which implies adhocracy structure, people culture, participative and people-oriented leadership style, and control through direct, interpersonal communication. This is an innovative model which we named thus because it is common for all the described organizational components to incite flexibility, innovativeness, and changes. Therefore, the consequence of the more and more intensive ICT application in organizations will be that more and more organizations will adopt innovative organizational model which includes adhocracy organizational structure, people type of organizational culture, participative leadership oriented towards people, and control through direct interpersonal communication.

## LITERATURA

- [1] Aubert, P., E. Caroli, and M. Roger, "New Technologies, Workplace Organization and the Structure of the Workforce: Firm-Level Evidence," *Economic Journal*, Vol. 116, pp. 73–93, 2006.
- [2] Bloomfield, B., and R. Coombs, „Information Technology, Control and Power: The Centralization and Decentralization Debate Revisited," *Journal of Management Studies*, Vol. 29, No. 4, pp. 459–484, 1992.
- [3] Čudanov, M., O. Jaško, and M. Jeftić, "Influence of Information and Communication Technologies on

Decentralization of Organizational Structure," *ComSIS*, Vol. 6, No. 1, pp. 93–109, 2009.

[4] Galbraith, R.J, *Organization Design Challenges Resulting From Big Data*, *Journal of Organization Design*, Vol.3, No. 1, pp. 2–13, 2014.

[5] Handy, C., "Gods of Management: The Changing Work of Organizations", 3<sup>rd</sup> ed. Business Books, London, 1991.

[6] Hunter, S., "Same Technology, Different Outcome? Reinterpreting Barley's Technology as an Occasion for Structuring," *European Journal of Information Systems*, Vol. 19, No. 1, pp. 689–703, 2010.

[7] Janičijević N., "Organizaciona kultura i menadžment," *Ekonomski fakultet, Beograd*, 2013.

[8] Kane, G.C., Palmer, D., Phillips, A.N., Kiron, D. and N. Buckley. "Aligning the Organization for its Digital Future," *Research Report. MIT Sloan Management Review and Deloitte University Press*, Boston, 2016.

[9] Manyika, J. et al., "Big Data: The Next Frontier for Innovation, Competition, and Productivity", *McKinsey Global Institute*, 2011, [www.mckinsey.com](http://www.mckinsey.com).

[10] Miller, D., "Organizational Configurations: Cohesion, Change and Prediction," *Human Relations*, Vol. 43, No. 8, pp. 771–789, 1990.

[11] Mintzberg, H., "The Structuring of Organizations," *Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey*, 1979.

[12] Northouse, P.G., "Leadership: Theory and Practice," *Sage, Thousand Oaks*, 2007.

[13] Schein, E., "Organizational Culture and Leadership," *Yossey-Bass, San Francisco*, 2004.

[14] Schmidt, E., and J. Cohen, "The New Digital Age: Reshaping the Future of People," *Nations and Business, Knopf, New York*, 2013.

[15] Snow, C., Fjeldstad, D., and A.M. Langer, "Designing the Digital Organization," *Journal of Organization Design*, Vol. 6, No. 7, 2017.

[16] Ziadi, J., and M.A. Kuofie, "Impact of ICT On Organizations In Tunisia," *The Electronic Journal on Information Systems in Developing Countries*, Vol. 28, No. 4, pp. 1–8, 2006.

[17] Yukl, G., "Leadership in Organizations," *Pearson Education, New Jersey*, 2006.

# OTVORENI STANDARDI, OTVORENI PODACI I PRIMENA U MEDICINSKIM ISTRAŽIVANJIMA OPENED STANDARDS, OPEN DATA AND APPLICATION IN MEDICAL RESEARCH

Rajko Terzić<sup>1</sup>, Milosav Majstorović<sup>2</sup>  
Gradski zavod za javno zdravlje<sup>1</sup>

Visoka škola strukovnih studija za informacione tehnologije, Beograd<sup>2</sup>

**Sadržaj:** - *Uspes modernih, na osnovu dokaza zasnovanih i personalizovanih medicinskih istraživanja u velikoj meri zavisi od dostupnosti, dovoljne baze podataka u smislu količine i kvaliteta. Ovo često podrazumeva i teme poput razmene i konsolidacije podataka. U oblasti konflikta između privatnosti podataka, institucionalnih struktura i istraživačkih interesa pojavljuju se tehnički, organizacioni i pravni izazovi. Suročavanje sa ovim izazovima je jedan od glavnih zadataka upravljanja informacijama u medicinskim istraživanjima. Postojanje organizacija koje se bave otvorenim standardima, olakšava borbu sa ovim izazovima. Ove organizacije svojim radom stvaraju predušlove za još efikasnije korišćenje otvorenih podataka u medicinskim istraživanjima. Cilj rada je da se pruži pogled na trenutnu sliku akademskih istraživanja i praktične primene otvorenih podataka, sa posebnim osvrtom na domen zdravstvene zaštite.*

**Abstract:** *The success of modern, based on evidence-based and personalized medical research depends to a large extent on availability, sufficient database in terms of quantity and quality. This often includes topics such as data exchange and consolidation. In the area of conflict between data privacy, institutional structures and research interests, there are technical, organizational and legal challenges. Facing these challenges is one of the main tasks of information management in medical research. The existence of organizations dealing with open standards makes it easier to deal with these challenges. These organizations create preconditions for even more efficient use of open data in medical research. The aim of the paper is to give a look at the current picture of academic research and the practical application of open data, with a special emphasis on the domain of health care.*

## 1. UVOD

Svedoci smo da su određene tehnologije doživele zrelost. Svakodnevno uviđamo bum u tehnologijama umrežavanja - uključujući pojavljivanje širokopojasnog interneta, društvenih mreža i cloud computinga (digitalne fabrike). Svi ovi događaji su u velikoj meri doprineli povećanom obimu raspoloživih podataka.

U radu su prikazani osnovni otvoreni standardi i međunarodne organizacije koje se bave otvorenim standardima. U trećem poglavlju je ukazano na najčešće probleme u medicinskim istraživanjima i postojanje

određenih izazova koji se javljaju pri korišćenju otvorenih podataka (OP). Četvrto poglavlje naglašava značaj uloge pacijenta i njegovih podataka. Peto poglavlje elaborira ulogu otvorenih istraživačkih podataka. Šesto poglavlje prikazuje primene otvorenih podataka i iskustava u nekim zemljama u svetu. Sedmo poglavlje se bavi skupovima OP i slučajevima korišćenja u Srbiji.

## 2. OTVORENI STANDARDI I ORGANIZACIJE ZA STANDARDE

Otvoreni standardi podstiču interoperabilnost, konkurenciju i inovacije. Oni takođe garantuju da nijedan proizvod jedne kompanije ne može monopolizovati tržište ili imati nepoštenu prednost nad konkurencijom [1]. Dobar primer za to je kupovina bežičnog rutera za kuću. Postoji mnogo različitih izbora dostupnih od raznih proizvođača, od kojih svi sadrže standardne protokole kao što su IPv4, DHCP, 802.3 (Ethernet) i 802.11 (Wireless LAN). Zahvaljujući otvorenim standardima omogućeno je klijentu koji koristi Apple's OS X operativni sistem da preuzme web stranicu sa web servera koji pokreće operativni sistem Linux. To je moguće jer oba operativna sistema implementiraju otvorene standardne protokole, kao što su oni u paketu TCP / IP protokola<sup>1</sup>.

Organizacije za standarde su važne za održavanje otvorenog Interneta sa slobodno dostupnim specifikacijama i protokolima koje može da implementira bilo koji prodavac. Organizacije za standarde su obično neutralne organizacije, neprofitne organizacije osnovane za razvoj i promovisanje koncepta otvorenih standarda.

U nastavku su nabrojane najznačajnije organizacije za standarde[1].

- **IETF (The Internet Engineering Task Force)** - Radna grupa za inženjerstvo na Internetu (IETF) je velika otvorena međunarodna zajednica dizajnera mreža, operatera, prodavaca i istraživača koji se bave razvojem internet arhitekture i nesmetanim radom Interneta [2].
- **IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)** je najveća svetska tehnička profesionalna organizacija posvećena unapređenju tehnologije za dobrobit čovečanstva. Ciljevi ove organizacije su obrazovni i tehnički napredak elektro

<sup>1</sup> **TCP/IP** je skraćenica za Transmission Control Protocol / Internet Protocol. TCP/IP je komunikacioni protokol za Internet. TCP/IP definiše pravila koje računar mora koristiti za

komunikaciju sa drugima. TCP/IP definiše kako elektro uređaji (kao računar) trebaju biti povezani na Internet i kako predaja i prijem podataka između njih treba da se odvija.

i elektroničkog inženjeringa, telekomunikacija, računarstva i srodnih disciplina [3].

- **IANA (Internet Assigned Numbers Authority)** zadužena za globalnu koordinaciju nekih ključnih elemenata koji održavaju internet: DNS Root, IP adresiranja i drugih resursa Internet protokola. Iako je internet poznat po tome što je globalna mreža slobodna od centralne koordinacije, postoji tehnička potreba da se neki ključni delovi Interneta globalno koordiniraju, a tu ulogu koordinacije sprovodi IANA. Ona dodeljuje i održava jedinstvene kodove i sisteme numerisanja koji se koriste u tehničkim standardima („protokoli“) koji pokreću internet. Njene različite aktivnosti mogu se grupisati u tri kategorije: Imena domena (Upravljanje DNS Root, .int i .arpa domenima i IDN praksa resursa), Resursi brojeva (Koordinacija globalnog skupa IP i AS brojeva, prvenstveno pružanje regionalnih internetskih registara), Dodela protokola (Sistemi numerisanja internet protokola se upravljaju zajedno sa organima za standarde). Jedna od najstarijih institucija na Internetu, sa funkcijama IANA koje datiraju iz 1970-ih [4].
- **ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers )** je neprofitna organizacija odgovorna za koordinaciju održavanja i procedura nekoliko baza podataka koje se odnose na prostore imena i numeričke prostore Interneta, osiguravajući stabilnu i sigurnu operaciju mreže. ICANN obavlja stvarni rad na tehničkom održavanju skupa centralnih internet adresa i registara DNS korenskih zona u skladu sa ugovorom o funkciji nadležnog organa za dodelu internetskih brojeva (IANA).
- **ITU (International Telecommunication Union)** je specijalizovana agencija Ujedinjenih nacija za informacione i komunikacione tehnologije - ICT. Izdvaja globalni radio-spektar i satelitske orbite, razvija tehničke standarde koji osiguravaju da se mreže i tehnologije neprimetno međusobno povezuju i nastoje poboljšati pristup ICT-ima nedovoljno razvijenim zajednicama širom sveta. ITU je posvećen povezivanju svih ljudi na svetu - gde god oni živeli i bez obzira na njihova sredstva. Kroz svoj rad štite i podržavaju sva temeljna prava na komunikaciju.

Različite organizacije imaju različite odgovornosti za promociju i kreiranje standarda za TCP / IP protokol.

Najpoznatije organizacije u ovoj oblasti su:

- **ISOC (Internet Society)** Odgovorna je za promovisanje otvorenog razvoja i evolucije upotrebe Interneta širom sveta.
- **IAB (Internet Architecture Board)** Odgovoran za sveukupno upravljanje i razvoj Internet standarda.
- **IRTF (Internet Research Task Force)** Fokusirana je na dugoročna istraživanja koja se odnose na Internet i TCP / IP protokole, kao što su Anti-Spam Research Group (ASRG), Crypto Forum Research

Group (CFRG) i Peer-to-Peer Research Group (P2PRG).

- Tu su i ranije spomenute organizacije: **IETF, IANA i ICANN.**

U nastavku se daju Osnovni problemi u savremenim medicinskim istraživanjima, u kontekstu otvorenih standarda i podataka.

### 3. ŠTA JE PROBLEM U SAVREMENIM MEDICINSKIM ISTRAŽIVANJIMA?

Osnovni problemi u savremenim medicinskim istraživanjima su:

- Uspeh modernih, na osnovu dokaza zasnovanih i personalizovanih medicinskih istraživanja u velikoj meri zavisi od dostupnosti dovoljne baze podataka u smislu količine i kvaliteta [5].
- Da bi svako istraživanje imalo dobru statističku osnovu, potrebno je obezbediti dovoljnu količinu podataka. Aktivnosti na razmeni i konsolidaciji podataka su važna tema u ovoj problematici.
- U ovoj oblasti često se javljaju konflikti između privatnosti podataka, institucionalnih struktura i istraživačkih interesa.
- Nakon personalizovane medicine i individualne terapije, stratifikacija podataka postaje glavna tema istraživanja. Poznato je da u mnogim medicinskim oblastima heterogeni podaci nisu pogodni za medicinska istraživanja. Zato se podaci o uzorcima ili populaciji dele na stratume da bi se omogućilo poređenje.
- Pored gore navedenih javljaju se i tehnički, organizacioni i pravni izazovi.

Gledajući rezultate istraživanja [6], postaje očigledno da bolesti kancera (npr. rak prostate ili rak dojke) više izgledaju kao skup ili familije bolesti sa mnoštvom pod tipova i da anatomska klasifikacija tumora može biti pogrešna, tako da klasifikacija prema patološkoj promeni signalizacionih puteva na celularnom nivou su adekvatniji za dalja istraživanja. Dakle, da bi lek koji je zasnovan na dokazima imao dobru statističku osnovu, količina i kvalitet raspoloživih podataka postaje veoma važan. Prema tome, trenutna situacija se može okarakterisati kao premalo slučajeva, a previše faktora. Jedan primer je Nemački konzorcijum za translaciona istraživanja raka [6]. Jedan od ciljeva ovog konzorcijuma je uspostavljanje kliničke komunikacione platforme. Ova platforma ima za cilj, pored ostalog, bolju koordinaciju i standardizaciju studija koja imaju višestruka usmerenja. Jedna strategija za rešavanje ovih nedostataka je izgradnja mreža i inicijativa, i objedinjavanje podataka kako bi se dobile dovoljno velike grupe uzoraka.

Zbog heterogenosti sektora javnog zdravstva kojim se mora upravljati, objedinjavanje podataka nije trivijalan zadatak. U ovim poslovnim procesima ima više interesnih grupa, pa je i dokumentacija heterogena. Informacije koje treba objediniti su različite sa aspekta formata snimanja

podataka i medija za skladištenje. Takođe problem se javlja i kod operativnih procedura, jer su vreme i kontekst prikupljanja podataka različiti.

Stoga je neophodno, suočiti se sa ovom heterogenošću i izgraditi velike studijske osnove tako što će se sakupljati i deliti podaci o medicinskim istraživanjima, kako bi se osposobljavala personalizovana medicina zasnovana na dokazima. Jedan od načina za postizanje ovog cilja mogao bi biti adaptacija ideja i koncepata otvorenih istraživačkih podataka.

#### 4. ZNAČAJ ULOGE PACIJENTA I NJEGOVIH PODATAKA

Iz ranije iznetog, jasno je da su podaci od velike važnosti. Poznato je da su medicinski podaci uvek lične prirode. Ovi podaci se ne mogu sakupljati bez saglasnosti pacijenata i njihova saradnja je ključna. Implikacije koje proizlaze iz ove činjenice mogu se razlikovati u skladu sa pravnim okvirom neke zemlje [5] (npr. USA: Zakon o prenosu zdravstvenih osiguranja i odgovornosti (HIPAA), Nemačkoj: pravo na informaciono samoodređenje / lična prava), i to uvek utiče na to kako se medicinski podaci mogu nabaviti, čuvati i koristiti. U Nemačkoj, na primer, pojedinac (u ovom kontekstu pacijent) mora uvek biti u mogućnosti da postavi pitanje u koju se svrhu njegovi lični podaci čuvaju i za koju svrhu se koriste ove informacije. Informacije se mogu menjati, preneti, koristiti, čuvati ili obrisati samo uz odgovarajuću dozvolu.

Međutim, u kontekstu medicinskih istraživanja, obavezno je osigurati i etičke principe. Ovi principi su izvedeni iz Helsinške deklaracije<sup>2</sup> i implementirani u nacionalnim propisima. Tako se svaki dizajn studije pregleda i zahteva etičko odobrenje.

Da bi se dobili zaključci koji su važni za pacijente, poput "poboljšanog preživljavanja" ili "poboljšanog kvaliteta života", potrebni su dugi periodi posmatranja od 10 i više godina. U tom periodu pacijenti mogu menjati mesta prebivališta, menjati svoje izabrane lekare. Podaci će biti akumulirani, ali neće biti centralno dostupni zbog heterogene prirode sistema. Zbog toga, praćenje učesnika studije i kreiranje nepristrasnog, nefiltriranog pogleda na relevantne podatke studije može biti vrlo komplikovano.

Ključni akter u ovim studijama je pacijent. Ako njegova terapija nije usklađena on odustaje, što rezultuje nedostatkom podataka. Stopa osipanja varira i zavisi od studije. Stope oko 20% nisu neuobičajene, prijavljene su i stope do 50%, što ima za posledicu pristrasnost u istraživanju [5].

<sup>2</sup> Deklaracija je prvobitno usvojena u junu 1964. u Helsinkiju, Finska. Deklaracija je važan dokument u istoriji istraživačke etike kao prvi značajan napor medicinske zajednice da reguliše sama istraživanja i čini osnovu većine narednih dokumenata.

<sup>3</sup> "Pristanak na istraživanje" / [WeConsent.us](http://WeConsent.us), je inicijativa John Wilbanks / Sage Bionetworks sa ciljem da se stvori otvorena, masivna baza podataka o zdravlju i genomici. Prvi korak je

Prvo, pacijent mora pristati na terapiju koja je relevantna za ispitivanje. Drugo, moraju biti svi kriterijumi uključivanja i kriterijumi isključivanja za ispitivanje ispunjeni i pacijent mora da pristane da bude deo ispitivanja. Treće, pacijent mora da da saglasnost na korišćenje podataka. Najbolje bi bilo da pacijent da prenosnu pravnu saglasnost, takozvanu "Saglasnost za istraživanje".<sup>3</sup>

U nastavku se daje osvrt na ulogu otvorenih istraživačkih podataka, sa posebnim akcentom na medicinska istraživanja.

#### 5. ULOGA OTVORENIH ISTRAŽIVAČKIH PODATAKA

Da bismo postigli napredak u nauci, moramo biti otvoreni i deliti<sup>4</sup>. Deo „Otvorene nauke“ predstavlja, pored otvorenog pristupa recenziranim publikacijama i otvoreni pristup istraživačkim podacima i to predstavlja osnovu naučnog znanja. Danas sve više agencija za finansiranje zahtevaju odgovarajuće upravljanje istraživačkim podacima i mogućnost ponovne upotrebe podataka [7].

Jedan od glavnih razloga za ovakve stavove je zahtev za transparentnošću i validacijom primenjenih metoda i dobijenih rezultata. Tako, inicijative poput koncepta Deserno i sar. [8], pokušavaju da izgrade spremište otvorenih podataka. Drugi primer bi bio članak Begley and Ellis [9], koji razmatra aktuelne probleme u pretkliničkom istraživanju raka. Između ostalog, preporučuje objavljivanje pozitivnih i negativnih rezultata kako bi se postigla veća transparentnost i pouzdanost istraživanja.

Kako bi se problem heterogenosti podataka rešio potrebno je podatke urediti. Stavljanje podataka na raspolaganje znači, da podaci imaju i sledeće karakteristike:

- otvorenost (u smislu najmanje jednog javnog postupka za pristup)
- normiranost (sadržaj podataka i semantika su dobro definisani)
- mašinska čitljivost
- nalaze se u standardnom formatu.

Bez obzira koji pristup se koristi u cilju razmene i konsolidacije podataka, uvek će se pojaviti izazovi i barijere na različitim nivoima: regulatornim, organizacijskim i tehničkim. Članak *Erika C. Hayden* [10] prikazuje složenu informaciju kao prekinut ugovor i ilustruje kako se današnji učesnici s jedne strane osećaju zbunjenim zbog potrebe "čitanja između redova", s druge

Prenosiva pravna saglasnost kao široka saglasnost za korišćenje podataka u istraživanju. Drugi korak je peticija, koju vodi Wilbanks i koju je potpisalo 65.000 ljudi. Februara 2013. Vlada SAD-a je odgovorila i najavila plan za otvaranje podataka o istraživanjima koje finansiraju poreski obveznici i koji će ih učiniti dostupnim besplatno.

<sup>4</sup> Neelie Kroes (2012), potpredsednik Evropske komisije opisuje rastuću potražnju javnosti za otvorenom naukom.

strane istraživači ne mogu spojiti podatke zbog specifičnih saglasnosti i regulatornih pitanja.

U fazi objedinjavanja podataka potrebno je se baviti dvema preprekama: mapiranjem pacijenta i heterogenošću podataka. Zbog pacijentovog kretanja da bi se ispravno povezali podaci, mora se osigurati da se svi zapisi o pojedincu mapiraju prema njemu. Bez obzira na gore navedene procese, pacijenti moraju biti zaštićeni od (re) identifikacije<sup>5</sup> putem svojih ličnih podataka koji se koriste za istraživanje. Nemački zakoni o privatnosti, na primer, definišu anonimizaciju<sup>6</sup> i pseudonimizaciju<sup>7</sup> kao dovoljnu, ako zabranjuje reidentifikaciju ili reidentifikaciju koja je moguća samo uz nesrazmerno veliku potrošnju vremena, novca i radne snage. Osiguranje ovog zahteva postaje sve teže zbog tehničkog napretka, rastuće računarske snage i - ironično - više otvorenih podataka. *Primer:* Baza podataka o ubistvima u Čikagu. Studenti su uspeli ponovo identifikovati 35% pojedinaca u bazi podataka o ubistvima u Čikagu, povezujući ih sa indeksom smrtnosti u socijalnom osiguranju [11].

U nastavku se daje kratak osvrt na primenu OP u nekim regionima, kao i skupovi OP i slučajevi njihovog korišćenja u Srbiji, u domenu zdravstvene zaštite.

## 6. PRIMENA OP, I ISKUSTVA PO REGIONIMA

Ovde se daje kratak osvrt na primenu OP, kao i stečenim iskustvima po regionima, na osnovu [12].

*SAD: Nacionalni institut za rak; Sektor: Zdravstvo; Uticaj: informisano donošenje odluka*

Opis: daje skupove podataka o incidenci raka u segmentima po godinama, rasi, polu, godini i drugim faktorima. Dodatni skupovi podataka uključuju standardne podatke o populaciji, podatke o mortalitetu u SAD-u i podatke o populaciji SAD-a. Platforma takođe pruža statističke programe. Analiza podataka je veoma obećavajuća za zdravstvenu industriju jer može da identifikuje najkorisnije izvore podataka i da pruži uvid u to kako da ih najefikasnije iskoristi.

Zdravstvena ustanova može koristiti data mining i analitiku da odgovori na pitanja koja vas interesuju i da identifikuje neefikasnosti i najbolje prakse koje mogu poboljšati brigu i smanjiti troškove. Uključivanjem IT stručnjaka sa iskustvom u upravljanju i korišćenju podataka o zdravstvu, mogu se pružiti rešenja koja su neophodna za donošenje dobrih odluka u najsavremenijem poslovnom okruženju u zdravstvu.

*Urugvaj: Tu Servicio; Sektor: Zdravstvo; Uticaj: informisano donošenje odluka;*

Opis: platforma koja omogućava korisnicima da odaberu svoju lokaciju, a zatim uporede lokalne pružaoce zdravstvene zaštite na osnovu širokog spektra parametara i indikatora, kao što su vrsta objekta, medicinska specijalnost, ciljevi nege, vreme čekanja i prava pacijenata. *Tu Servicio* je uveo novu paradigmu izbora pacijenta u Urugvajski zdravstveni sektor, omogućujući građanima ne samo da se kreću kroz niz opcija, već i generišu zdravu i informisanu raspravu o tome kako uopšte poboljšati zdravstveni sektor zemlje.

*Sijera Leone: Borba protiv Ebole; Sektor: Zdravstvo Uticaj: Angažman na osnovu podataka; Ishod: rešavanje javnih problema:*

Opis: U 2014. godini došlo je do najveće epidemije ebole u istoriji u Zapadnoj Africi. U početku su podaci o slučajevima Ebole i naponi za odgovor raspoređeni kroz raznolikost sakupljača podataka, i postojala je mala sposobnost da relevantni podaci dođu u ruke onih koji bi mogli to iskoristiti. Tri projekta - Sijera Leone nacionalni centar za odgovor na ebolu (NERC), Ujedinjeni narodi "Humanitarna razmena podataka (HDKS)" i Ebola GeoNode značajno su poboljšali kvalitet i dostupnost korištenih informacija. Ovo je bilo značajno za humanitarce i kreatore politike koji rade na rešavanju krize.

*Singapur: Mapa klastera u Dengu; sektor: Zdravstvo; Uticaj: Angažman na osnovu podataka*

Opis: U 2005. godini, Nacionalna agencija za životnu sredinu Singapura (NEA) počela je razmenjivati informacije o lokaciji bolesti klastera dengue kao i informacije o bolesti i preventivne mere na mreži putem web sajta poznatog kao "Dengue Website". Od tada, mapa klastera NEA-a je evoluirala, i postala je sastavni deo kampanje protiv epidemije denga 2013.

## 7. SKUPOVI OP I SLUČAJEVI KORIŠĆENJA U SRBIJI

*Skupovi podataka na temu zdravlja [13]:*

- Registar lekova za upotrebu u humanoj medicini
- Međunarodna klasifikacija bolesti (MKB-10)
- Promet i potrošnja lekova za upotrebu u humanoj medicini - 2014
- Odstupanje od standarda kvaliteta leka u humanoj medicini
- Generički nazivi medicinskih sredstava u humanoj upotrebi
- Izdati sertifikati kontrole kvaliteta za lekove u upotrebi u humanoj medicini
- Uvozne dozvole za ne registrovane lekove
- Odobrena klinička ispitivanja
- Izdati sertifikati kontrole kvaliteta za lekove u veterinarskoj upotrebi
- Registar veterinarskih medicinskih sredstava

<sup>5</sup> Prepoznavanje neke osobe ili stvari po osnovnim karakteristikama

<sup>6</sup> Proces prilagođenja podataka u kojoj se pravne i fizičke osobe u njima ne mogu identifikovati

<sup>7</sup> Obrada podataka tako da se to ne može pripisati osobi kojoj se podaci odnose bez upotrebe dodatnih podataka



- Registar upisanih medicinskih sredstava za humanu upotrebu
- Registar lekova za upotrebu u humanoj medicini
- Registar lekova za upotrebu u veterinarskoj medicini
- Medicinska oprema od nacionalnog interesa u Radiologiji - godišnji presecci
- Prikaz medicinske oprema od nacionalnog interesa u Republici Srbiji sa stanjem na dan 31.12.2015, 31.12.2016 i 31.12.2017. godine u Radiologiji. Set podataka se sastoji od: šifre aparata, naziva aparata, statusa aparata, razloga zbog čega se aparat ne koristi, lokacije prema statističkom regionu, godine proizvodnje, godine nabavke, šifre grupe, naziva grupe, šifre podgrupe i naziva podgrupe.
- Nomenklatura medicinske opreme od nacionalnog interesa u zdravstvenom sistemu Republike Srbije

#### Slučajevi upotrebe

- Baza lekova

Android, iOS i Web aplikacija sa svežim informacijama o svim registrovanim lekovima u Srbiji.

## 8. ZAKLJUČAK

Ovaj rad je pokušao da istakne značaj javnih podataka, tj. OP kojima se lako pristupa, koriste se i prenose dalje besplatno. Kako bi se problem heterogenosti podataka rešio potrebno je podatke urediti i za to postoje standardi i metodologije. Tako, strukturirani podaci su pogodni za obrade, korišćenje i kompjutersku analizu.

U radu su prikazani osnovni standardi i međunarodne organizacije koje se bave otvorenim standardima. Takođe, ukazano na najčešće probleme u medicinskim istraživanjima. Posebno je istaknut značaj uloge pacijenta i njegovih podataka. Dat je kratak osvrt i na ulogu otvorenih istraživačkih podataka. Prikazu primene OP i stečenim iskustavima u nekim zemljama u svetu posvećeno je posebno poglavlje. Na kraju su dati slučajevi korišćenja OP u Srbiji, u domenu zdravstvene zaštite.

Takođe, ukazano je i na postojanje određenih izazova koji se javljaju pri korišćenju OP u medicinskim istraživanjima.

U istraživanju vezanom za materijal u ovom radu, autori su imali izvesne teškoće. Naime, ne postoji strukturiran pristup istraživanju u oblasti otvorenih podataka u vladinim i edukativnim institucijama. Deluje da je danas to privilegija velikih kompanija poput Amazon, Google, Facebook i Microsoft, na primer [14]. Mada je otvoreni pristup podacima rastući trend, praktična istraživanja su ograničena na časopise koji imaju slobodan pristup i

otvoreno licenciranje za akademske publikacije, a u njima je oskudan materijal vezan za probleme otvorenih podataka.

U narednom periodu, autori planiraju da se posvete formatima podataka koji se najčešće koriste u domenu OP, kako bi doprineli strukturiranju OP i njihovom lakšem objavljivanju i korišćenju.

## LITERATURA

- [1] Chapter 3 of the CCNA R&S Introduction to Networks curriculum, 2018, Raspoloživo na: <<https://ccnav6.com/ccna-1-v6-0-study-material-chapter-3-network-protocols-communications.htm>>, Pristupano: 26.12.2018.
- [2] <https://www.ietf.org>, Pristupano: Oktobar.2018,
- [3] <https://www.ieee.org>, Pristupano: Oktobar 2018
- [4] <https://www.iana.org>, Pristupano: Novembar.2018
- [5] Challenges of Open Data in Medical Research, Ralf Floca
- [6] <http://www.dkfz.de/de/dtk/index.html>, Pristupano: Decembar 2018.
- [7] Heinz Pampel, Sünje Dallmeier-Tiessen, Open Research Data: From Vision to Practice, 17 December 2013
- [8] Deserno, T.M., Welter, P. & Horsch, A., 2012. Towards a Repository for Standardized Medical Image and Signal Case Data Annotated with Ground Truth. *Journal of Digital Imaging*, 25(2), pp.213–226. doi:10.1007/s10278-011-9428-4.
- [9] Begley, C.G. & Ellis, L.M., 2012. Drug development: Raise standards for preclinical cancer research. *Nature*, 483(7391), pp.531–533. doi:10.1038/483531a.
- [10] Check Hayden, E., 2012a. Informed consent: A broken contract. *Nature*, 486(7403), pp.312–314. doi:10.1038/486312a.
- [11] Ochoa, S. et al., 2001. Reidentification of individuals in Chicago's homicide database: A technical and legal study. In Massachusetts Institute of Technology
- [12] Young A. and Verhulst S., 2016, The Global Impact of Open Data, Copyright c 2016 O'Reilly Media Inc.
- [13] <https://data.gov.rs/sr/topics/zdravlje/>, Pristupano: Januar 2019.
- [14] Terzić R., Majstorović M., 2019. Concept Open Data, its Application and Experience, *Vojnotehnički glasnik/Military Technical Courier*, 67(2), prihvaćeno za objavljivanje.

# UTICAJ TRADICIONALNIH I DRUŠTVENIH MEDIJA NA PROCES ODLUČIVANJA O KUPOVINI PROIZVODA MODNIH BRENDOVA THE IMPACT OF TRADITIONAL AND SOCIAL MEDIA ON THE DECISION MAKING DURING FASHION BRAND SHOPPING

Antonina Lazić, dr Dragan Vukmirović  
Univerzitet u Beogradu  
Fakultet Organizacionih Nauka

**Sadržaj** - Brojne studije ukazuju na sve manji uticaj tradicionalnih medija na različite procese u okviru marketinga, menadžmenta, prodaje i slično, kao i na sve izraženiji uticaj društvenih medija u ovim oblastima. Ekspanzija društvenih medija i sve manja zastupljenost tradicionalnih medija postala je jedna od važnih tema u domenu brojnih istraživanja, pa tako i u domenu istraživanja koja se odnose na ispitivanje različitih faktora koji utiču na proces donošenja odluke o kupovini koje donose kupci. Ključni cilj ovog rada odnosi se na utvrđivanje postojanja razlika u uticaju koji imaju društveni mediji, naspram tradicionalnih medija na proces donošenja odluke o kupovini proizvoda modnih brendova. Dobijeni rezultati ukazuju na postojanje statistički značajno većeg uticaja društvenih medija, u odnosu na tradicionalne na proces donošenja odluke o kupovini proizvoda modnih brendova. Uprkos različitim ograničenjima rad pruža adekvatne implikacije za buduća istraživanja ove teme, kao i praktične implikacije u domenu digitalnog marketinga..

**Ključne reči:** proces donošenja odluke o kupovini, tradicionalni mediji, društveni mediji.

**Abstract** – Numerous studies point out a decline in the influence of traditional media to different processes in terms of marketing, management, sales and other, as well as a rising influence of social media in these areas. The expansion of social media and the weakening of traditional media has become one of the most important subjects for many types of research, including research dealing with different factors which influence the process of buyers' decision making during shopping. The aim of this research is to determine the differences in the influence to buyers' decision making during fashion brands shopping, between social media and traditional media. The results indicate the existence of a statistically significantly larger influence of social media when compared to traditional media in terms of decision making while shopping for fashion brands. Despite its limitations, this paper provides adequate implications for future research of this subject matter as well as practical implications in the field of digital marketing .

**Key words:** decision making while shopping, traditional media, social media

## 1. UVOD

Poslednjih godina izučavanje ponašanja potrošača postalo je sastavni element brojnih, kako naučnih, tako i praktičnih disciplina, kao što su: marketing, psihologija, menadžment, sociologija, ekonomija i druge. Digitalni marketing postaje sve prisutniji i dominantniji marketing kanal u brojnim industrijama i oblastima. Poseban značaj kada je reč o ponašanju potrošača posvećuje se procesu donošenja odluka o kupovini koje oni donose [1]. XXI vek je sa sobom doneo snažnu ekspanziju Interneta i društvenih medija, kao jednog od najrasprostranjenijih marketing i prodajnih kanala, koji beleži sve veći uticaj na ponašanje potrošača, a posebno na njihovo donošenje odluka o kupovini. Brojni su autori koji ističu ogroman uticaj koji imaju društveni mediji na svaki od segmenata donošenja odluke o kupovini koju čine kupci [2] [3]. Uprkos tome što tradicionalni mediji gube svoj značaj u ovom procesu, oni, pored Interneta, i dalje utiču na potrošače i na donošenje njihovih odluka o kupovini, ali i na njihovu lojalnost.

Tarabich u okviru nalaza svog istraživanja navodi upravo sinergijski uticaj marketinga u okviru društvenih medija i u okviru tradicionalnih medija kao uspešniju marketing strategiju kada je reč o uticaju na proces donošenja odluke o kupovini [4]. Nadalje, Barwise i Meehan [5] vide upravo različite kategorije društvenih medija kao nezaobilazne izvore informacija i dela procesa donošenja odluke o kupovini različitih kategorija proizvoda i usluga.

Grana industrije u okviru koje se jasno ispoljavaju sve izraženije razlike između uticaja koji na kupce imaju društveni mediji nasuprot tradicionalnih medija jeste modna industrija. Naime, modna industrija beleži brojne benefite od upotrebe društvenih medija, kako kroz različite vidove blogova, onlajn prodavnica, profila u okviru socijalnih mreža i sličnih fenomena koje sa sobom donosi intenzivan razvoj društvenih medija, te se u okviru ove industrije sve više preispituje korist od upotrebe tradicionalnih medija, kako za potrebe marketinga, tako i za potrebe prodaje.

Kada je reč o istraživanjima uticaja tradicionalnih i društvenih medija na proces odlučivanja o kupovini proizvoda modnih brendova, kao adekvatne nalaze moguće je izdvojiti one do kojih su u svojoj studiji došle Sudha i Sheena [6], a koje zaključuju da društveni mediji predstavljaju vezu između modnih brendova i kupaca koja utiče na odluku o kupovini, kao i na lojalnost kupaca.

Nadalje, *Park i Stoel* [7] u okviru svog istraživanja navode nalaze koji ukazuju na to da informacije o modnim brendovima dostupne u okviru društvenih medija, iskustva sa onlajn kupovinom, kao i pružanje opsežnih, senzorno orijentisanih informacija o proizvodu u okviru društvenih medija pozitivno utiču na odlučivanje o kupovini. Kada je reč o tradicionalnim medijima, brojna istraživanja navode televiziju kao medijski kanal koji ima najveći uticaj na proces donošenja odluke o kupovini proizvoda modnih brendova, međutim se sve veći primat daje upravo društvenim medijima.

Na osnovu svega navedenog, moguće je reći da se čini interesantnim istraživanje uticaja tradicionalnih i društvenih medija na proces odlučivanja o kupovini proizvoda modnih brendova, što jeste predmet istraživanja realizovanog za potrebe ovog rada. Cilj samog rada odnosi se na utvrđivanje postojanja razlika u uticaju koji imaju društveni mediji, naspram tradicionalnih medija na proces donošenja odluke o kupovini modnih proizvoda i dovođenje dobijenih nalaza u vezu sa savremenim tendencijama u digitalnom marketingu. Nakon detaljnog pregleda dostupnih istraživanja iz ove oblasti moguće je formulisati sledeću hipotezu:

H1: Društveni mediji imaju statistički značajno veći uticaj od tradicionalnih medija prilikom procesa donošenja odluke o kupovini proizvoda modnih brendova.

## 2. METOD

### 2.1. UZORAK I PROCEDURA PRIKUPLJANJA PODATAKA

Odabir uzorka koji je upotrebljen za potrebe realizovanog istraživanja bio je prigodan i činilo ga je 42 ispitanika, stanovnika Grada Beograda. Prosečna starost ispitanika koji su činili uzorak bila je 33.74 godina, dok se raspon godina kretao od 19 do 63 godine. Polna struktura uzorka prikazana je u okviru Tabele 1. S obzirom na obim i strukturu rada, u okviru ovog istraživanja u obzir nisu uzimane druge demografske karakteristike.

Tabela 1. Polna struktura uzorka

Pol	Broj ispitanika	% ispitanika
Muški	17	40.5
Ženski	25	59.5
Ukupno	42	100

Istraživanje je realizovano popunjavanjem štampane forme upitnika od strane ispitanika. Pre samog popunjavanja unapred konstruisanog upitnika ispitanicima je objašnjena svrha istraživanja, naglašeno je da je njihovo učešće u istraživanju dobrovoljno i anonimno, kao i da će dobijeni rezultati biti korišćeni isključivo u naučne svrhe. Za popunjavanje upitnika bilo je potrebno približno pet minuta,

dok je realizacija samog prikupljanja podataka izvršena u toku decembra 2018. godine.

### 2.2. INSTRUMENT KORIŠĆEN ZA POTREBE ISTRAŽIVANJA I POSTUPAK ANALIZE PODATAKA

Za potrebe istraživanja kreiran je poseban upitnik, koji je pored navedenih demografskih pitanja sadržao i pitanje koje se odnosi na procenu ispitnika o tome koliko određeni tradicionalni (televizija, novine i časopisi, radio i plakati) i društveni mediji (Facebook, Instagram, YouTube i Internet blogovi) utiču na donošenje odluke o kupovini proizvoda modnih brendova. Na ovo pitanje se odgovaralo petostepenom skalom Likertovog tipa, sa odgovorima od 1 (uopšte ne utiču) do 5 (jako utiču). Upitnik je samostalno konstruisao autor rada.

Za potrebe analize podataka u okviru ovog istraživanja korišćen je statistički paket *SPSS 21 for Windows*. U postupku obrade podataka primenjene su statističke procedure koje se odnose na deskriptivnu statistiku, kao i T test za nezavisne uzorke.

## 3. REZULTATI I DISKUSIJA

Sa ciljem sprovođenja analize T-test za nezavisne uzorke, najpre su izračunati sumacioni skorovi odgovora ispitanika za tradicionalne medije uključene u istraživanje (televizija, novine i časopisi, radio i plakati) zasebno, kao i za društvene medije (Facebook, Instagram, YouTube i Internet blogovi). Na ovako dobijenim varijablama sprovedena je analiza T-test za nezavisne uzorke. Nezavisna, odnosno kategorijska varijabla u ovom istraživanju bila je grupa tradicionalni/društveni mediji, dok je zavisna varijabla bila sumacioni skor odgovora ispitanika koji su se odnosili na procenu uticaja društvenih, odnosno tradicionalnih medija na proces donošenja odluke o kupovini proizvoda modnih brendova.

T-testom nezavisnih uzoraka upoređeni su rezultati ispitivanja uticaja tradicionalnih, odnosno društvenih medija na proces donošenja odluke o kupovini proizvoda modnih brendova. Dobijeni rezultati upućuju na postojanje statistički značajnih razlika,  $t(82) = -16.369$ ,  $p = .000$  u uticaju na odluku o kupovini proizvoda modnih brendova dve grupe medija: tradicionalni ( $M = 11.66$ ,  $SD = 2.34$ ), društveni ( $M = 21.76$ ,  $SD = 3.23$ ). Razlika između srednjih vrednosti obeležja po grupama (prosečna razlika =  $-10.09$ , 95% CI:  $-11.32$  do  $-8.86$ ) bila je velika (eta kvadrat =  $0.77$ ).

Dobijeni rezultati upućuju na zaključak da društveni mediji u statistički značajno većem stepenu utiču na proces donošenja odluke o kupovini proizvoda modnih brendova, nego što to čine tradicionalni mediji uključeni u ovo istraživanje. Nivo značajnosti dobijen u okviru ovog istraživanja, posmatrane aritmetičke sredine grupa (tradicionalni/društveni mediji), kao i izračunati eta kvadrat govore o značajno većem uticaju

društvenih medija u odnosu na tradicionalne, kada je reč o donošenju odluka o kupovini proizvoda modnih brendova.

Ovakva konstatacija rezultata dobijenih u okviru istraživanja realizovanog za potrebe ovog rada je u saglasnosti sa nalazima autora koji su navedeni na početku ovog rada, ali i sa nalazima do kojih u okviru svoje studije dolaze *Kim i Ko* [8], a koji navode da marketing aktivnosti modnih brendova u okviru društvenih medija imaju veći pozitivni uticaj, kako na lojalnost kupaca, tako i na proces donošenja odluke o kupovini proizvoda u odnosu na marketing aktivnosti u okviru tradicionalnih medija. Naime, ovi autori navode da društveni mediji kupcima i potencijalnim kupcima pružaju veći nivo zabave u odnosu na tradicionalne medije, mogućnost komunikacije sa drugim kupcima, ali i sa samom kompanijom koja stoji iza proizvoda određenog brenda, što sve jesu faktori koji daju prednost društvenim medijima u odnosu na tradicionalne kada je reč o uticaju na proces donošenja odluke o kupovini.

Još šire posmatrano, nalazi studije koju je sprovedla grupa istraživača sa Univerziteta u severnom Teksasu [9] upućuju na to da je sve prisutniji i izraženiji uticaj ne tradicionalnih medija i njihovih kanala na proces donošenja odluke o kupovini proizvoda modnih brendova, kao i da se ne beleže polne razlike u ovoj tendenciji kupaca. Posmatrano u svetlu nalaza navedenih studija, moguće je reći da su rezultati dobijeni u okviru ovog istraživanja u saglasnosti sa nalazima brojnih autora koji navode dominantan uticaj različitih oblika društvenih medija na proces donošenja odluke o kupovini proizvoda modnih brendova u protekloj deceniji, te, koji u skladu sa tim sve manju pažnju i značaj pridaju tradicionalnim medijima kao akterima u ovom procesu.

#### 4. ZAKLJUČAK

Ključni cilj ovog rada odnosio se na utvrđivanje postojanja razlika u uticaju koji imaju društveni mediji, naspram tradicionalnih medija na proces donošenja odluke kupaca o kupovini proizvoda modnih brendova, kao i na implikacije koje istraživanje ove teme ima na oblast digitalnog marketinga. Na osnovu dobijenih rezultata moguće je zaključiti da je hipoteza ovog rada prihvaćena, odnosno da društveni mediji imaju statistički značajno veći uticaj od tradicionalnih medija prilikom procesa donošenja odluke u o kupovini modnih proizvoda. Ovakav nalaz je u skladu sa aktuelnim nalazima drugih autora koji su se bavili ovom tematikom, a čiji su rezultati istraživanja navedeni u okviru ovog rada.

S obzirom na nedostatak ovakve vrste istraživanja na teritoriji naše zemlje, moguće je reći da je jedan od značajnijih doprinosa ovog istraživanja upravo pružanje osnove za dalja istraživanja procesa donošenja odluke o kupovini proizvoda modnih brendova u eri društvenih medija. Takođe, dobijeni nalazi jasno ukazuju na sve veći značaj koji digitalni marketing ima u domenu trgovine i prodaje proizvoda u našoj zemlji. Nadalje, iako sprovedeno

istraživanje ne može da odgovori na pitanje o faktorima koji se nalaze u pozadini jasno izraženijeg uticaja društvenih medija na proces donošenja odluka o kupovini modnih proizvoda u odnosu na uticaj koji se javlja kod tradicionalnih medija, pruža jasnu praktičnu implikaciju svim onim stručnjacima uključenim, kako u istraživanje procesa donošenja odluke o kupovini, tako i praktičarima u oblasti marketinga, modne industrije, menadžmenta i sličnih praktičnih grana i oblasti.

Ključna ograničenja sprovedenog istraživanja odnose se na mali broj ispitanika koji su činili uzorak ovog istraživanja, kao i na ispitivanje samo jednog segmenta široke oblasti koja se ondosi na upotrebu i uticaj društvenih i tradicionalnih medija na proces donošenja odluke o kupovini proizvoda modnih brendova. Naime, uzorak korišćen za potrebe ovog rada nije dovoljan za donošenje jasnih i nedvosmislenih zaključaka, a na samu prirodu dobijenih podataka mogla je da utiče i primena nešto opširnijeg upitnika nego što je to bio slučaj u ovom istraživanju.

Bez obzira na navedena ograničenja istraživanja, moguće je zaključiti da realizovano istraživanje predstavlja adekvatnu osnovu za buduća istraživanja ove teme, što jeste jedan od ciljeva autora. Realizovano istraživanje i sam rad otvaraju mnogo prostora, kako za diskusiju, tako i za buduća istraživanja koja bi mogla da pruže odgovore na razna pitanja koja se odnose, kako na industriju modnih brendova, tako i na proces donošenja odluke kupaca u okviru ove industrije. Detaljne i opsežne studije ove teme moći će da daju konkretne i praktično primenjive rezultate.

#### LITERATURA

- [1] Zhang, T., & Zhang, D. (2007). Agent-based simulation of consumer purchase decision-making and the decoy effect. *Journal of business research*, 60(8), 912-922
- [2] Hossain, S., Sakib, M.N. (2016), The impact of social media marketing on university students brand loyalty. *International Journal of Marketing and Business Communication*, 5(3), 103-13
- [3] Mangold, W.G., Faulds, D.J. (2009), Social media: The new hybrid element of the promotion mix. *Business Horizons*, 52(4), 357-365
- [4] Tarabieh, S. M. (2017). The Synergistic Impact of Social Media and Traditional Media on Purchase Decisions: The Mediating Role of Brand Loyalty. *International Review of Management and Marketing*, 7(5), 51-62.
- [5] Barwise, P., & Meehan, S. (2010). The One Thing You Must Get Right When Building a Brand December, *Harvard Business Review*
- [6] Sudha, M., & Sheena, K. (2017). Impact of influencers in consumer decision process: the fashion industry. *SCMS Journal of Indian Management*, 14(3), 14-30.
- [7] Park, J., & Stoel, L. (2005). Effect of brand familiarity, experience and information on online apparel

- purchase. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 33(2), 148-160.
- [8] Kim, A. J., & Ko, E. (2010). Impacts of luxury fashion brand's social media marketing on customer relationship and purchase intention. *Journal of Global Fashion Marketing*, 1(3), 164-171.
- [9] Shephard, A., Pookulangara, S., Kinley, T. R., & Josiam, B. M. (2016). Media influence, fashion, and shopping: a gender perspective. *Journal of Fashion Marketing and Management*, 20(1), 4-18.

# RAZVOJ INTERNETA U DRŽAVAMA ZAPADNOG BALKANA

## DEVELOPMENT OF INTERNET IN WESTERN BALKAN COUNTRIES

Jelena Šuh  
Telekom Srbija

**Sadržaj** – U ovom radu je opisano trenutno stanje razvoja Interneta u državama Zapadnog Balkana. Posmatrani su parametri koji pokazuju trend razvoja i iskorišćenosti Internet resursa. Za analizu su korišćeni javno dostupni podaci, prvenstveno podaci kojima raspolaže RIPE NCC.

**Abstract** - This paper describes the current state of the development of the Internet in the countries of the Western Balkans. Parameters showing the trend of development and utilization of Internet resources were observed. For analysis, publicly available data, primarily data held by RIPE NCC, were used.

### 1. UVOD

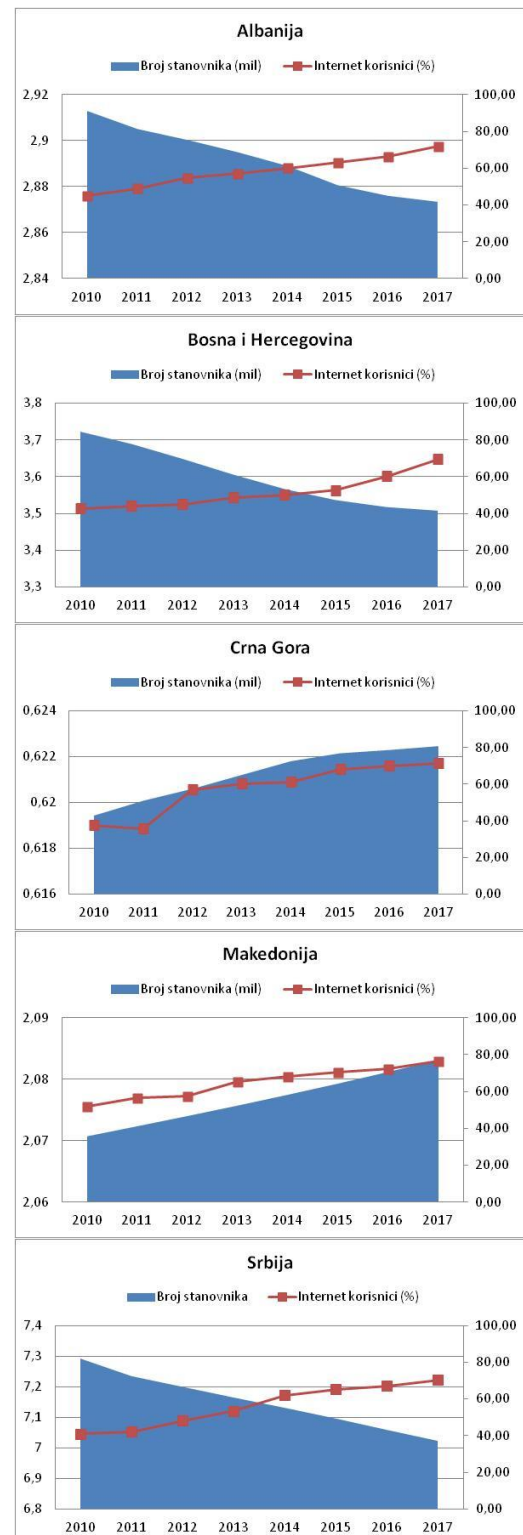
Poslednjih nekoliko godina može se uočiti značajan porast broja korisnika Interneta na globalnom nivou. Prema podacima ITU, na kraju 2018. godine 51,2% ukupne svetske populacije ili 3,9 milijarde ljudi je koristilo Internet [1]. Kada su u pitanju države Zapadnog Balkana, takođe je uočljiv trend porasta broja Internet korisnika. Posmatrajući period od 2010. godine prosečno se broj Internet korisnika povećava za 3% do 5% na godišnjem nivou.

Na slici 1 je prikazan trend porasta Internet korisnika, kao i trend porasta/smanjenja broja stanovnika u državama Zapadnog Balkana. Podaci o Internet korisnicima su zasnovani na podacima ITU [1], dok su podaci o broju stanovnika zasnovani na podacima Svetske Banke [2]. Podaci su dostupni za period do 2017. godine i može se uočiti da procenat Internet korisnika iznosi oko 70%. Poređenjem sa drugim regionima, može se zaključiti da postoji dosta prostora za poboljšanje. Iako je u većini država posmatranog regiona primetan pad broja stanovnika, broj korisnika Interneta se konstantno povećava. Imajući to na umu, potrebno je analizirati Internet resurse u posmatranim državama i ustanoviti da li mogu da podrže rastući trend Internet korisnika.

### 2. INTERNET RESURSI

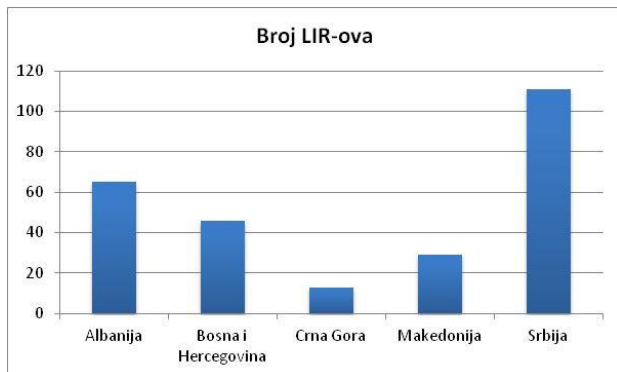
#### 2.1 LIR

Za funkcionisanje Interneta neophodni su određeni resursi, pre svega IP adrese (IPv4 i IPv6), kao i AS (autonomni sistem) brojevi. Alokacija navedenih resursa je u nadležnosti regionalnih Internet registara (eng. *Regional Internet Registries – RIR*). Za područje Evrope, Bliskog Istoka i delova centralne Azije nadležan je RIPE NCC.



Slika 1. Trend porasta Internet korisnika i porasta/smanjenja ukupne populacije

Distribucija i registracija adresnog opsega na lokalnom nivou je u nadležnosti lokalnih Internet registara (eng. *Local Internet Registry - LIR*). U 2018. godini broj LIR-ova registrovanih kod RIPE NCC je prešao broj od 20000 [3]. Na slici 2 je prikazan broj LIR-ova u državama Zapadnog Balkana.

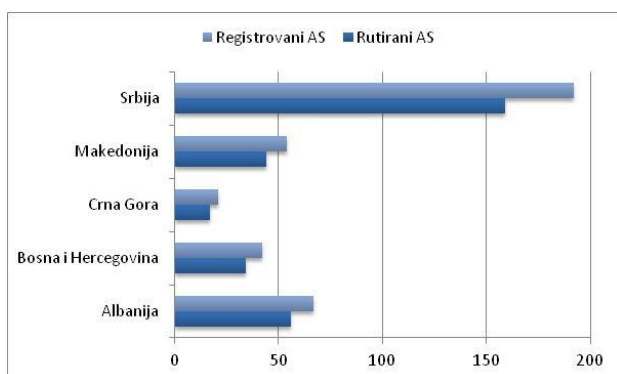


Slika 2. Broj LIR-ova

Tradicionalno, LIR-ovi su servis provajderi i telekom operatori. Međutim, u poslednje vreme primetan je porast broja korisnika koji traže IP resurse od RIPE NCC. Primarno, u pitanju su organizacije iz različitih oblasti poslovanja (biznis korisnici), a u manjoj meri državna uprava i akademske institucije.

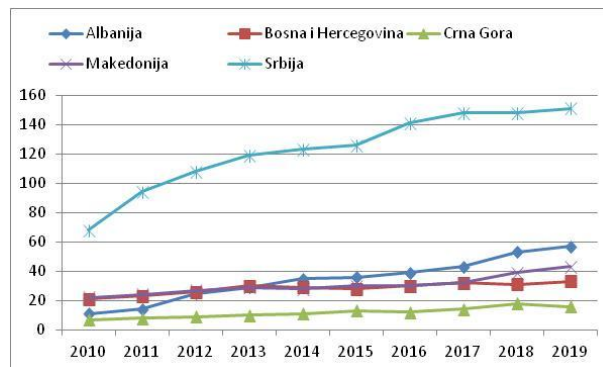
## 2.2 AUTONOMNI SISTEM

Jedan od pokazatelja razvoja Interneta može biti i porast broja autonomnih sistema (AS) u globalnoj tabeli rutiranja. Autonomni sistem se može shvatiti kao posebna mreža na Internetu. Na slici 3 dat je uporedni prikaz broja registrovanih i rutiranih (vidljivih u globalnoj tabeli rutiranja) AS-ova na osnovu podataka dostupnih u RIPEstat [4]. Procenat rutiranih AS-ova iznosi od 80% do 83%.



Slika 3. Uporedni prikaz broja registrovanih i rutiranih AS-ova

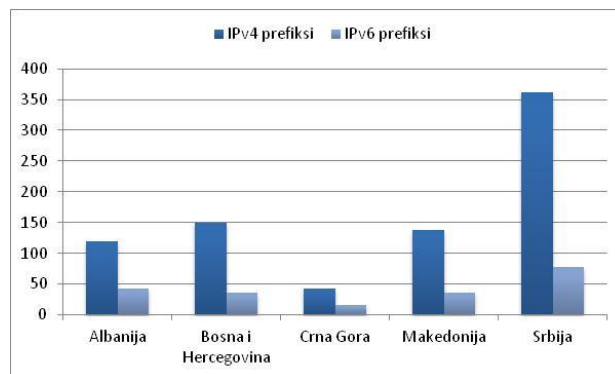
Posmatranjem broja AS-ova u državama Zapadnog Balkana može se uočiti da postoji stalan rast, koji prati opšti razvoj Interneta (slika 4).



Slika 4. Trend porasta broja AS-ova u globalnoj tabeli rutiranja

## 2.3 IP ADRESE

Nedostatak IPv4 adresa uticao je i na servis provajdere i na korisnike da više pažnje posvete procesu planiranja i implementacije IPv6 protokola u svojim mrežama. Na slici 5 su prikazani registrovani IPv4 i IPv6 prefiksi u državama Zapadnog Balkana na osnovu podataka dostupnih u RIPEstat [4] i može se uočiti da je broj IPv6 prefiksa znatno manji od IPv4 prefiksa.



Slika 5. Registrovani IPv4 i IPv6 prefiksi

Posmatranjem podataka dostupnih na APNIC (eng. *Asia Pacific Network Information Centre*) lab platformi [5] može se uočiti da procenat Internet konekcija koje podržavaju IPv6 protokol teži nuli (tabela 1). Treba naglasiti da rezultati značajno odstupaju od onih u ostalim delovima sveta, prvenstveno u Severnoj Americi i zapadnoj Evropi, gde procenat Internet konekcija koje podržavaju IPv6 iznosi u proseku od 20% do 48%.

Tabela 1: Procenat Internet konekcija koje podržavaju IPv6 protokol [5]

Država	IPv6 podrška (%)
Albanija	0
Bosna i Hercegovina	3,52
Crna Gora	0
Makedonija	0,02
Srbija	0,05

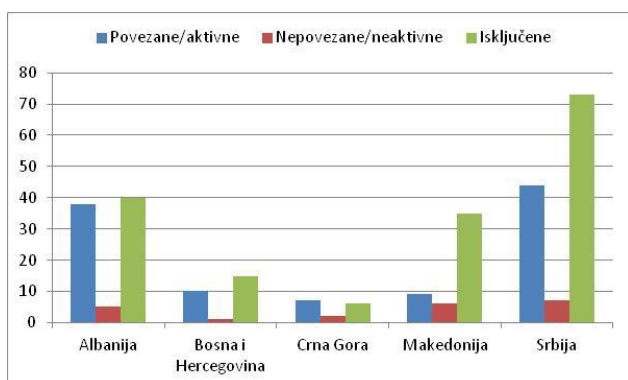
### 3. MERENJE PERFORMANSI INTERNETA

Aktivna merenja predstavljaju jedan od načina da se prate performanse Interneta u realnom vremenu. Najčešće se prate parametri kao što su brzina u *download* i *upload* smeru, RTT (eng. *Round Trip Time*), kašnjenje, *jitter* itd. Postoji izvestan broj javno dostupnih platformi i aplikacija za praćenje ovih performansi.

RIPE Atlas je primer platforme za aktivna Internet merenja i predstavlja najveću mrežu za prikupljanje Internet podataka [6]. Funkcioniše po principu prikupljanja podataka sa velikog broja proba (preko 10000) koje su pozicionirane u mrežama servis provajdera, biznis i rezidencijalnih korisnika širom sveta. U tabeli 2 je dat prikaz ukupnog broja RIPE Atlas proba, a na slici 6 detaljniji prikaz njihovih stanja. Poređenjem broja aktivnih proba i broja mreža (AS-ova) koji se nalaze u globalnoj tabeli rutiranja, može se uočiti da je broj aktivnih proba znatno manji od broja mreža koje postoje. Ovo je samo jedan od pokazatelja da bi trebalo skrenuti pažnju svim korisnicima Interneta da se aktivnije uključe u proces praćenja performansi Interneta, pošto se na taj način prikupljaju podaci koji su od velike važnosti za otklanjanje problema u funkcionisanju Interneta, kao i za planiranje budućeg razvoja Interneta.

Tabela 2: Ukupan broj RIPE Atlas proba [6]

Država	Broj RIPE Atlas proba
Albanija	83
Bosna i Hercegovina	26
Crna Gora	15
Makedonija	50
Srbija	124



Slika 6. RIPE Atlas probe

MLAB je konzorcijum istraživača, industrije i drugih partnera okupljenih sa ciljem da obezbede javno dostupnu platformu za merenje performansi Interneta [7]. S obzirom da poseduje najveći javno dostupan skup podataka o performansama Interneta, ova platforma predstavlja veoma značajan izvor informacija u procesu analize. U tabeli 3 su dati najčešće posmatrani parametri performanse Internet konekcije, sumarno za države Zapadnog Balkana.

Tabela 3: Performanse Interneta [7]

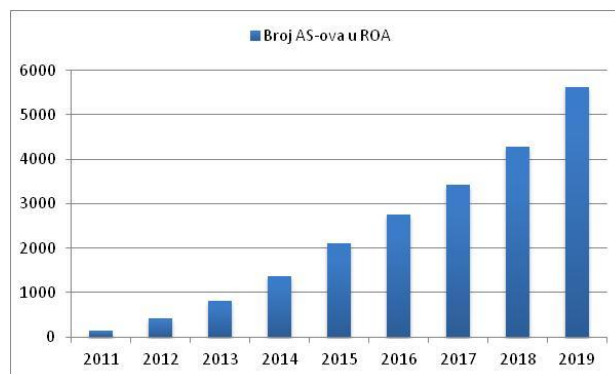
Država	Download (MB/s)		Upload (MB/s)		RTT (ms)
	Srednja vrednost	Max	Srednja vrednost	Max	Srednja vrednost
Albanija	5,3	228,4	2,2	105,8	150,74
Bosna i Hercegovina	7,8	218	1,6	66	114,44
Crna Gora	7,4	88,2	1,9	35,5	143,01
Makedonija	9,5	837,1	3,9	70,9	90,77
Srbija	14,3	799,7	2,1	569,8	93,39

### 4. VALIDACIJA MREŽNIH RESURSA

Validacija mrežnih resursa (pre svega IP adresa) na Internetu može u velikoj meri da doprinese bezbednosti i spreči pojavu neregularnih situacija. RPKI (eng. *Resource Public Key Infrastructure*) je sistem za sertifikaciju resursa u kome učestvuju svi RIR-ovi i koji koristi otvorene standarde razvijene u okviru IETF. Ovaj sistem omogućava validaciju vlasništva resursa dodeljenih od strane RIR-ova. Na osnovu tih podataka mrežni operatori imaju mogućnost validacije zapisa koji se odnose na oglašavanje prefiksa u globalnoj tabeli rutiranja.

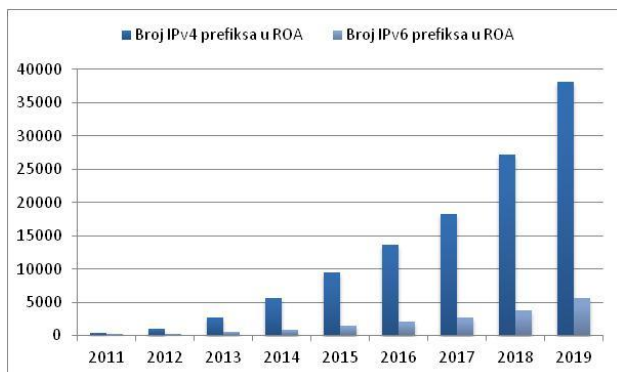
U globalnoj tabeli rutiranja postoji preko 700000 oglašanih ruta [8], a jedna od najčešćih grešaka koje se dešavaju jeste pogrešno oglašavanje IP prefiksa od strane korisnika koji nisu vlasnici tih resursa. Prvi korak u procesu validacije mrežnih resursa jeste kreiranje enkriptovanih zapisa o prefiksima koje je određeni korisnik autorizovan da oglašava. Ovi zapisi se nazivaju ROA (eng. *Route Origin Authorisation*). ROA definiše koji AS je autorizovan da oglašava određeni IP prefiks, kao i maksimalnu dužinu prefiksa koju taj AS može da oglašava. Na osnovu ovih podataka ostali mrežni operatori mogu da definišu odluke o prosleđivanju saobraćaja.

Imajući na umu da je kreiranje ROA zapisa prvi i veoma važan korak u procesu validacije mrežnih resursa na Internetu, na slikama 7 i 8 je dat prikaz broja AS-ova, kao i IPV4 i IPV6 prefiksa za koje su generisani ROA zapisi u regionu u nadležnosti RIPE NCC. Podaci su zasnovani na RIPE RPKI statističkim podacima [9].



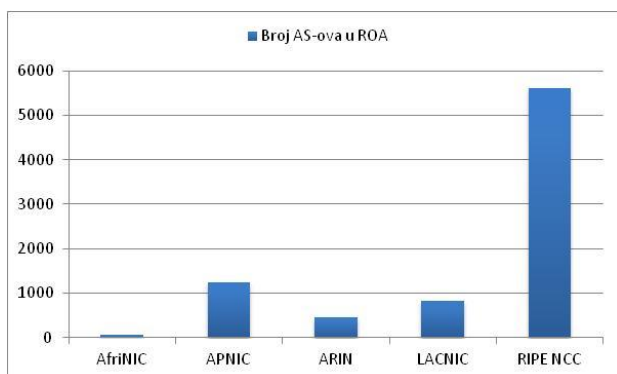
Slika 7. Broj AS-ova koji se nalaze u ROA zapisima za RIPE NCC region



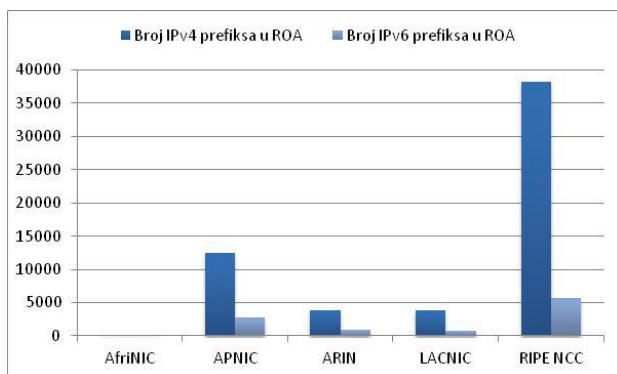


Slika 8. Broj IPv4 i IPv6 prefiksa koji se nalaze u ROA zapisima za RIPE NCC region

Poređenjem ukupnog broja mrežnih resursa (AS-ova i IP prefiksa) i broja ROA zapisa može se zaključiti da je potrebno uložiti dosta rada u cilju popularizacije RPKI sistema i implementacije validacije mrežnih resursa. Međutim, treba naglasiti da region koji se nalazi u nadležnosti RIPE NCC prednjači kada je u pitanju proces generisanja ROA zapisa u poređenju sa regionima u nadležnosti drugih RIR-ova. Na slici 9 je dat uporedni prikaz broja AS-ova, a na slici 10 prikaz broja IPv4 i IPv6 prefiksa za koje su generisani ROA zapisi u regionima u nadležnosti svih RIR-ova (AfrinIC, APNIC, ARIN, LACNIC i RIPE NCC). Podaci su zasnovani na RIPE RPKI statističkim podacima [9].



Slika 9. Broj AS-ova koji se nalaze u ROA zapisima



Slika 10. Broj IPv4 i IPv6 prefiksa koji se nalaze u ROA zapisima

Trenutno RPKI daje mogućnost validacije mrežnih resursa na izvornoj strani (eng. *origin*), međutim, ovaj sistem pruža dobru osnovu za budući razvoj u pravcu validacije celokupne putanje čime se postiže viši stepen zaštite na Internetu.

## 5. ZALJUČAK

Cilj ovog rada je da prikaže trenutnu poziciju država Zapadnog Balkana u pogledu razvoja Interneta i da ukaže na potrebu da se ovom pitanju da visok prioritet. Predstavljene su najznačajniji resursi, odnosno parametri, koji ukazuju na trend razvoja Interneta i to korišćenjem javno dostupnih podataka.

U cilju boljeg sagledavanja pozicije regiona Zapadnog Balkana potrebno je nastaviti analizu vršenjem uporedne analize u širem kontekstu (na nivou jugoistočne Evrope i Evrope u celini), a posebnu pažnju treba posvetiti analizi procesa implementacije IPv6 protokola i pitanju bezbednosti na Internetu, pa će budući pravci istraživanja biti usmereni na navedena pitanja.

## LITERATURA

- [1] ITU Statistics, <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/stat/default.aspx>
- [2] World Bank Population Data, <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL>
- [3] RIPE NCC, <https://www.ripe.net>
- [4] RIPEstat, <https://stat.ripe.net/>
- [5] APNIC LAB IPv6, <https://stats.labs.apnic.net/ipv6>
- [6] RIPE Atlas, <https://atlas.ripe.net/>
- [7] MLAB, <https://www.measurementlab.net/>
- [8] APNIC LAB, <https://labs.apnic.net/>
- [9] RIPE NCC RPKI Statistics, <http://certification-stats.ripe.net/>

# PRIMENA BI U PRAĆENJU BEZBEDNOSTI

## USE OF BI IN SECURITY MONITORING

mr Slaviša Đukanović<sup>1</sup>, Veljko Marinković<sup>1</sup>, Ivan Košanin<sup>1</sup>, Slobodan Nedeljković<sup>1</sup>,

Vojkan Nikolić<sup>1</sup>, Duško Sivčević<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ministarstvo unutrašnjih poslova Republike Srbije, Kneza Miloša 101. 11000 Beograd

**APSTRAKT** – Ministarstvu unutrašnjih poslova Republike Srbije predstavlja jednu od vodećih institucija u zemlji po pitanju bezbednosti građana. Kao podrška operativnom radu policije kreirani su sistemi baza podataka za brzo pretraživanje i pristup evidencijama koje su u nadležnosti ministarstva. Kolekcije podataka organizovne za brzo pretraživanje i pristup, kao i za direktnu podršku poslovnih procesa policijskih poslova, predstavlja veoma moćan alat za podršku policijskim službenicima u poslovima koji su vezani za bezbednost građana. U ovom radu biće opisana i prikazana primena nekih od BI (business intelligence - poslovna inteligencija) alata u Ministarstvu unutrašnjih poslova Republike Srbije za praćenje stanja bezbednosti. Poseban osvrt biće na primeni IBM BI Cognos alata u praćenju stanja bezbednosti u Republici Srbiji, kao i bezbednost građana.

**Ključne reči:** IBM Cognos BI, poslovna inteligencija, bezbednost, ArcGis

**ABSTRACT** – The Ministry of the Interior of the Republic of Serbia is one of the leading institutions in the country regarding the public safety of citizens. In order to support the operational work of the police, database systems for quick search and access to records are under the authority of the ministry. Organized data collections for quick search and access, as well as for direct support of business processes in police affairs, are a very powerful tool to support police officers in jobs related to citizen security. This paper will describe and demonstrate the implementation of some of the tools in the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Serbia for monitoring the state of public security in BI (business intelligence). Special attention will be paid to the application of IBM BI Cognos tools in monitoring the state of public security in the Republic of Serbia, as well as the safety of citizens.

**Keywords:** IBM Cognos BI, business intelligence, security, ArcGis

### 1. UVOD

IBM Cognos BI (business intelligence) je alat poslovne inteligencije koji omogućava analizu, distribuciju podataka i delovanje na osnovu obrađenih podataka, sa

ciljem donošenja pravovremenih i odgovarajućih odluka. IBM Cognos BI daje pregled stanja celokupne organizacije, pri čemu se vodi računa o dobijanju ona informacije koja je donosilacu odluke potrebna. Pored toga, omogućava da se dobiju pravovremene i kvalitetne informacije iz velike „šume“ podataka, čime se daleko više unapređuje kvalitet informisanosti unutar organizacije. Počeci rada sa IBM Cognos BI tehnologijom u okviru poslovne inteligencije datiraju još od 1969. godine, dok 2007. godine IBM korporacija kupuje kompaniju Cognos i brend Cognos BI po ceni od oko 5 milijardi američkih dolara. Danas IBM Cognos BI podržava rad više od 22.000 klijenata u više od 135 zemalja sveta. [1,2]

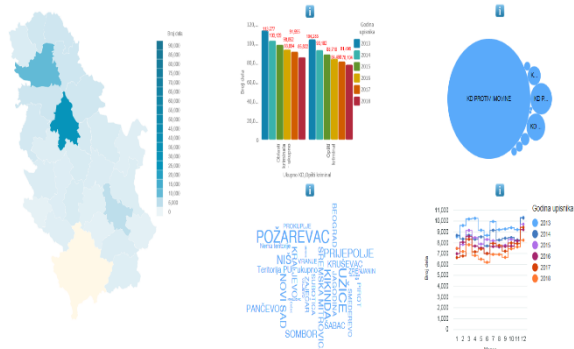
Često se prednosti BI alata objašnjavaju kroz indijsku priču u kojoj desetak slepih ljudi, svaki za sebe, opipava neki deo slona – rep, trup, kljove, noge, uši, bokove. Svako od njih misli da dodiruje različitu životinju i kad izveštavaju šta su osetili, svaki od njih opisuje vrlo različitu životinju. Zapravo se slon u njihovoj analizi nikad ne pojavljuje. IBM Cognos BI omogućava da se sagleda čitav „slon“, odnosno, da se prikupi onih preostalih 90% informacija koji nikad ne budu obrađene, ukoliko nema adekvatnog BI alata.

Potreba za analizom podataka u cilju donošenja kvalitetnih poslovnih odluka je oduvek postojala tako da je i razvoj BI alata za podršku odlučivanju zastupljen kod raznih proizvođača i njihovih proizvoda kao što su Cognos BI, Power BI, Oracle BI i drugi, a akcenat u ovom radu će biti na IBM-ovom BI alatu Cognos. [3,4]

### 2. PRIMENA IBM COGNOS BI ALATA U MINISTARSTVU UNUTRAŠNJIH POSLOVA REPUBLIKE SRBIJE

IBM Cognos BI je alat koji je u Ministarstvu unutrašnjih poslova Republike Srbije implementiran od 2013. godine. Inicijalno je korišćen za generisanje velikog broja izveštaja, a o njegovoj korisnosti govori činjenica da se ovaj alat za pravljenje analiza i izveštavanje kako na dnevnom, tako i na mesečnom i godišnjem nivou koristi ne samo u sedištu Ministarstva unutrašnjih poslova Republike Srbije, nego i u područnim policijskim upravama. Ovi izveštaji generišu podatke koji su ključni za donošenja novih odluka i generisanja novih strategija za razvoj i praćenje bezbednosti. [5]

Sa produkcijom se započelo u 2014. godini i od tada se za potrebe praćenja stanja bezbednosti u oblasti kriminala u Republici Srbiji i za područne policijske uprave generišu različiti izveštaji na mesečnom i kumulativnom nivou. [6]



**Slika 1.** Pregled stanja bezbednosti kroz aktivni izveštaj (active reports) u alatu Cognos Analytics

Danas se izrađuje preko 5000 izveštaja na dnevnom, mesečnom, kvartalnom i godišnjem nivou za interne potrebe Ministarstva unutrašnjih poslova Republike Srbije, kao i po teritoriji područnih policijskih uprava ministarstva. Pored toga, za interne i eksterne korisnike se odrađuju i ad-hoc izveštaji.

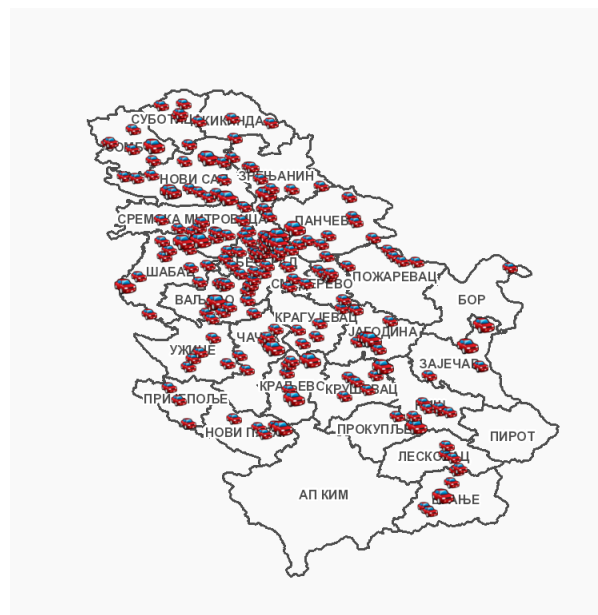
Izveštaji se pored praćenja stanja kriminala i saobraćaja, koriste i za praćenje drugih ključnih oblasti za bezbednost, poput Javnog reda i mira (JRM), akcize i drudo. Ceo poslovni process je automatizovan i standardizovan.

Od 2018. godine implementiranjem Cognosa 11 uvedene su velike novine u pogledu izrade izveštaja. Izveštaji su postali „živi“ (slika 1.): Dashbordi koji su ključni za analitičare omogućavajući im efikasni pristup obrađenim informacijama, kao i „Active reports“ koji se mogu pregledati i na smart uređajima (mobilnim telefonima ili tabletima) omogućavajući donosiocu odluke da za samo par sekundi filtrira određeni izveštaj i dobije pravovremenu informaciju od ključnog značaja za dalji tok donošenja odluke. Kreiranje ovakvih izveštaja upotrebom predefinisanih Smart vizuelizacija korisniku omogućava bolju preglednost i mogućnost filtriranja do nivoa tražene informacije.

### 3. PRIMENA IBM COGNOS 11 BI ALATA U MUP RS I INTEGRACIJA SA ARCGISOM

IBM Cognos Analytics 11 je doneo brojne novine koje se ogledaju u boljem “user-friendly” okruženju, kao i ugrađene elemente veštačke inteligencije po pitanju “ličnog” asistenta i “ukazivanja” pomoći klijentu koji ga koristi. Prethodne verzije Cognosa su radile isključivo sa tabelama iz predefinisanih baza podataka, dok ova verzija omogućava i uvoz korisničkih fajlova (xlsx, csv i slično), njihovo samostalno korišćenje, modelovanje i povezivanje sa postojećim modelima podataka.

Ministarstvo unutrašnjih poslova Republike Srbije, kao institucija od poverenja koja lične podatke o građanima čuva na pouzdan, siguran i bezbedan način, predstavlja zatvoreni sistem koji sadrži ogromnu količinu podataka koju treba pravovremeno obraditi, analizirati i prikazati kroz adekvatne izveštaje, tako da je jedna od svakako najvećih funkcionalnosti uvedena sa novom verzijom, a to je veštačka integracija sa softverima za geografsko mapiranje koja se implementira u dashboardim-a i izveštajima. Za potrebe praćenja stanja bezbednosti u oblasti kriminala i praćenja bezbednosti saobraćaja uspešno je integrisan IBM Cognos Analytics 11 i ArcGis.



**Slika 2.** Prikaz SN sa poginulim vozačima i putnicima u putničkim vozilima – integracija ArcGis i IBM Cognos Analytics

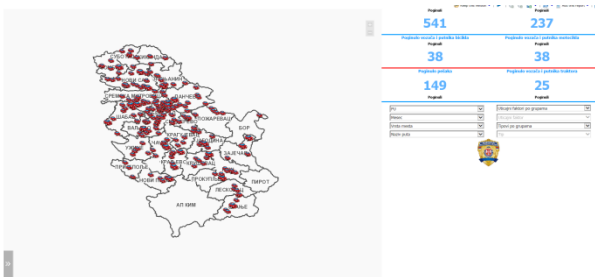
IBM Cognos Analytics u sebi već ima ugrađen servis “MapBox” koji zahteva konekciju na internet, međutim kao što smo već ranije naveli Ministarstvo unutrašnjih poslova Republike Srbije je zatvoren sistem u kome se ne dozvoljava konekcija sa internetom zbog osetljivosti podataka, te samim tim se išlo ka pronalasku drugog način za integraciju. U Ministarstvu unutrašnjih poslova Republike Srbije postoji odsek za Geografske informacione sisteme koji poseduju ArcGis servise za intranet (zatvorena mreža). Integracija je uspostavljena korišćenjem Esri Map for Cognos konektora, koji omogućava povezivanje servisa Arc Gis portala i Cognos server, koji u integraciji omogućavaju prikazavnje podataka na mapi koristeći Cognos reporting sistem.

Koristeći Esri Map designer vrši se projektovanje samog izveštaja na Cognos-u, gde se i generalno vrši “produkciona” inetgracija ova dva alata. Vrši se odabir adekvatnog prikaza i koordinatnog sistem, zatim odabir kolona koja dolaze iz baze podataka, a koja nose infomaciju o geolokaciji, odnosno, poziciji koja treba da se tačka. Nakon toga, vrši se finalno prilagođavanje,

odabir lejera, odabir ikonica, načina klasterovanja i slično.

Sve dalje aktivnosti u vezi sa integracijom su na projektantu izveštaja u reporting delu samog Cognos-a. Na projektantu je da odredi način kako će se izveštaji koristiti, mogućnost filtriranja, kreiranja više upita, kreiranja vizuelizacija, padajućih menija i slično u cilju analize pojave koja se prati. Sve to se vrši kroz "user-friendly" mogućnosti Cognos-a i ne zahteva dodatna znanja u vezi ArcGis alata i načina korišćenja istog.

Na primeru Slika 2. prikazana je karta Republike Srbije po PPU gde su pomoću vizualizacije "automobile" prikazani broj poginulih putnika i vozača koji su se nalazi u putničkom vozilu. Veličina vizualizacije automobila pokazuje da li je bilo više saobraćajnih nezgoda u toj konkretnoj tački, odnosno što je veća vizualizacija, tu je i broj pogunulih lica znatno veći, odnosno više saobraćajnih nezgoda su se dogodile u toj tački.



**Slika 3.** Prikaz izbora filteri u dashboardu pomoću promptinga.

U Cognosu na dash-boardu pomoću promptova dalje možemo filtrirati izveštaja kao što je prikazano na slici 3.



**Slika 4.** Prikaz SN sa poginuli motociklistima i biciklistama na karti Republike Srbije po PPU

Izborom unapred definisanih filtera poput uticajnog faktora ili PPU se filtriraju tačke na servisu i dobija novi prikaz na već postojećem izveštaju.

Postoji mogućnost da na izveštaju bude prikazano i više slojeva, odnosno vizualizacija.

Na slici 4. prikazano je gde su sve bile saobraćajne nezgode sa poginulim motociklistima i biciklistima.

Pored davanja upita( filtriranja) direktno na izveštaju, postoji mogućnost i obrnutog davanja upita, odnosno davanja upita na servisu, pri čemu promenom upita na servisu, dolazi i do promene na samoj vizualizaciji na izveštaju. Ova opcija se čeka tokom modelovanja izveštaja kroz Esri Designer na Cognos-u, a projektant izveštaja dalje koristeći IBM Cognos BI opcije određuje i način prikazivanja na samom izveštaju, u reporting delu.

Ovakvi izveštaji mogu pomoći donosiocu odluke da uvidi kritične tačke, koji su to faktori koji utiču na saobraćajne nezgode i pomoći mu u donošenju novih strategija i odluka.

#### 4. PREDNOSTI KORIŠĆENJA IBM COGNOS BI ALATA U MINISTARSTVU UNUTRAŠNJIH POSLOVA

Ušteda vremena, smanjenje materijalnih troškova, optimlanije olduke su neke od najvažnijih prednosti primene IBM Cognos BI alata u Ministarstvu unutrašnjih poslova Republike Srbije. Pored toga, mogu se izdvojiti i još neke od značajnih prednosti korišćenja poslovne inteligencije:

- analitički obuhvat podataka dostupan za ad-hoc analize,
- dostupnost informacija različitim kanalima i u različitim formatima,
- značajno unapređenje u transparentnosti podataka kako korisnicima unutar sistema tako i eksternim korisnicima,
- mogućnost vremenskog i prostornog ukrštanja podataka, kao i ukrštanje po nizu različitih kriterijuma,
- koristeći zero-footprint tehnologiju omogućen je rad sa alatom za sve korisnike bez ikakve potrebe za instalacijom dodatnih programa na računar korisnika (sve se radi kroz Internet Explorer),
- mogućnost dobijanja podataka do najnižih nivoa detaljnosti ili agregacije, tako da je sada moguće dobiti podatke o broju KD u određenoj ulici, o broju SN na određenom putu ili

raskrsnici, koji dodatno mogu biti ukršteni sa različitim kriterijumima, a sve cilju sagledavanja stanja bezbednosti i proaktivnog delovanja, radi smanjivanja istih pojava,

- povećana je brzina i kvalitet u odgovoru na sve veće zahteve korisnika za pravom informacijom u pravo vreme, poboljšavajući preduslove za donošenje adekvatnih odluka,
- mogućnost eksport u različite formate kao što su MS Excel, pdf... radi dalje manipulacije i obrade podataka,
- automatizovanu i istovremenu distribuciju izveštaja na e-mail adrese velikog broja korisnika ili na udaljene lokacije.

## 5. ZAKLJUČAK

Značaj poslovne inteligencije se ogleda u olakšavanju svakodnevnih poslovnih procesa, automatizacije procesa, uštedi vremena, troškova i dobijanju kvalitetnih i pravovremenih informacija za dalju analizu.

Alati za poslovnu inteligenciju daju odgovore na pitanja *Šta? Kako? Gde? Ko? Zašto?* se dogodila određena pojava i predstavljaju osnov u životnom ciklusu moderne analitičke službe ka prediktivnoj analizi koja pruža odgovore na pitanja *Šta će se dogoditi? i Kako mi da utičemo da se neka pojava (ne)dogodi?*

Neke od mogućnosti koje mogu biti implementirane, jesu veštačka inteligencija i prediktivna analitika koja bi podatke učinila još kvalitetnijim i značajnijim za donošenje odluke

Iako je rad u alatima za poslovnu inteligenciju permanentan proces, koji zahteva i pruža mogućnost kreiranja novih modela podataka ili ažuriranja postojećih, do sada nisu primenjene sve mogućnosti koje pruža jedan ovakav alat kao što je IBM Cognos BI.

## LITERATURA

[1] [www.ibm.com/products/cognos-analytics](http://www.ibm.com/products/cognos-analytics), (21.11.2018)

[2] V. Nikolić, B. Markoski, K Kuk, D. Randjelović, P. Čisar, Modelling the System of Receiving Quick Answers for e-Government Services: Study for the Crime Domain in the Republic of Serbia, (M23), Acta Polytechnica Hungarica (Accepted 2018)

[3] V. Nikolić, B. Petrevski, M. Petrevska, N. Banjac, I. Djukić Petrevska, Ekstrakcija i detekcija prirodnih jezika pomoću softverskog alata Apache Tika, DQM 2017

[4] Petar Čisar, Sanja Maravić Čisar, Dane Subošić, Predrag Đikanović, Slaviša Đukanović „OPTIMIZATION ALGORITHMS IN FUNCTION OF BINARY CHARACTER RECOGNITION“, Acta Polytechnica Hungarica, Journal of Applied Sciences Hungary, Volume 12, Issue number 7, page 77-87, ISSN 1785-8860 Budapest, October 1, 2015. IF for 2014: 0.649

[5] Slaviša Đukanović, Damir Amedovski „CRIME MAPPING AS A STAGE OF PREDICTIVE ANALYTICS“, Thematic conference proceedings of International significance, Archibald Reiss Days, vol. 3, br.1, str. 403-411, UDC:343.85(082):007:004.056(082), 343.533:004(082), 343.9(082), Beograd 10-11.03. 2016.

[6] Slaviša Đukanović, Vojkan Nikolić, Duško Sivčević, PREDIKTIVNA ANALITIKA U FUNKCIJI POVEĆANJA BEZBEDNOSTI GRAĐANA, 8th International Conference on Information Society and technology, ICIST2018, YUINFO2018, Kopaonik, 11-14. mart 2018

# Otvoreni podaci (Open data) eUprave Republike Srbije

Kokić Emilija<sup>1</sup>, Vojkan Nikolić<sup>1,2</sup>

Djukanović Slaviša<sup>1,2</sup>, Djikanović Predrag<sup>1</sup>, Markoski Branko<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Kriminalističko policijski Univerzitet, Cara Dušana 196, 11080 Zemun, Srbija

<sup>2</sup> Ministarstvo unutrašnjih poslova Republike Srbije, K.Miloša 101, 11000 Beograd

<sup>3</sup> Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin

**Sažetak:** Otvoreni podaci su veoma bitni za mnoge poslovne procese, od najmanjih stvari vezanih za neke pojedinačne i personalne situacije pa sve do podataka koji su vezani za velike poslovne i državne sisteme. Prikupljanje podataka za eUpravu je od ključnog značaja jer podaci obezbeđuju uvid u celokupnu funkcionalnost države, njen rad, na koji način, koje metode i zakone koristi, kako se razmenjuju ti podaci i kako stanovništvo dalje tumači i koristi te podatke.

Koncept otvorenih podataka podrazumeva da podaci budu uvek i svima dostupni. To što su otvoreni znači da svako može da ih koristi, za bilo koju svrhu. Na taj način, ovaj koncept prevazilazi naše pravo da znamo (princip javnosti) i daje nam pravo da odemo izvan transparentnosti. Javni podaci tako postaju lako dostupni svima kao resurs za najrazličitije inovacije. Na kraju, otvoreni podaci u svojoj široj definiciji podrazumevaju da postoji dozvola za ponovno korišćenje, obradu i redistribuciju u bilo koje svrhe. Na ovaj način otvoreni podaci postaju zajednički resurs sa širokim spektrom upotrebe, od civilne kontrole rada državnih organa, preko resursa za istraživanje i analize, do komercijalnih primena.

**Ključne reči:** Otvoreni podaci, prikupljanje podataka, razvoj aplikacije

## 1. Otvoreni podaci

Prema jednoj od definicija, otvoreni podaci su oni koji su slobodno dostupni, pristupačni, mašinski čitljivi i dostupni u otvorenim formatima:

- **Slobodno dostupni** – podaci moraju biti u javnom vlasništvu ili dostupni pod uslovima koji ne sprečavaju ponovnu upotrebu podataka. Ponovna upotreba odnosi se na mogućnost umnožavanja, distribucije, stavljanja podataka na raspolaganje trećim licima, prilagođavanje, povezivanje sa drugim podacima, integrisanje u poslovne procese, proizvode i usluge, kao i druge upotrebe u svrhe drugačije od one za koju su podaci inicijalno prikupljeni i obrađeni.

- **Pristupačni** – podaci moraju biti dostupni besplatno putem Interneta.
- **Mašinski čitljivi** – podaci moraju biti u obliku koji je pogodan za računarsku obradu, odnosno obliku koji omogućava lak pristup i manipulaciju podacima pomoću računarskih programa.
- **Dostupni u otvorenim formatima** – podaci moraju biti dostupni u formatima zapisa čija je upotreba moguća bez plaćanja naknade ili drugih ograničenja, kao i za čiju obradu je dostupan najmanje jedan alat slobodnog softvera.

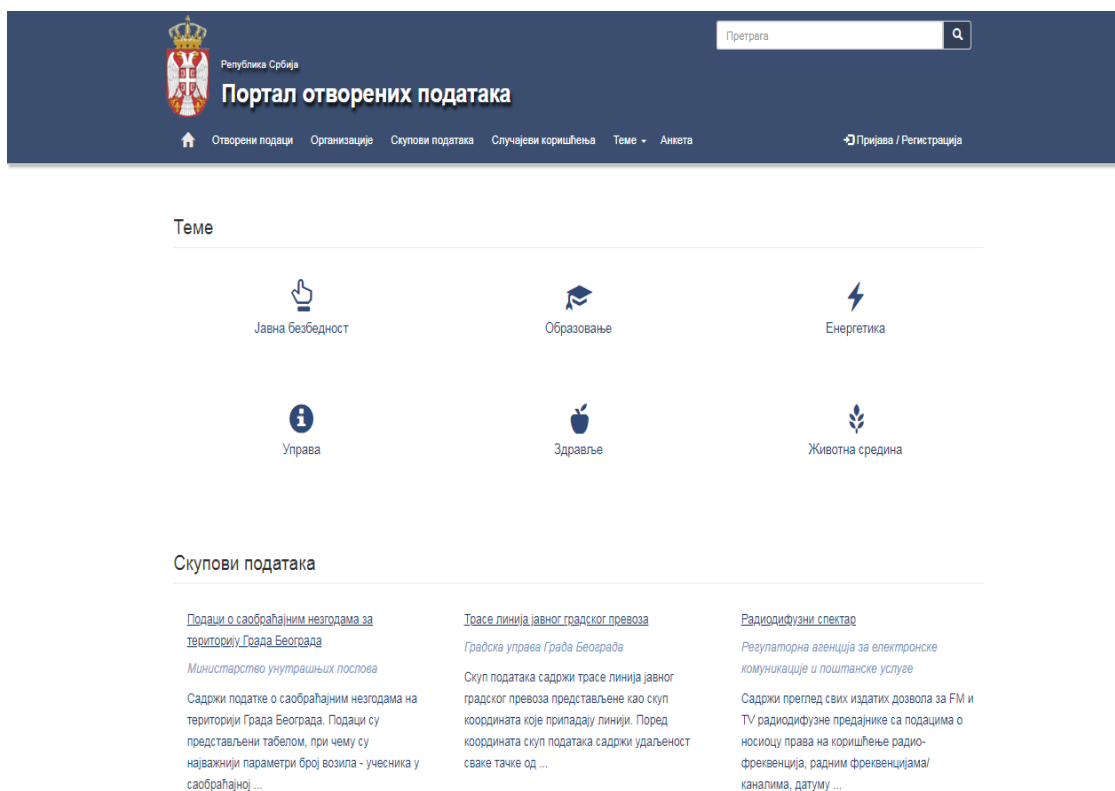
Osim navedenog, otvoreni podaci podrazumevaju **izvornost** (objavljivanje podataka u obliku u kome su prikupljeni, bez naknadnih transformacija), **kompletnost** (postojanje opisa strukture podataka, pratećih šifarnika i sl.) i **ažurnost** (koja se postiže direktnim preuzimanjem podataka iz baze u kojoj se izvorno obrađuju).

## 2. Šta i kako funkcioniše Portal otvorenih podataka

Nacionalni portal otvorenih podataka [1,2] (data.gov.rs) predstavlja mesto na kome se objavljuju informacije o skupovima otvorenih podataka, koje objavljuju državni organi Republike Srbije, što obuhvata organe državne uprave, autonomnih pokrajina i lokalnih samouprava, kao i organizacije kojima je povereno vršenje javnih ovlašćenja – npr. Vlada, ministarstva, opštine, agencije, regulatorna tela, ustanove i komunalna preduzeća i drugi.

Portal otvorenih podataka zamišljen je ne samo kao repozitorijum otvorenih podataka državnih organa, već i kao mesto interakcije sa zajednicom koja te podatke koristi. Osim mogućnosti sveobuhvatnog pretraživanja objavljenih skupova podataka, portal korisnicima nudi mogućnost praćenja aktivnosti državnih organa koji objavljuju podatke, kao i mogućnost diskusije o objavljenim podacima. Sadržaji portala dostupni su programerima putem aplikativnog programskog interfejsa (API). Takođe, portal korisnicima pruža mogućnost predstavljanja slučajeva upotrebe podataka – bilo da se radi o mobilnim ili veb-aplikacijama koje upotrebljavaju otvorene podatke, različitim vizuelizacijama, mapama ili drugim oblicima ponovne upotrebe.

njihove dostupnosti u formi otvorenih podataka (bez ugrožavanja poverljivosti ili privatnosti) oni se čine dostupnim širem krugu korisnika. Institucije time ne samo da obezbeđuju javnosti viši nivo uvida u rad državnih organa, već pružaju građanima i privredi nove mogućnosti da od podataka stvore neku novu vrednost – bilo da se radi o nekoj novoj aplikaciji, poslovnom modelu, vizuelizaciji, mapi ili istraživačkom projektu. Kroz otvaranje podataka, država podstiče razvoj kreativnog biznisa i ekonomije znanja, ali i dobija dragocene povratne informacije, koje mogu da se iskoriste za poboljšanje kvaliteta podataka, bolje razumevanje potreba korisnika, kvalitetnije formulisanje i sprovođenje javnih politika.



Slika 1: Sajt otvorenih podataka [1]

### 3. Zašto institucije otvaraju podatke?

Javne institucije sakupljaju i proizvode veliku količinu različitih podataka, a obezbeđivanjem

### 4. Ko upravlja procesom otvaranja podataka u Srbiji?

Otvaranje podataka u posedu javnih institucija radi njihove ponovne upotrebe strateško je opredeljenje Vlade Srbije, što je zapisano u Strategiji razvoja elektronske uprave u Republici Srbiji za period od 2015. do 2018. i Akcionom planu za sprovođenje

inicijative Partnerstvo za otvorenu upravu u Republici Srbiji za 2016. i 2017. godinu. Oba pomenuta dokumenta sadrže posebna poglavlja posvećena otvaranju podataka.

Značaj otvorenih podataka u Republici Srbiji prepoznat je i u ekspozou Predsednika Vlade od 28. juna 2017, u kome je, između ostalog, navedeno da će jedan od prioriteta Vlade biti podrška otvaranju podataka u posedu javnih institucija, kao i da će Vlada stvoriti podsticajni pravni okvir za otvaranje podataka i podržati državne organe na svim nivoima da otvaraju svoje podatke. [2]

Institucionalno, procesom otvaranja podataka rukovodi Kancelarija za informacione tehnologije i elektronsku upravu, koja održava nacionalni Portal otvorenih podataka i predstavlja prvi kontakt za sve institucije koje žele da objavljuju podatke.

Početkom 2016. formirana je Radna grupa za otvorene podatke, koju je do sredine 2017. činilo preko 50 članova iz 34 organizacije (21 državna institucija, osam organizacija civilnog društva, jedna akademska institucija, dve poslovne asocijacije i dve međunarodne organizacije). Radna grupa ima zadatak da planira i koordinira aktivnosti na daljem otvaranju podataka, pruža podršku institucijama koje otvaraju podatke, obezbeđuje stalnu saradnju između javne uprave i civilnog sektora, podstiče tražnju za otvorenim podacima, promovise rezultate i koristi koje donosi otvaranje podataka.

Sveobuhvatnu podršku procesu otvaranja podataka u Republici Srbiji pruža Program Ujedinjenih nacija za razvoj (UNDP), preko projekta „Otvoreni podaci - otvorene mogućnosti”. Ovaj projekat realizuje se uz podršku Svetske banke, Vlade Velike Britanije u sklopu Fonda za dobru upravu (GGF) i Švedske agencije za međunarodni razvoj i saradnju (SIDA). Projekat je započet 2015. godine, kada je izrađena Ocena spremnosti za otvaranje podataka i pružena podrška prvim institucijama koje su otvorile svoje podatke. U okviru projekta organizovano je više događaja sa ciljem promocije otvorenih podataka, podržano je uspostavljanje ovog Portala otvorenih podataka, te rad na formulisanju zakonskog okvira za otvorene podatke i funkcionisanje Radne grupe za otvorene podatke. Ovakva podrška stvaranju održivog ekosistema

otvorenih podataka u Srbiji nastaviće se tokom 2018. i 2019. godine, što će doprineti unapređenju rada institucija, boljim uslugama za građane i privrednom razvoju zemlje. [3]

Države širom sveta odavno su otkrile da otvoreni podaci podstiču privredni rast, čine javnu upravu efikasnijom i ekonomičnijom, omogućavaju kvalitetnije usluge za građane, osiguravaju transparentnost i smanjuju prostor za korupciju. Evropska unija među prvima je prepoznala značaj otvaranja podataka u posedu organa javne vlasti, pa je još 2003. godine donela Direktivu o ponovnoj upotrebi informacija javnog sektora (Directive 2003/98/EC), koja je unapređena 2013. godine (Directive 2013/37/EU).

Prvi portal otvorenih podataka uspostavile su Sjedinjene Američke Države, maja 2009, a na njemu se danas nalazi blizu 200.000 skupova otvorenih podataka. Evropska unija uspostavila je 2015. sopstveni Portal otvorenih podataka (koji automatski preuzima skupove podataka sa Portala otvorenih podataka Srbije).

Evropska komisija procenjuje da će otvaranje podataka stvoriti tržište vredno 40 milijardi evra godišnje, dok će ukupna vrednost za privredu EU dostići 200 milijardi evra. Zato se na međunarodnom nivou o podacima već duže vreme govori kao o novom resursu, a otvoreni podaci prepoznati su kao jedan od ključnih faktora za dostizanje ciljeva održivog razvoja i digitalnu transformaciju društva. O značajnom nivou političke podrške otvaranju podataka na međunarodnom nivou govori inicijativa Partnerstvo za otvorenu upravu (čija je Srbija članica od 2012), kao i Međunarodna povelja o otvorenim podacima.

## **5. Portali otvorenih podataka – mesto na kom se nalaze podaci koji se slobodno mogu koristiti**

Iako se koncept otvorenih podataka ne odnosi nužno na podatke koji dolaze od strane države i javne uprave, sam termin nastaje u okviru naučne zajednice, devedesetih, u razgovoru dva „prirodnjaka“, a praksa slobodnog deljenja podataka se takođe prvo javlja u okvirima naučne zajednice, decenijama pre toga. Ipak, kada se



govori o otvorenim podacima uglavnom se misli na otvorene podatke države i javne uprave (open government data). [4]

Podaci se prikupljaju u svim delovima državnog i javnog sistema. Tako, na primer, agencije za zaštitu životne sredine imaju podatke o kvalitet vazduha, Ministarstva unutrašnjih poslova imaju podatke o saobraćajnim nezgodama, njihove ishode, tačnu lokaciju i vreme. Postoje još informacije o visini prosečnih plata u određenim zemljama, o pravnicima, o nezaposlenost, o preduzetnicima, o kvalitetu zemljišta ili sa kojim tržištem se najbolje trguje. U opisu poslova države i javne uprave je da prikupljaju, održavaju i dele podatke sa drugim, zakonom definisanih korisnika.

## 6. Mapiranje zainteresovanih strana: ko zahteva otvorene podatke

Kako bi se pristupili postojećim akterima na sistematski način i procenili njihov interes i uticaj u oblasti otvorenih podataka usvojen je **Bergeron** model za analizu interesnih grupa. U svom modelu, Bergeron omogućuje upoređivanje nivoa uticaja svakog zainteresovanog subjekta sa stavom zainteresovanih strana predviđena promena, pri čemu se odnos stejk holdera može klasifikovati kao neobavezujući. [5] Iako je nivo posvećenosti analiziran na osnovu prisustvovanja događajima otvorenih podataka ili direktno angažovanje na otvorenim podacima o projektu, nivo uticaja pojavio se kao neposredna tema. S obzirom na to zainteresovane strane su došle iz različitih sektora i, stoga, mogle imati veći uticaj u svom sektoru, ali moguće manje uticaja na druge.

## 7. Funkcionalnost Open data eUprave Republike Srbije

Open Data eUprave Republike Srbije predstavlja mesto na kome se objavljuju informacije o skupovima otvorenih podataka, koje objavljuju državni organi Republike Srbije. Stanovništvo može da pristupi otvorenim podacima putem određenih aplikacija (veb-sajt, mobilna aplikacija i slično). Korisnici mogu da pretražuju objavljene skupove podataka kao i da diskutuju o objavljenim podacima. Da bi ovo sve mogli da koristimo

neophodno je imati serversku infrastrukturu kao i razvijene aplikacije. Infrastruktura je formirana pomoću višebrojnih Linux servera od kojih je jedan zadužen za prikaz i obradu podataka, dok su ostali zaduženi za skladištenje podataka. Ispred servera za prikaz i obradu nalazi se Apache veb-sever koji kao skriptni jezik koristi PHP i to Laravel i Apiato framework sisteme.

Serveri za skladištenje podataka koriste PostgreSQL relacionu bazu podataka. Spomenuti framework sistemi komuniciraju direktno sa bazama podataka kako bi pristupali i obrađivali te podatke. Da bi državni organi mogli da obrađuju podatke potrebno je napraviti aplikaciju koja će komunicirati sa REST Api-jem koji je napravljen korišćenjem framework sistema. Da bi stanovništvo moglo da pristupi otvorenim podacima potrebno je da uđe na veb-sajt (kad god se doda novi otvoreni podatak on je automatski prikazan na sajtu), gde se pomoću REST Api zahteva prikazuje sadržaj korisniku.

## 8. Razvoj aplikacije

Razmatrajući podatke koje se nalaze na Open data Republike Srbije, moguće je razviti aplikaciju izradu evidencije autobuskih linija i stajališta na teritoriji grada Beograda. Od otvorenih podataka mogu se koristiti:

- 1) Linije javnog gradskog prevoza - postoje informacije o svim linijama (route\_code, ime početne i krajnje stanice, dužinu trase)
- 2) Trase linija javnog gradskog prevoza - postoje koordinate (longitude i latitude) svih linija uz pomoć kojih se na mapi može nacrtati precizna trasa kojom autobus kreće (povezuje se uz pomoć route\_code)
- 3) Stajališta javnog gradskog prevoza - postoji spisak svih stajališta (koordinate longitude i latitude) za svaku liniju (povezuje se uz pomoć route\_code)

Za prikaz svih linija na mapi može se koristiti Apache web server, HTML, CSS, JavaScript i PHP za izradu veb sajta koji će prikazivati sve linije (route\_code, ime početne i krajnje stanice). Klikom

na određenu liniju ispisivali bi se detaljni podaci o odabranoj liniji i prikazala bi se Google mapa na kojoj bi linijom bila iscrtana trasa kojom linija ide. Na nacrtanoj trasi bi bila označena sva stajališta koja bi se prikazala nekom tačkom na liniji ili ikonom stajališta. Klikom na drugu liniju mogu se prvobitni podaci skloniti i prikazati novi za odabranu liniju.

## 9. Zaključak

Postojanje Open data platforme u Republici Srbiji je od velikog značaja za razvoj aplikacija, što će doprineti unapređenju rada institucija, boljim uslugama za građane i privrednom razvoju zemlje. Može se reći da su “otvoreni podaci” novi resurs, resurs podataka u cilju njihovog boljeg korišćenja.

Pored toga važno je da su podaci ponovo upotrebljivi bez ikakve ograničenosti, što znači da su oni dostupni u bilo koje vreme.

Danas, bez izuzetaka, imamo priliku da koristimo, prilagođavamo i gradimo znanje u realnom vremenu, kako bismo rešavali probleme i dolazili do novih otkrića. Najveći izazov u ostvarivanju punog potencijala interneta leži u našoj sposobnosti da unapredimo otvorene podatke kako bismo od njih svi imali koristi.

Može se zaključiti da je, bez obzira na pionirske korake navedenih državnih organa, Republika Srbija na samom početku u ovoj oblasti. Državni organi i organi lokalnih samouprava će polako sve više otvarati svoje podatke. Akademski građani i pripadnici civilnog sektora u narednom periodu imaju priliku da se uključe u razvoj aplikacija nad otvorenim podacima i time doprinesu građanima, privredi i državnim organima upotrebu velikog broja kvalitetnih servisa. Ovde je posebno važna integracija podataka koji se nalaze na Open data platformi Republike Srbije, jer se time postiže uvezivanje poslovnih procesa koji se realizuju u institucijama Republike Srbije.

## Literatura

[1] <http://data.poverenik.rs/otvoreni-podaci>

[2] <https://data.gov.rs/sr/discover/>

[3] [http://www.rs.undp.org/content/dam/serbia/Publications%20and%20reports/English/UNDP\\_SRB\\_ODRA%20ENG%20web.pdf?download](http://www.rs.undp.org/content/dam/serbia/Publications%20and%20reports/English/UNDP_SRB_ODRA%20ENG%20web.pdf?download)

[4] <http://odi.rs/otvoreni-podaci-u-drzavnim-organima/>

[5] <http://www.rs.undp.org/content/dam/serbia/Publications%20and%20reports/Englis>

# UTICAJ NOVIH TEHNOLOGIJA NA SAVREMENO UPRAVLJANJE PROJEKTIMA

## NEW TECHNOLOGIES IMPACT ON THE MODERN PROJECT MANAGEMENT

Vesna Makitan<sup>1</sup>, Miodrag Ivković<sup>2</sup>, Eleonora Brtka<sup>3</sup> and Vladimir Brtka<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup> *Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin” u Zrenjaninu*

Sadržaj – U okviru upravljanja projektima postoje i konstantno su razvijane metodologije i alati čija primena ima merljivi značaj i doprinosi uspehu projekta. Odgovarajuće metodologije upravljanja projektima se primenjuju u zavisnosti od tehnologije, zahteva i ljudi, kao dimenzija projekta. Takođe, zahvaljujući razvoju tehnologija i samo upravljanje projektima je menjano, obogaćeno i prilagođeno savremenom poslovanju. U radu je dat pregled tehnologija koje su poslednjih godina ostvarile najveći uticaj na upravljanje projektima i postavile nove izazove za rukovodioce projektima.

Abstract – Project management includes methodologies and tools that are constantly developed and their application has significant influence and contribution to the project success. Appropriate project management methodologies are applied depending on technology, requirements and people, as a project dimensions. Also, thanks to the development of technologies and project management has changed too, it has enriched and adapted to modern business. The paper presents an overview of the technologies that have had the biggest impact on project management in recent years and set new challenges for project managers.

### 1. UVOD

Činjenica je da su ljudi upravljali projektima daleko ranije od njegovih naučnih postavki zvanično ustanovljenih polovinom prošlog veka, praktično tokom celokupne istorije čovečanstva. Takođe, definisanjem naučnog koncepta omogućeno je da se prikupе dragocena iskustva stečena u praksi upravljanja projektima, kao i da se kroz njihovu primenu doprinese većoj uspešnosti budućih projekata. Kriterijumi uspeha, su od prvobitnih, da se projekat realizuje u predviđenom vremenu, obimu i troškovima, kao i da sponzor bude zadovoljan, došli do nivoa da se projektom ostvari zarada i odgovori na trenutne zahteve tržišta (korisnika). Na upravljanje projektima je, između ostalog, uticao i razvoj tehnologija.

U ovom radu se poklanja pažnja prvenstveno informacionim tehnologijama koje su uticale na upravljanje projektima u smeru nastanka novih metodologija i alata, kao i promene same njegove prirode na određeni način.

Prikazane su karakteristike upravljanja projektima od njegovih tradicionalnih formi do savremenih metodologija i koncepata u svetlu najnovijih tehnologija. Ukazano je na karakteristike projekata koje utiču na odabir odgovarajuće metodologije. Od novih tehnologija, prikazane su: *Internet of things*, *cloud computing*, veštačka inteligencija, kao i ostali trendovi, sa posebnim akcentom na njihov uticaj na savremeno upravljanje projektima.

### 2. METODOLOGIJE UPRAVLJANJA PROJEKTIMA

Početak razvoja moderne discipline o upravljanju projektima se vezuje za četrdesete godine prošlog veka (projekat razvoja atomske bombe, „Menhetn“), mada je, Henri Gant, još 1917. godine razvio gantograme – i danas veoma često korišćeni alat upravljanja projektima. [1] Ulaganja u ovoj oblasti su bila bila znatna i doprinela su razvoju njegovih metoda, metodologija, standarda, softvera i, u to vreme, **tradicionalnog pristupa metodologiji upravljanja projektima**. Ono što karakteriše tradicionalni pristup jesu:

- linearnost u realizaciji aktivnosti projekta. Jasno definisane i poznate aktivnosti projekta i njihova trajanja, mala verovatnoća odstupanja u realizaciji i postavljenim ciljevima;
- oblasti znanja (obim, troškovi, vreme, kvalitet, resursi, komunikacije, nabavke, rizik, integracija i zainteresovane strane) i grupe procesa (inicijacija, planiranje, realizacija, praćenje i kontrola i zatvaranje projekta). Prisutna je njihova povezanost i prepletenost koji utiču na to da odluka donešena u određenom momentu ima višestruke posledice na projekat u svim fazama njegovog životnog ciklusa ();
- dokumentacija projekta čiji obim zavisi od veličine projekta i može obuhvatati razne: planove, ugovore, izveštaje, zahteve za izmenama,...
- struktura upravljanja u zavisnosti od organizacione strukture preduzeća/organizacije/institucije (hijerarhijska, projektna, matična, hibridna) i određene uloge, tj. zainteresovane strane: rukovodilac

portfolia, rukovodilac projekta, projektni tim, izvršioi projektnih aktivnosti...

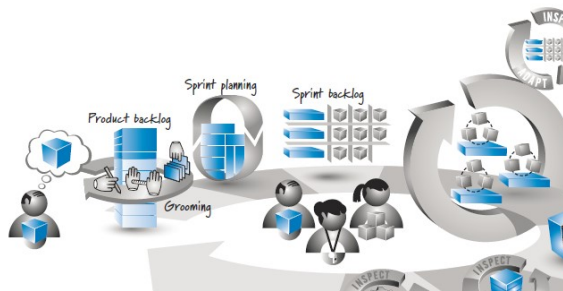
- unapred postavljene kriterijume uspeha (projekat realizovan sa predvidenim obimom, troškovima, rokovima ili zadovoljan naručilac usluge).

Projekti koji se realizuju po ovakvoj metodologiji su najčešće dugotrajni, zahtevaju angažovanje znatnih resursa (ljudskih i materijalnih) i imaju nizak stepen neodređenosti (ishod projekta je unapred poznat). Najčešće korišćeni standard tradicionalnog upravljanja projektima je PMBOK standard (Project Management Body of Knowledge [2]). Za projekte koji su drugačijih karakteristika na raspolaganju su agilne i ekstremne metodologije.

**Agilni pristup metodologiji upravljanja projektima** je nastao sa ciljem da se brzo odgovori na zahteve tržišta i potrebe korisnika za gotovim i funkcionalnim rešenjima, i najčešće se primenjuje u realizaciji softverskih projekata. [3] U slučaju ovih projekata agilne metodologije su, između ostalog, doprinele značajnom povećanju uspešnosti realizacije i boljoj merljivosti, kontroli i vidljivosti napredovanja projekta. Metodologije ove vrste su: SCRUM, feature driven development (FDD), lean software development, Agile Unified Process (AUP), Crystal, Dynamic Sistem Development Method (DSDM)... [1] Od navedenih metodologija, sve veću primenu kod nas ima Scrum. Njega karakterišu:

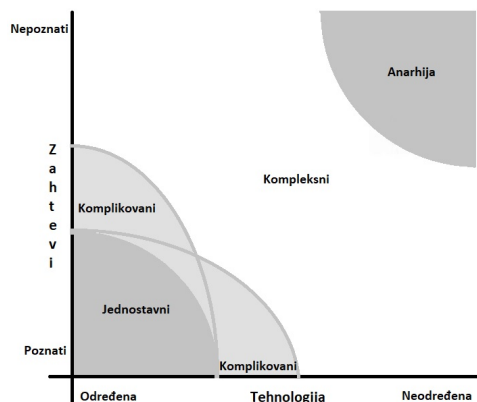
- iterativnost i inkrementna isporuka rezultata projekta;
- uloge: ScrumMaster (uloga analogna rukovodiocu projekta, s tom razlikom što postoji podrška timu i čuvanje tima na putu ostvarenja cilja pre nego nadređenost), Product owner („vlasnik“ proizvoda koji posebno vodi računa o isplativosti realizacije projekata) i Development team (razvojni tim – karakteriše ga samoorganizovanje i samostalnost u ostvarivanju ciljeva);
- empirijska kontrola procesa zasnovana na tri stuba: vidljivost (visibility), inspekcija (inspection) i adaptacija (adaptation);
- scrum aktivnosti (grooming – „prečišćavanje“, planiranje sprinta, izvršavanje sprinta, sprint preview – pregled sprinta i sprint retrospective – retrospektiva sprinta) i artefakti (product backlog – zaliha proizvoda, sprint backlog – zaliha sprinta, daily scrum – dnevni scrum, potentially shippable product increment – potencijalno isporučivo uvećanje proizvoda). Slika 1 ilustruje navedeno;
- izveštavanje o realizaciji projekta, tj. održavanje vidljivosti (izveštaji tipa: gantograma, burndown izveštaja, prikaza product backlog-a u nekom od programa za upravljanje projektima, npr. Microsoft Project, izveštaja o tehnološkom napredovanju, itd.);

- scrum pravila i definicije [4].



Slika 1. Scrum aktivnosti i artefakti [4]

Ukoliko se posmatraju tehnologija, zahtevi i ljudi kao dimenzije, slika 2 najbolje ilustruje situacije u kojima se primenjuje odgovarajuća metodologija (treća dimenzija su ljudi – realizatori projekta, koji svojim karakteristikama doprinose povećanju neizvesnosti realizacije). [4] U slučaju kada su zahtevi i tehnologija poznati, primereno je koristiti tradicionalne metodologije upravljanja projektima. Sa porastom neodređenosti tehnologija i zahteva, na raspolaganju su agilne metodologije, dok se u slučaju najvećih vrednosti ovih dimenzija preporučuje ekstremne metodologije [5].



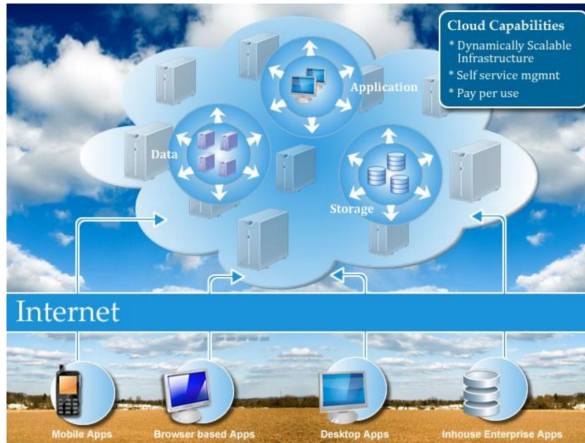
Slika 2. Kompleksnost projekata u zavisnosti od tehnologije i zahteva [4]

Kao što je rečeno, slučajevi u kojima su nepoznate tehnologije koje se koriste za realizaciju, kao i ciljevi koje je potrebno ostvariti, odnose se na projekte koji nikada ranije nisu bili realizovani, a za koje se koriste **ekstremne metodologije**. Ove metodologije imaju najmanje definisanu strukturu i najkreativnije upravljanje od svih prethodnih slučajeva. Ono što može biti poznato su iskazi o željenom stanju, bez garancija da će ono ikada biti dostignuto. Takođe, postoje alternative koje omogućavaju početak istraživanja, a ekstremne metodologije omogućavaju da se što pre utvrde i eliminišu one koje će u bliskoj budućnosti sigurno rezultovati neuspehom. [5]

Neizvesnosti u realizaciji projekata doprinosi i razvoj tehnologija, što je razmotreno u nastavku rada.



- Omogućava upotrebu softvera za upravljanje projektima sa širokim spektrom veb baziranih alata u realnom vremenu i to najnovijih verzija;
- Automatizaciju određenih procesa, pristup ogromnim resursima računarstva potrebnim za realizaciju kompleksnih projekata, mogućnost daljinskog upravljanja poslovima članova tima po potrebi, kao i tehnička podrška provajdera u *cloud*-u.



Slika 4. Koncept *cloud computing*-a [20]

Upotrebom *cloud computing*-a u upravljanju projektima se ostvaruju uštede zahvaljujući agilnosti i brzini implementacije, kao i veća kreativnost i inovativnost u ostvarivanju poslovnih ciljeva usled mogućnosti da se locira više resursa iz mase talenata koji nije postojao ranije [24, 25].

### 3.3. ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Prema jednoj od definicija [26] veštačka inteligencija (artificial intelligence) je „umetnost kreiranja mašina da obavljaju funkcije koje zahtevaju inteligenciju kada ih izvode ljudi“. S obzirom na to da definisanje veštačke inteligencije prevazilazi obim ovog rada, kao i da njena puna moć dolazi do izražaja u poslednjih nekoliko godina ukazaće se na značaj koji ona ima za upravljanje projektima.

U prvom redu je to mogućnost operisanja velikim brojem podataka, učenje na osnovu tih podataka i razvoj pametnih sistema. Moć veštačke inteligencije je iskorišćena upravo za razvoj pametnih alata koji pomažu rukovodiocima projekata. Na primer, to može biti prediktivni model koji identifikuje kritična područja projekta unapred i na taj način pomaže rukovodiocima projekta da budu spremni za reakciju na uočene probleme. Ovakav model je kreiran u saradnji sa rukovodiocima projekta, kao ekspertima iz posmatrane oblasti [27].

Takođe, primena veštačke inteligencije u upravljanju projektima znači i automatizaciju određenih upravljačkih poslova i aktivnosti. Ovo uključuje razumevanje ključnih postavki realizacije projekta i, prema tome,

automatizaciju i kompleksnijih aktivnosti, odlučivanje i preporuke, što sve ukupno nije svojstveno ljudima današnjice [28]. Predikcije koje veštačka inteligencija može obezbediti na osnovu analize podataka odnosi se na razne oblasti upravljanja projektima: planiranje, simulaciju, komunikaciju, otkrivanje grešaka, identifikaciju rizika, poslovnu analizu... [29] Samim tim, doprinosi uštedama u vremenu, novcu,...

Sve ovo je na raspolaganju savremenim rukovodiocima projekata i njihova konkurentnost će zavistiti od njihove spremnosti za prihvatanjem i primenom veštačke inteligencije.

## 4. OSTALI TRENDU U RAZVOJU UPRAVLJANJA PROJEKTIMA

Pored navedenih tehnologija postoje i drugi trendovi koje treba uzeti u obzir u savremenom upravljanju projektima. Ono čemu treba posvetiti značaj jesu netehničke i društvene veštine (soft skills), s obzirom na to da su ljudi ti koji treba da komuniciraju, pregovaraju, uče, itd. Prema nekim od predviđanja za najtraženije veštine, navode se upravo netehničke veštine [30].

U prvom delu ovog rada navedene su poznate metodologije upravljanja projektima koje se primenjuju u zavisnosti od kompleksnosti projekata. Jasno je da savremeno poslovanje traži mnogo više, briše granice i zahteva razne metode kao bi se obezbedila uspešnost. Takođe, iz navedenog se može zaključiti da je sve veći akcenat na podacima i analizi podataka i prema tome, tehnikama i alatima koji ih omogućavaju.

## 5. ZAKLJUČAK

U radu je prikazan pregled određenih tehnologija koje su, između ostalog, uticale na upravljanje projektima, kao i rezultat tog uticaja. Ukoliko se posmatra slika 2, može se očekivati da će savremeni projekti sve više biti u oblasti kompleksnog, kao i sa sve manje poznatim zahtevima/tehnologijom. Ovo će svakako uticati na to da i upravljanje projektima odgovori novim metodologijama i alatima, koji će, kao i do sada, obezbediti veću uspešnost.

## 6. LITERATURA

- [1] Kathy Schwalbe, *Information technology project management*. Revised sixth edition, Course Technology, Boston, USA, 2011.
- [2] *Project Management Body of Knowledge*. Project Management Institute, Third Edition (PMBOK Guides): Upper Darby, 2004.
- [3] Marčelja Aleksandar, Makitan Vesna i Ivković Miodrag. *Software development with Scrum – Telenor Serbia E-Business Success Story*. In Proceedings of 5th International Conference on Information Society and Technology - ICIST 2015 - Vol. 1 Serbia, Kopaonik, 9.-13. March, 2015.

- [4] Kenneth S. Rubin, *Essential Scrum: A Practical Guide to the Most Popular Agile Process*, Addison-Wesley: 2012.
- [5] Wysocki, Robert K. *Effective project management – Traditional, Agile, Extreme*. John Wiley and Sons, inc. USA, 2014.
- [6] Luigi Atzori, Antonio Iera, Giacomo Morabito. *Understanding the Internet of Things: definition, potentials, and societal role of a fast evolving paradigm*. Ad Hoc Networks, Elsevier, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.adhoc.2016.12.004>
- [7] V. Bhuvaneshwari, R Porkodi. *The Internet of Things (IoT) Applications and Communication Enabling Technology Standards: An Overview*. 2014 International Conference on Intelligent Computing Applications, DOI 10.1109/ICICA.2014.73
- [8] S. Jeschke. *The internet of things in production technology: Hetero-geneous agent systems for decentralized production paradigms*. in 6. Expertenforum. Agenten im Umfeld von Industrie 4.0, May 2014.
- [9] [Online]. Available: <http://postscapes.com/internet-of-things-history>
- [10] Recommendation ITU-T Y.2060
- [11] [https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewiLrJOjxYTiAhWF16QKHezLAViQjRx6BAgBEAU&url=https%3A%2F%2Fwww.123rf.com%2Fphoto\\_58671502\\_stock-vector-internet-of-things-iot-conceptual-background-with-workflow-of-end-to-end-supply-chain-as-vector-illu.html&psig=AOvVaw3sxvIGYrcwOckuiPKsoWXS&ust=1557150888685522](https://www.google.com/url?sa=i&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewiLrJOjxYTiAhWF16QKHezLAViQjRx6BAgBEAU&url=https%3A%2F%2Fwww.123rf.com%2Fphoto_58671502_stock-vector-internet-of-things-iot-conceptual-background-with-workflow-of-end-to-end-supply-chain-as-vector-illu.html&psig=AOvVaw3sxvIGYrcwOckuiPKsoWXS&ust=1557150888685522)
- [12] Marisa A. Sánchez. *How Internet of Things is Transforming Project Management*. In book: Smart Grid Analytics for Sustainability and Urbanization. DOI: 10.4018/978-1-5225-3996-4.ch003, 2018.
- [13] Mohamed Batrawi, Pietro Percudani. *The Impact of Internet of Things unification with Project Management Disciplines in project-based organizations*. Master thesis, Umeå School of Business and Economics, 2017.
- [14] <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2017-02-07-gartner-says-8-billion-connected-things-will-be-in-use-in-2017-up-31-percent-from-2016>
- [15] <https://us.hitachi-solutions.com/blog/ushering-new-era-iot-will-alter-project-management-landscape/>
- [16] <https://blog.workep.com/evolution-of-project-management-with-internet-of-things>
- [17] <https://www.projecttimes.com/articles/the-internet-of-things-and-the-future-of-project-management.html>
- [18] <https://pmtips.net/article/5-effects-of-iot-on-project-management>
- [19] <https://www.thbs.com/downloads/Cloud-Computing-Overview.pdf>
- [20] [https://www.tutorialspoint.com/cloud\\_computing/cloud\\_computing\\_tutorial.pdf](https://www.tutorialspoint.com/cloud_computing/cloud_computing_tutorial.pdf)
- [21] Bernardo Nicoletti, *Project Management and Cloud Computing*. PM World Today – January 2012 (Vol. XIV, Issue I), 2012.
- [22] Asava, R., Mzee, H. *Cloud Computing meets Project Management*, PM World Today – June (Vol XII, Issue VI), 2010.
- [23] Jolanta Słonic, *Use of Cloud Computing in Project Management*. Applied Mechanics and Materials 791. September 2015. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.791.49
- [24] Gartner. *Data In the Cloud: Adaptations of Data Management Technologies and Providers*, 2019. Gartner. *Cloud Computing Constituencies and Inconsistent Perspectives*, October 2009. Gartner. *Economics of the Cloud: Business Value Assessments*, April 2009.
- [25] Gartner. *Economics of the Cloud: Business Value Assessments*, Gartner, September 2009.
- [26] Russel, S. and Norvig, P. *Artificial Intelligence – A Modern Approach*. PrenticeHall, Inc., pp.5. 1995.
- [27] Annaam Butt. *Project Management through the lens of Artificial Intelligence*, Master's thesis in the Master's Program International Project Management, Department of Technology Management and Economics, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden, 2018.
- [28] <https://www.atlassian.com/blog/software-teams/3-ways-ai-will-change-project-management-better>
- [29] <https://www.ipma.world/artificial-intelligence-project-management-results-world-cafe/>
- [30] [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Future\\_of\\_Jobs.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf)
- Napomena:** ovaj rad je podržalo Ministarstvo prosvete i nauke Republike Srbije u okviru projekta TR-32044 „Razvoj softverskih alata za analizu i poboljšanje poslovnih procesa“, 2011-2014.

# MEDJUNARODNA ISKUSTVA U AKREDITACIJI INFORMACIONO-KOMUNIKACIONIH SISTEMA ZA RAD SA TAJNIM PODACIMA

## INTERNATIONAL EXPERIENCES IN ACCREDITATION OF INFORMATION-COMMUNICATION SYSTEMS FOR WORK WITH CLASSIFIED INFORMATION

dr Goran Matić<sup>1</sup>, dr Milan Miljković<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kancelarija Saveta za nacionalnu bezbednost i zaštitu tajnih podataka

<sup>2</sup>Kancelarija Saveta za nacionalnu bezbednost i zaštitu tajnih podataka

**Sadržaj** – Bezbednosna akreditacija IKT sistema je postupak kojim se osigurava usklađenost IKT sistema s merama i standardima informacione garancije, definisane propisanim, zakonskom i podzakonskom regulativom iz područja rada sa tajnim podacima i informacione bezbednosti, u svrhu ostvarivanja bezbednosnih ciljeva i potrebnog nivoa zaštite tajnosti, celovitosti i raspoloživosti tajnih podataka i pratećih usluga i resursa.

*Abstract* - Security accreditation of the ICT system is a procedure that ensures the compliance of the ICT system with the measures and standards of information assurance, defined by the laws and by-laws in the field of work with classified information and information security, in order to achieve the security objectives and the necessary level of protection of the secrecy, integrity and availability of secret data and related services and resources.

### 1. UVOD

U Strategiji razvoja informacione bezbednosti u Republici Srbiji za period od 2017. do 2020. godine, u okviru prioritetnih oblasti razvoja, određeno je nekoliko strateških ciljeva, između ostalih i bezbednost tajnih podataka u IKT sistemima [1].

U oblasti informacione bezbednosti, zaštita tajnih podataka u IKT sistemima predstavlja posebni bezbednosni izazov, imajući u vidu da najsofisticiraniji oblici visokotehnoloških napada, uključujući špijunažu, predstavljaju upravo napad na sadržaje tajnih podataka. Neovlašćeni pristup tajnim podacima i njihova krađa iz IKT sistema državnih institucija, javnih i privatnih preduzeća, kao i napadi na IKT infrastrukturu od vitalnog značaja za funkcionisanje države predstavljaju jedan od najtežih oblika napada na IKT sistem.

S tim u vezi, od prioritetnog značaja za informacionu bezbednost državnih organa u Republici Srbiji upravo je unapređivanje bezbednosti tajnih podataka u IKT sistemima i uspostavljanje jedinstvenog sistema i postupka akreditacije IKT sistema za rad sa tajnim podacima. U cilju formiranja potrebnog koncepta u Republici Srbiji, treba osvrnuti na pozitivna pravna aktra Evropske unije i iskustva iz regiona iz te oblasti.

### 2. ISKUSTVA EU U PROCESU BEZBEDNOSNE AKREDIACIJE IKT SISTEMA ZA RAD SA TAJNIM PODACIMA

U Evropskoj uniji, sa tajnim podacima u IKT sistemima se postupa u skladu sa konceptom informacione bezbednosti i informacione garancije.

Informaciona garancija (IA) u području rada sa tajnim podacima u komunikaciono informacionih sistema (IKT) sistema je u stvari poverenje i garancija da će takvi sistemi štiti podatke koje obrađuju i da će funkcionisati onako kako trebaju, kada trebaju i pod kontrolom zakonom nadležnih organa. Informaciona garancija obezbeđuje odgovarajući nivo tajnosti podataka, njegovu celovitost, dostupnost i autentičnost. Informaciona garancija se temelji na procesu upravljanja rizicima [2].

Treba podsetiti da komunikaciono informacioni sistem sistem za rad sa tajnim podacima predstavlja svaki sistem koji omogućava zakonsko postupanje sa tajnim podacima u elektroničkom obliku. IKT sistem za rad sa tajnim podacima obuhvata sva sredstva potrebna za njegov rad, uključujući infrastrukturu, organizaciju, osoblje i informacione resurse.

Svaki komunikaciono informacioni sistem (IKT) da bi radio sa tajnim podacima mora proći proces akreditacije. Cilj akreditacije je dobijanje potvrde da su sve odgovarajuće bezbednosne mere sprovedene i da je ostvarena dostatna zaštita tajnih podataka EU u IKT sistemima u skladu sa odgovarajućim odlukama i direktivama u Evropskoj uniji [3].

U državama članicama EU utvrđuju se određene funkcije Informacione garancije (information assurance – IA). Navedene funkcije ne zahtevaju da za svaku funkciju u državnoj administraciji postoji poseban subjekat, tako da se navedene funkcije i njihove pripadajuće odgovornosti mogu kombinovati ili integrisati u isti organizacioni subjekat ili podeliti na različite organizacione subjekte, uz uslov da se sreći pojava unutrašnjih sukoba interesa.

U cilju uspostavljanja jedinstvenog sistema za akreditaciju IKT sistema za rad sa tajnim podacima, države članice EU uspostavljaju sledeće funkcije (organe i tela) informacione bezbednosti:



a) **Telo za informacionu bezbednost (Information Assurance Authority – IAA)** je, izmedju ostalog, odgovorno za:

- razvoj bezbednosnih politika i bezbednosnih smernica za IA, kao i praćenje njihove primene i kvaliteta; i
- osiguravanje da mere IA odabrane za zaštitu tajnih podataka EU udovoljavaju merodavnim politikama kojima se uređuje njihova prihvatljivost i odabir; i
- koordinaciju obuke i podizanja svesti o IA.

b) **Telo za TEMPEST zaštitu (TEMPEST Authority - TA)** odgovorno je za

- osiguravanje usklađenosti IKT sistema sa politikama i smernicama za TEMPEST zaštitu, i
- ono odobrava mere TEMPEST zaštite za instalacije i proizvode za zaštitu tajnih podataka EU-a do određenog stepena tajnosti u njihovom operativnom okruženju.

c) **Telo za odobravanje kriptomaterijala (Crypto Approval Authority - CAA)** je odgovorno je za:

- osiguravanje usklađenosti kriptografskih proizvoda s nacionalnom kriptografskom politikom ili kriptografskom politikom Saveta EU.
- ono daje odobrenja za kriptografske proizvode za zaštitu tajnih podataka EU-a do određenog stepena tajnosti u njihovom operativnom okruženju, i
- u pogledu država članica EU, ovo telo je dodatno odgovorno za ocenjivanje kriptografskih proizvoda.

d) **Telo za distribuciju kriptomaterijala (Crypto Distribution Authority - CDA)** je odgovorno je za:

- upravljanje kriptomaterijalom EU-a i vođenje evidencije o njemu;
- osiguravanje primene odgovarajućih postupaka i uspostavljanja kanala za vođenje evidencije o celokupnom kriptomaterijalu EU-a, bezbedno postupanje s njime, njegovo čuvanje i distribuciju; i
- osiguravanje prenosa kriptomaterijala EU-a pojedincima ili službama koje ih koriste ili od njih.

e) **Telo za bezbednosnu akreditaciju (Security Accreditation Authority - SAA)** je odgovorno za:

- osiguravanje usklađenosti IKT sistema s merodavnim bezbednosnim politikama i bezbednosnim smernicama,
- davanje izjave o odobrenju za IKT za postupanje s tajnim podacima EU-a do određenog stepena tajnosti u njihovu operativnom okruženju,
- navođenje odredaba i uslova akreditacije i kriterijuma prema kojima je potrebno ponovno odobrenje;
- utvrđivanje procesa akreditacije u skladu s merodavnim politikama i jasno navođenje uslova odobrenja za IKT pod njegovom nadležnošću;
- određivanje strategije za bezbednosnu akreditaciju u kojoj se navodi stepen podrobnosti za proces akreditacije srazmeran potrebnom nivou bezbednosti;
- ispitivanje i odobravanje dokumentacije povezane sa bezbednošću, uključujući izjave o upravljanju rizicima i preostalim riziku, izjave o bezbednosnim zahtevima za specifični sistem, dokumentaciju o proveru kontrole bezbednosti i bezbednosno-operativnih postupaka, i osiguravanje njegove usklađenosti sa bezbednosnim propisima i politikama Saveta EU;
- proveru primene bezbednosnih mera povezanih sa IKT kroz preduzimanje ili sponzoriranje bezbednosnih procena, inspekcija ili pregleda;

- određivanje bezbednosnih zahteva (npr. nivo bezbednosne provere za osobe) za osetljive položaje povezane s IKT-om;

- podsticanje odabira odobrenih kriptografskih i TEMPEST proizvoda koji se koriste za zaštitu IKT-a;
- odobravanje, ili prema potrebi, učestvovanje u zajedničkom odobravanju međusobnog povezivanja IKT-a s drugim IKT-om; i
- savetovanje s provajderom sistema, bezbednosnim činocima i predstavnicima korisnika u pogledu upravljanja bezbednosnim rizicima, a posebno s preostalim rizikom, kao i odredbama i uslovima izjave o odobrenju.

f) **Operativno telo za informacionu bezbednost (IA Operational Authority )** je odgovorno za:

- izradu bezbednosne dokumentacije u skladu sa bezbednosnim politikama i bezbednosnim smernicama, a posebno:
- izjavu o bezbednosnim zahtevima za specifični sistem,
- uključujući izjavu o preostalim riziku,
- izjavu o bezbednosnim zahtevima za specifični sistem
- dokumentaciju o proveru primene bezbednosti i bezbednosno-operativnih postupaka,
- plan kriptomaterijala u okviru procesa akreditacije IKT;
- učestvovanje u odabiru i ispitivanju tehničkih bezbednosnih mera za specifični sistem, uređaja i softvera radi nadzora njihove primene i osiguravanja njihove bezbednosne instalacije, konfiguracije i održavanja u skladu s odgovarajućom bezbednosnom dokumentacijom;
- učestvovanje u odabiru bezbednosnih TEMPEST mera i uređaja ako se zahteva u izjavi o bezbednosnim zahtevima za specifični sistem i osiguravanje njihove bezbedne instalacije i održavanja u suradnji s TA-om;
- praćenje primene i primenu bezbednosno-operativnih postupaka i, prema potrebi, delegiranje bezbednosno-operativnih odgovornosti na vlasnika sistema;
- upravljanje i postupanje s kriptografskim proizvodima, osiguravanje čuvanja kriptomaterijala i kontroliranih predmeta kao i, prema potrebi, osiguravanje stvaranja kriptografskih varijabli;
- pregledavanje i ispitivanje bezbednosnih analiza, a posebno za izradu odgovarajućih izvještaja o rizicima u skladu sa zahtevima Stela za akreditaciju (SAA);
- osiguravanje obuke o informacionoj bezbednosti za specifični IKT; i
- primenu i upravljanje bezbednosnim merama za specifični IKT.

#### **4. POSTUPAK BEZBEDNOSNE AKREDITACIJE IKT SISTEMA ZA RAD SA TAJNIM PODACIMA**

Bezbednosna akreditacija IKT sistema je postupak kojim se osigurava usklađenost IKT sistema s merama i standardima informacione bezbednosti i informacione garancije, definisane propisanim zakonskom i podzakonskom regulativom iz područja rada sa tajnim podacima i informacione bezbednosti, u svrhu ostvarivanja bezbednosnih ciljeva i potrebnog nivoa zaštite tajnosti, celovitosti i raspoloživosti tajnih podataka i pratećih usluga i resursa. Ovim se postupkom utvrđuje

se da li je dostignut potrebni nivo zaštite, kako se navedeni nivo zaštite održava, kao i osposobljenost tela nadležnoga za upravljanje bezbednošću IKT sistema za koji se bezbednosna akreditacija sprovodi [4].

Bezbednosnu akreditaciju nacionalnih IKT sistema sprovode nacionalni bezbednosni organi (National Security Authority - NSA), koji u najvećem broju slučajeva obavljaju i funkciju TELA za akreditaciju (Security Accreditation Authority - SAA). U koliko NSA, odnosno SAA organ nema razvijene kapacitete za TEMPEST i kripto sertifikaciju, ono akreditaciju sprovodi u saradnji sa drugim nacionalnim telom koje je dobilo nadležnost TA, CAA, CDA, i IAA tela.

Bezbednosna akreditacija IKT sistema osigurava usklađenost s propisanim merama i standardima informacione bezbednosti i zaštite tajnih podataka, zbog čega **tela i pravne osobe utvrđuju Bezbednosne ciljeve i potrebni nivo zaštite tajnih podataka**, kao i pratećih usluga i resursa.

Osnov bezbednosne akreditacije IKT sistema čine:

- a. Revizija procene bezbednosnog rizika IKT sistema za rad sa tajnim podacima,
- b. Procena bezbednosne dokumentacije,
- c. Provera i utvrđivanje primene bezbednosnih mera i njihovog održavanja, i
- d. utvrđivanje preostalog rizika i provera upravljanja bezbednosnim rizikom.

Državni organ, organ državne uprave, organ jedinice lokalne samouprave i drugo pravno lice kojem je povereno vršenje javnih ovlašćenja, kao i pravno i fizičko lice koje u vršenju zakonom utvrđenih poslova, odnosno izvršavanju ugovorenog posla koristi tajne podatke, a koji planiraju da koriste komunikaciono-informacione sisteme i procese za tajne podatke, dužni su da od SAA tela pribave Sertifikat za komunikaciono-informacione sisteme i procese.

Uz zahtev za certifikovanje komunikaciono-informacionog sistema i procesa za tajne podatke (u daljem tekstu: sistem) organ, odnosno pravno ili fizičko lice prilaže Procenu mogućeg ugrožavanja bezbednosti tajnih podataka od upada u sistem i upotrebe i uništavanja tajnih podataka koji su obrađeni i čuvani u sistemu, tj. **Procena rizika bezbednosti sistema (report of risk assesment proces)**. Procena rizika bezbednosti sistema odnosi se na utvrđivanje rizika, procenu rizika koji se ne mogu izbeći, procenu ranjivosti sistema, pretnje i moguće posledice realizacije pojedinih pretnji, uključujući i rizike u vezi sa okruženjem u kojem se sistem koristi. Procena rizika bezbednosti sistema vrši se periodično, u skladu sa postupcima za procenu rizika predviđenim planom za procenu rizika sistema [5].

Treba naglasiti da je u Uredbi o posebnim merama zaštite tajnih podataka u informaciono-telekomunikacionim sistemima, "Službeni glasnik RS", broj 53/2011, navedeno da se Procena rizika bezbednosti sistema vrši se

za sistem u kome se obrađuju, prenose i čuvaju tajni podaci stepena tajnosti "DRŽAVNA TAJNA", "STROGO POVERLjIVO" i "POVERLjIVO"[6].

Prema normativnim aktima susednih zemalja i R Srbije, za sistem u kome se obrađuju tajni podaci koji su označeni stepenom tajnosti "INTERNO", nije potrebno da se sprovodi sertifikacija, već organ javne vlasti, odnosno pravno lice obezbeđuje održavanje odgovarajućeg nivoa bezbednosti tajnih podataka (poverljivosti, celovitosti, autentičnosti ili dostupnosti), u skladu sa propisima kojima se uređuje informaciona bezbednost. Normativa i Mađarskoj, Poljskoj i Češkoj na sličan način reguliše ovo pitanje. U ovim zemljama, za IKT sisteme koji obrađuju tajne podatke svih stepena tajnosti sprovodi se proces akreditacije, stimo što je akreditacija za sistem koji obrađuje podatke stepena "INTERNO" manje formalna i zasnovana je na dokumentaciji koju je odobrio rukovodeće lice tela ili pravne osobe i koju je potom verifikovao SSA telo nacionalnog NSA organa [7].

Ako telo SAA utvrdi da je procena rizika bezbednosti sistema sačinjena u skladu sa merama zaštite tajnih podataka u sistemu, organ, odnosno pravno ili fizičko lice iz člana 1 ove uredbe prilaže i: - **izjavu o bezbednosnim potrebama sistema (system-specific security requirement statements – SSRS)** i - bezbednosne procedure za prijem, obradu, prenos, čuvanje i arhiviranje tajnih podataka u elektronskoj formi, tj **Operativne procedure za bezbednost sistema (security operating procedures – SecOPs)**.

Telo ili pravna osoba, koja je vlasnik IKT sistema za koji želi sprovesti bezbednosnu akreditaciju, podnosi **Zahtev nadležnom telu (SAA) za bezbednosnu akreditaciju**.

Nakon primanja Zahteva održava se **inicijalni sastanak** predstavnika tela ili pravne osobe i predstavnika SAA organa, na kojem se utvrđuje značaj informacionog, na osnovu kojeg SAA organ utvrđuje **Strategiju bezbednosne akreditacije IKT sistema**.

U Strategiji bezbednosne akreditacije IKT sistema utvrđuje se struktuisani postupak bezbednosne akreditacije sa sledom glavnih aktivnosti koje je potrebno preduzeti, određuju se odgovorne osobe tela ili pravne osobe za sprovođenje bezbednosne akreditacije, njihove dužnosti, određuju se dokumenti iz bezbednosne dokumentacije koje je potrebno izraditi i koja su tela zadužena za njihovu izradu, kao i dinamika za realizaciju pojedinih aktivnosti. Na osnovu Strategije bezbednosne akreditacije, telo ili pravna osoba, **vlasnik IKT sistema**, uz koordinaciju sa SAA i IAA telom, sprovodi mere informacione bezbednosti i zaštite tajnih podataka na IKT sistemu i **izrađuje bezbednosnu dokumentaciju IKT sistema**.

Koordinaciju s telom ili pravnom osobom, SAA i IAA telo sprovode uz konzultacije sa nadležnim licem za informacionu bezbednost u telu ili pravnoj osobi, osobama nadležnima za projektovanje i operativni rad IKT sistema, osobama nadležnima za poslovni proces tela

ili pravne osobe kao i osobama nadležnima za pojedine skupove podataka koji se koriste na IKT sistemu, u područjima:

- primene standarda bezbednosti IKT sistema,
- kriptografske bezbednosti, i
- zaštite od neželjenog elektromagnetskoga zračenja (TEMPEST)

Kada se govori o kriptografskoj bezbednosti tajnih podataka, jasno je da se tajni podaci svih stepena tajnosti štite odgovarajućim nivoom primene mera kriptozastite. U slučaju TEMPEST zaštite tajnih podataka, svi delovi sistema koji se koriste za obradu tajnih podataka stepena tajnosti "DRŽAVNA TAJNA", "STROGO POVERLJIVO" ili "POVERLJIVO" moraju biti zaštićeni od kompromitujućeg elektromagnetnog zračenja, primenom tehničkih, odnosno operativnih mera za zaštitu od uticaja tog zračenja, u skladu s procenom rizika od kompromitujućeg elektromagnetnog zračenja.

Na osnovu **Procene bezbednosne dokumentacije i provere primene mera i standarda informacione bezbednosti na IKT sistemu**, telo SAA izdaje:

- **Sertifikat** bezbednosne akreditacije IKT sistema ili,
- donosi **Odluku** o izdavanju privremenog odnosno ograničenog odobrenja za korištenje IKT sistema.

Iskustvo iz EU, kao i iz regiona je da se Sertifikat izdaje na period od tri godine, ako su mere in formacione bezbednosti i zaštite tajnih podataka potpuno i adekvatno sprovedene.

Ako SAA telo za akreditaciju utvrdi da mere zaštite nisu sprovedene u skladu nadležnom normativom i standardima, odbija se zahtev za sertifikovanje sistema.

Izuzetno, Telo za akreditaciju može da izda privremeni sertifikat za sistem, ako se u postupku sertifikovanja sistema utvrdi da sistem ispunjava minimalne bezbednosne uslove, koji važi do ispunjenja svih uslova, a najduže šest meseci od privremenog sertifikata izdavanja.

Takodje, treba potsetriti da se podrazumeva da osobe koje upravljaju IKT sistemom, kao i osobe koje digitalno obrađuju tajne podatke moraju da poseduju personalni bezbednosni sertifikat. U vezi sa tim treba naglasiti da zemlje članice NATO i EU, zahtevaju da administratori IKT sistema imaju personalni bezbednosni sertifikat VIŠI od IKT sistema i informacija koji se u njemu obrađuju, ako je u pitanju IKT sistem u kome se obrađuju NATO i EU tajni podaci. Kada su u pitanju IKT sistemi za obradu nacionalnih tajnih podataka, traži se da administratori imaju isti stepen peronalnog bezbednosnog serifikata kao i informacije koje se obrađuju u tom IKT sistemu.

## 5. POST AKREDITACIONE AKTIVNOSTI

Na IKT sistemu za koji je izdat Sertifikat ili Odluka o izdavanju privremenog odobrenja za korištenje sprovede se sledeće postakreditacione aktivnosti:

- provera primene mjera i standarda informacione bezbednosti i informacione garancije, i

- bezbednosna reakreditacija.

Provera primjene mera i standarda informacione bezbednosti i informacione garancije na sustemu za koji je izdat Sertifikat ili Odluka o izdavanju privremenog odobrenja za korištenje sprovodi se nakon isteka roka u kojem se moraju otkloniti nedostaci na IKT sistemu, u skladu sa ropisanim korektivnim merama i preporukama ili nakon događaja ili promena na IKT sistemu koji zahtevaju dopunu procene bezbednosnog rizika, ali koje svojim opsegom ne zahtevaju bezbednosnu reakreditaciju IKT sistema.

Zahtjev za sprovođenje bezbednosne reakreditacije IKT sistema za koji je izdat Sertifikat ili Odluka o izdavanju privremenog odobrenja za korištenje, podnosi se:

- zbog isteka važenja Sertifikata ili Odluke o izdavanju privremenog odobrenja za korištenje,
- zbog značajnih promena na IKT sistemu za koji je izdat Sertifikat ili Odluka o izdavanju privremenog odobrenja za korištenje.

Postupak bezbednosne reakreditacije sprovodi se nakon podnošenja Zahteva za sprovođenja bezbednosne reakreditacije, koji je, u praksi najčešće isti kao i postupak za bezbednosnu akreditaciju.

## 6. INSTITUCIONALNA ISKUSTVA IZ REGIONA

U Crnoj Gori, telo nadležno za sertifikaciju IKT sistema za rad sa tajnim podacima je Direkcija za zaštitu tajnih podataka, koja je i nacionalni bezbednosni organ [8]. Slična situacija je i u Makedoniji, gde sertifikaciju sprovodi Direkcija za bezbednost klasificiranih informacija, koja je nezavisno telo u državnom aparatu Makedonije. U Hrvatskoj, Zavod za sigurnost informacijskih sistema obavlja poslove bezbednosne akreditacije u saradnji s Uredom Vijeća za nacionalnu sigurnost, koji je nacionalni bezbednosni organ u toj zemlji [9].

U Sloveniji, telo ta akreditaciju, koje izadaje potvrdu o ispunjenosti zahteva IKT sistema za rad sa tajnim podacima je Ured Vlade R Slovenije za varovanje tajnih podatkov, tj slovenački NSA organ. Pored ovog tela, u Sloveniji funkcioniše i Komisija za informacijsku sigurnost, koja izdaje odobrenja o tome koja rešenja za TEMPEST i kriptozastitu se mogu koristiti za zaštitu tajnih podataka [10]. U Mađarskoj, nacionalni bezbednosni organ, obavlja ujedno i funkciju tela za akreditaciju (SAA), tela za kriptu bezbednost (CAA) i tela za TEMPEST bezbednost (TA) [11].

## 7. ZAKLJUČAK

Informatizacija poslovnih procesa učinila je da se podaci kreiraju, obrađuju i čuvaju u elektronskoj formi i zbog potrebe za efikasnom razmenom podataka, sve više se prenose kroz sajber prostor. Da bi se obezbedila adekvatna zaštita i podigao nivo kulture postupanja sa tajnim podacima u elektronskoj formi, potrebno je jačati nacionalne kapacitete potrebne za sprovođenje

komunikaciono-informacionih sistema i procesa u kojima se koriste tajni podaci i obezbediti adekvatan sistem menadžmenta bezbednošću informacija u sistemima u kojima se koriste tajni podaci.

Jačanje informatičkih kapaciteta državnog organa nadležnog za sprovođenje bezbednosne akreditacije komunikaciono-informacionih sistema i procesa u kojima se koriste tajni podaci (SAA – engl. Security Accreditation Authority) je veoma važan korak u tom smeru.

Nacionalni normativni okvir za akreditaciju IKT sistema za rad sa tajnim podacima u ovim sistemima, u R Srbiji, u ovom trenutku predstavlja Zakon o tajnosti podataka [12], Zakon o informacionoj bezbednosti [13] i Uredba o posebnim merama zaštite tajnih podataka u informaciono-telekomunikacionim sistemima,

Zakonom o tajnosti podataka, i na osnovu tog zakona donetim podzakonskim aktima, uspostavljen je osnov normativnog okvira za rad sa tajnim podacima, uključujući i pitanja tajnih podataka koji se obrađuju u informaciono-komunikacionim sistemima, kao i nadležnosti Kancelarije Saveta za nacionalnu bezbednost i zaštitu tajnih podataka u ovoj oblasti. Zakonom o informacionoj bezbednosti, navedeno je ministarstvo nadležno za poslove odbrane nadležno za poslove informacione bezbednosti koji se odnose na odobravanje kriptografskih proizvoda, distribuciju kriptomaterijala i zaštitu od kompromitujućeg elektromagnetnog zračenja i poslove i zadatke u skladu sa zakonom i propisima donetim na osnovu zakona, tj. da ovo ministarstvo treba sprovesti TEMPEST i kripto akreditaciju (TA, CAA i CDA telo za akreditaciju).

Predstojeća izmena Zakona o tajnosti podataka treba da zakonski definiše koji će organ u Republici Srbiji obavljati funkciju SAA organa za bezbednosnu akreditaciju IKT sistema za rad sa tajnim podacima, kao i proces bezbednosne akreditacije IKT sistema za rad sa tajnim podacima. S tim u vezi treba podsetiti da je Strategijom razvoja informacione bezbednosti R Srbije navedeno da bi tu funkciju trebalo da vrši Kancelarija Saveta za nacionalnu bezbednost i zaštitu tajnih podataka.

Po određivanju nadležnog organa, potrebno je pokrenuti proceduru za unapređenje propisa neophodnih za sprovođenje Sertifikacije komunikaciono-informacionih sistema i procesa, zbog čega je predhodno potrebno formirati međuresorne radne grupe za nadogradnju navedenih propisa, u skladu sa odgovarajućim direktivama Evropske unije.

## LITERATURA

[1] Strategiji razvoja informacione bezbednosti u Republici Srbiji za period od 2017. do 2020. godine "Službeni glasnik RS", broj 53 od 30. maja 2017. godine, <http://otvorenavlada.rs/strategija-razvoja-informacione-bezbednosti055-lat-doc-2/>

[2] Informaciona garancija (Information Assurance (IA) se odnosi na korake kojise primenjuju za zaštitu informacionih sistema. Obično postoji pet pojmova se povezuju sa definicijom informacione garancija: integritet, dostupnost, autentičnost, poverljivost, neporecivost. Izvor: Bezbednosni komitet Generalnog Sekretarijata Saveta Evrope.

<http://www.consilium.europa.eu/en/general-secretariat/corporate-policies/classified-information/information-assurance/>

[3] Council Decision of 23 September 2013 on the security rules for protecting EU classified information (2013/488/EU).

<https://www.consilium.europa.eu/en/general-secretariat/corporate-policies/classified-information>

[4] Uredba o mjerama informacijske sigurnosti NN 46/2008 (23.4.2008.),

[https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008\\_04\\_46\\_1547.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2008_04_46_1547.html)

[5] Uredba o bližim uslovima i načinu sprovođenja informatičkih mjera zaštite tajnih podataka ("sl. list Crne Gore", br. 57/10 od 01.10.2010),

<http://www.nsa.gov.me/biblioteka/uredbe>

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

<http://www.nsa.gov.rs/domace-zakonodavstvo.php>

[7] *Classified Information Training Initiative*, Warsaw, Poland, November 2011.

[8] Direkcija za zaštitu tajnih podataka Crne Gore, Izveštaji o radu Direkcije 2017.

<http://www.nsa.gov.me/direkcija>

[9] Ured Vijeća za nacionalnu sigurnost - Informacijska sigurnost – NSA, <https://www.uvns.hr/hr/ot-nama/djelokrug/informacijska-sigurnost-nsa>

[10] Urad Vlade R Slovenije za varovanje tajnih podatkov,

[http://www.uvtp.gov.si/si/delovna\\_podrocja/varnost\\_kis/](http://www.uvtp.gov.si/si/delovna_podrocja/varnost_kis/)

[11] Hungarian Government Decree No. 161/2010 (V. 6.) on the detailed rules of the electronic security of classified information, and on the authorisation and official supervision of cryptographic operations.

<http://www.nbf.hu/legis.html>

[12] Zakon o tajnosti podataka, Službeni glasnik R Srbije, br. 104/2009

[https://www.paragraf.rs/propisi/zakon\\_o\\_tajnosti\\_podataka.html](https://www.paragraf.rs/propisi/zakon_o_tajnosti_podataka.html)

[13] Zakon o Informacionoj bezbednosti, ("Sl. glasnik RS", br. 6/2016 i 94/2017

[https://www.paragraf.rs/propisi/zakon\\_o\\_informacionoj\\_bezbednosti.html](https://www.paragraf.rs/propisi/zakon_o_informacionoj_bezbednosti.html)

# TORII MALWARE UTICAJ NA IOT I ARM

## TORII MALWARE IMPACT ON IOT AND ARM

Milorad Murić, Žarko Bogićević<sup>2</sup>  
 Visoka škola strukovnih studija Užice<sup>1</sup>  
 Tehnička škola Užice<sup>2</sup>

**Sadržaj** – U svetlu ovakvih dešavanja pojavio se novi malware, nazvan Torii, koji je detektovan krajem septembra 2018. Ovaj potpuno novi soj malware-a teži da ostane duboko prikriven, delujući uporno iz pozadine i još uvek ne preuzima korake koji su karakteristični za većinu botnet-a. Ono što je evidentno, jeste da ovaj malware može napasti širok opseg različitih hardverski ciljanih arhitektura, kao što su MIPS, ARM, x86, x64, PowerPC, SuperH i druge. Sumnja se da je ovaj malware aktivan od decembra 2017.godine, a možda i duže. U radu će biti objašnjen način na koji ovaj malware deluje kao i posledice koje može izazvati, kao i način na koji se možemo zaštititi.

**Abstract** - Already at the end of 2016, there are suspicions of the active operation of various botnet malware, of which the most famous are Mirai and Qbot. At a time when millions of different IoT devices are in use, the operation of such malware can be extremely dangerous. In the light of such developments, a new malware called Torii, which was detected at the end of September 2018, emerged. This brand new strain of malware strives to remain deeply hidden, acting persistently from the background and still does not take steps that are characteristic of most botnets. What's clear is that this malware can attack a wide range of different hardware-targeted architectures, such as MIPS, ARM, x86, x64, PowerPC, SuperH and others. The paper will explain how this malware works and the consequences it can cause, as well as the way we can protect itself and devices.

### 1. INTRODUCTION

The number of IoT (Internet of Things)[1] devices as of Q1 2018 is estimated around 7 billion devices. Companies that provide IOT software and cloud services are exceeding revenue expectations. Amazon AWS and Microsoft Azure grew 93% with the IOT portion contributing significantly. The number estimated does not include smartphones, tablets, laptops etc.

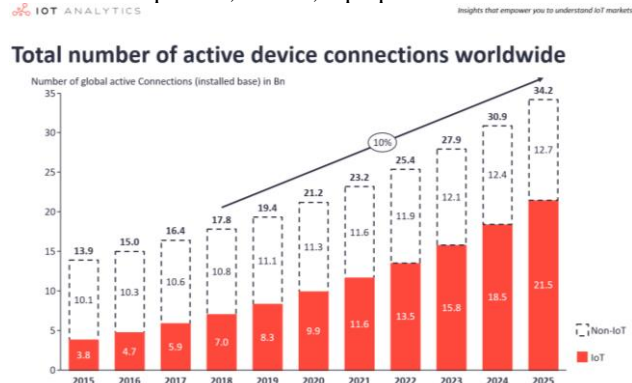


Figure 1. Number of IoT devices and growth estimate

The sudden rise in IoT is driven by smart home devices and industry purpose devices. In terms of connectivity the devices vary, but most of them are WIFI based with a very small percentage that are wired or cellular.

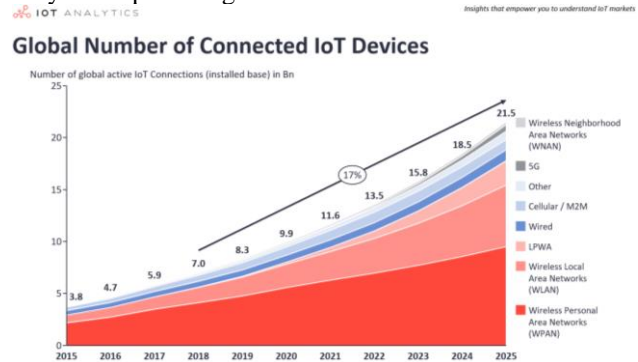


Figure 2. Most common connection types for IoT

A very small portion of IoT devices receives updates from their manufacturers. These updates come in a form of software or firmware. Due to the fact that the most devices never get updated their software is exposed to all kind of exploits. Torii attacks devices based on x86, x64, PowerPC, MIPS, ARM and several other architectures. Most of Torii's functions are unknown for now end due to this fact it is very difficult to protect IoT devices from this malware.

The global smartphone market is constantly growing and new manufacturers are gaining market share. Most of these manufacturers are from the Asian market, as seen in the table below.

Company	3Q18 Shipment Volumes	3Q18 Market Share	3Q17 Shipment Volumes	3Q17 Market Share	3Q18/3Q17 Change
Samsung	72.2	20.3%	83.3	22.1%	-13.4%
Huawei	52.0	14.6%	39.1	10.4%	32.9%
Apple	46.9	13.2%	46.7	12.4%	0.5%
Xiaomi	34.3	9.7%	28.3	7.5%	21.2%
OPPO	29.9	8.4%	30.6	8.1%	-2.1%
Others	119.9	33.8%	149.8	39.6%	-19.9%
<b>Total</b>	<b>355.2</b>	<b>100.0%</b>	<b>377.8</b>	<b>100.0%</b>	<b>-6.0%</b>

Table 1. Global smartphone shipments in Q3 2017/2018[2]

### 2. MEANING AND ANATOMY OF THE TORII

Given this extremely basic introduction to the Shinto religion, we can finally explore the meaning of the Torii. The Torii is, in fact, a gateway, that signals the transition from the profane to the sacred, as it is usually located at the entrance to Shinto shrines, though it isn't rare to find them even at the entrance of Buddhist temples. As a matter of fact, the first documentation of the Torii dates

back to the mid-Heian period, in 922, when Buddhism had already been introduced in Japan. Because of this, and the existence of similar structures in the rest of Asia, typically associated with Buddhist sites, it is quite hard to find a clear-cut origin of the Torii, there are many theories, none of which seems to satisfy the question of its origin. However, it is a matter of fact that today, the Torii, though present in Buddhist sites as well, is more closely associated to Shinto, for instance, the Shinto shrines are signaled on maps with Torii icons.

Now that we have a good grasp of why the Torii is found in some places rather than other, let's see what makes up a Torii. The structure of these gates is made up of several elements, depending on its style (shinmei or myojin). Certainly, the most important elements of the Torii are the pillars (柱 hashira), the kasagi (笠木), the lintel placed on the two pillars, and the nuki (貫) a tie-beam that keeps the structure together. These are the essential elements, present in all the known variants of the Torii styles, except for the Shime Torii, which is only built by two pillars and a shimenawa (rice cord) tied to the extremities of the pillars. Other elements usually present in the Torii are: the shimaki (島木), a second horizontal lintel placed under the kasagi, the daiwa (大輪), a decorative ring place around the top of the pillars, the kusabi (楔), two mostly ornamentl wedges holding the nuki in place and the gakuzuka (額束) a supporting strut connecting the nuki to the kasagi or shimaki. The gakuzuka can sometimes be covered by a tablet with the name of the shrine[3].

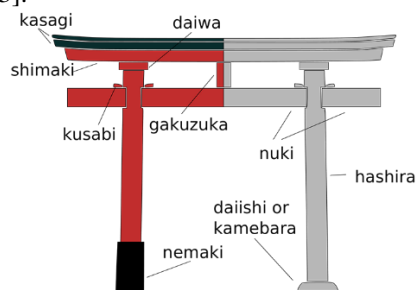


Figure 3. Antomy of Torii

### 3. OVERVIEW OF THE ARM ARCHITECTURE

The valid architecture variants are as follows (variant in brackets for legacy reasons only): ARMv4, ARMv4T, ARMv5T, (ARMv5TExP), ARMv5TE, ARMv5TEJ, and ARMv6. The following architecture variants are now OBSOLETE: ARMv1, ARMv2, ARMv2a, ARMv3, ARMv3G, ARMv3M, ARMv4xM, ARMv4TxM, ARMv5, ARMv5xM, and ARMv5TxM.[4].

The Thumb instruction set is a re-encoded subset of the ARM instruction set. Thumb instructions execute in their own processor state, with the architecture defining the mechanisms required to transition between ARM and Thumb states. The key difference is that Thumb instructions are half the size of ARM instructions (16 bits compared with 32 bits). Greater code density can usually be achieved by using the Thumb instruction set in

preference to the ARM instruction set. However, the Thumb instruction set does have some limitations:

- Thumb code usually uses more instructions for a given task, making ARM code best for maximizing performance of time-critical code.
- ARM state and some associated ARM instructions are required for exception handling.

The Thumb instruction set is always used in conjunction with a version of the ARM instruction set.

#### New features in Version 5T

This version extended architecture version 4T as follows:

- Improved efficiency of ARM/Thumb interworking;
- Count leading zeros (CLZ, ARM only) and software breakpoint (BKPT, ARM and Thumb) instructions added;
- Additional options for coprocessor designers (coprocessor support is ARM only);
- Tighter definition of flag setting on multiplies (ARM and Thumb);
- Introduction of the E variant, adding ARM instructions which enhance performance of an ARM processor on typical digital signal processing (DSP) algorithms;
- Introduction of the J variant, adding the BXJ instruction and the other provisions required to support the Jazelle® architecture extension.

#### New features in Version 6

The following ARM instructions are added:

- CPS, SRS and RFE instructions for improved exception handling;
- REV, REV16 and REVSH byte reversal instructions;
- SETEND for a revised endian (memory) model
- LDREX and STREX exclusive access instructions;
- SXTB, SXTH, UXTB, UXTH byte/halfword extend instructions;
- A set of Single Instruction Multiple Data (SIM) media instructions;
- Additional forms of multiply instructions with accumulation into a 64-bit result.

The following Thumb instructions are added - CPS, CPY (a form of MOV), REV, REV16, REVSH, SETEND, SXTB, SXTH, UXTB, UXTH.

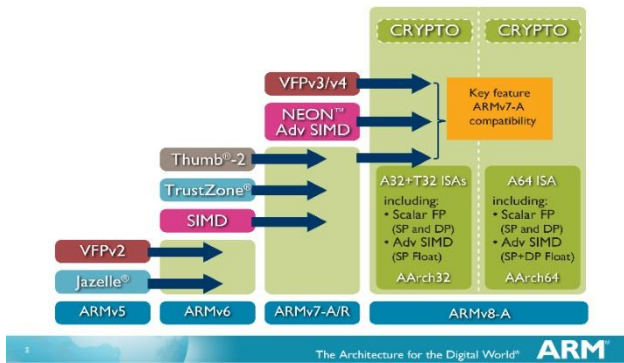


Figure 4. ARM architecture[5]

#### 4. INTRODUCTION TO THE ARM CORTEX A53

Cortex-A53 (formerly Apollo) is an ultra-high efficiency microarchitecture designed by ARM Holdings as a successor to the Cortex-A7 microarchitecture, which previously dominated the market in terms of devices using it. The Cortex-A53 implements the ARMv8 ISA, which is typically found in entry-level smartphones, tablets and embedded devices. It should be also noted that this architecture can be found in mid to high end devices as a part of the big.LITTLE core architecture which uses these cores in combination with A57 and A72 cores in order to combine high performance and greater energy efficiency.

It should be noted that ARM designs microarchitectures and licenses it to other manufacturers and semiconductor companies so that they may implement it in their own chips. That is why the same core could have slight modifications to some parts, for example cache, in different manufacturer devices, for example Samsung's Exynos CPU. ARM is an interesting company in terms of CPU and ISA development. They license their CPU designs and Instruction Set Architectures to other companies. In financial terms this allows profit from their CPU designs and license royalties. Some of their designs are known well ahead of their production for the consumer market. For example, the previously mentioned core designs were ready almost two years before they hit the market for consumers.

The A53 is a part of ARM's ARMv8 processor lineup which is meant to replace the A7 CPU. The A7 CPU was meant for the budget segment and was widely used due to its good performance and excellent power savings while maintaining a low price point. For the A53, ARM decided to focus on further improving the performance, and switching from a x86 architecture to the x64.

ARM CPU Core Comparison		
	Cortex – A7	Cortex – A53
ARM ISA	ARM v7 (32 bit)	ARM v8 (32 – 64 bit)
Issue Width	2 micro - ops	2 micro - ops
Pipeline Length	8	8
Integer Add	2	2
Integer Mul	1	1
Load / Store Units	1	1
Branch Units	1	1
FP / NEON ALUs	1 x 64 bit	1 x 64 bit
L1 Cache	8B – 64B IS + 8B – 64B DS	8B – 64B IS + 8B – 64B DS
L2 Cache	128 KB – 1 MB (Optional)	128 KB – 2 MB (Optional)

Table 2. Comparing ARMv7 and ARMv8 architecture

In terms of power savings, the A53 has an optional ability to switch between power states which allows for greater power savings. The A53 matches the A9 performance on the same clock speeds, however, the A53 offer much higher clock rates.

Looking at further improvements, ARM has made progress on memory latency as well, compared to the previous architecture.

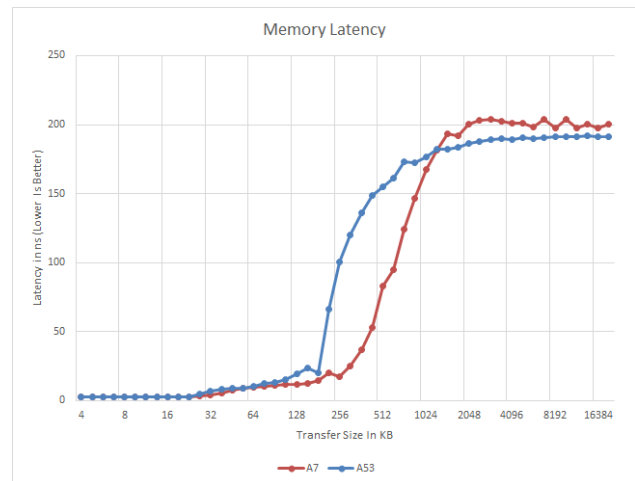


Figure 5. Memory latency between architectures

As well as memory bandwidth.

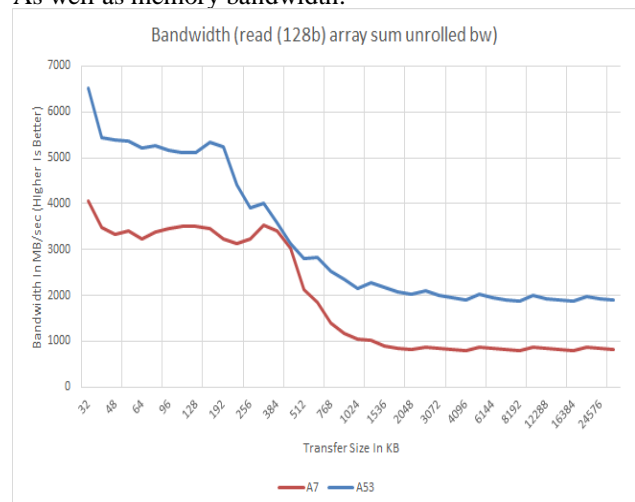


Figure 6. Memory bandwidth between generations

## 5. TORII'S PREDECESSORS

Before Torii was launched there were several of its predecessors. Torii vastly improves on the predecessor's effectiveness and purpose[6].

Persirai, an Internet Of Things (IoT) botnet was discovered some time in 2017. At the time it was targeting over 1000 Internet Protocol (IP) camera models on various Original Equipment Manufacturer (OEM) products. Persirai was developed on Mirai which was used to cause a lot of incidents in 2016 that included Distributed Denial of Service (DDoS) attacks that compromised IOT devices such as Digital Video Recorders (DVRs), CCTV cameras and other similar devices. Around 120 000 IP cameras were vulnerable to Persirai. While many of these device owners were unaware that their devices were infected.

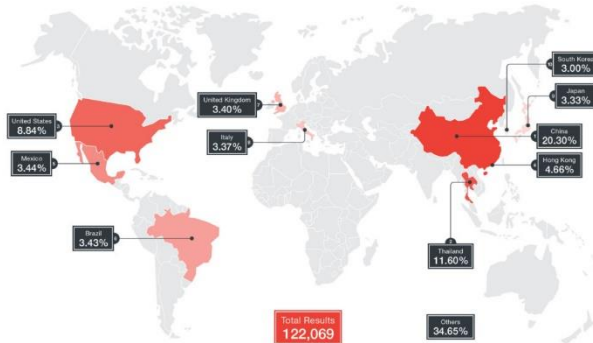


Figure 7. The number of vulnerable IP cameras as of April 26, 2017 (derived from Shodan data)

This made it easier for the perpetrators to gain access to IP camera web interface which is, by default, located on TCP Port 81.

Mirai, the original virus, took advantage of open Telnet ports by scanning the Internet for unsecure devices with default username and password. Due to this vulnerability, in 2016, most of the U.S. east coast was left without internet access as the virus had accumulated a huge botnet of these devices. Before the culprits were captured, they released the botnet code online, in order to mask their tracks, however, they were arrested and the code was publicly available for anyone to use it or further develop it. Mirai stores itself in the device memory and detects and deletes other possible malware that is on the device. However, rebooting the device will purge the infection, but the devices are usually re-infected swiftly[7].

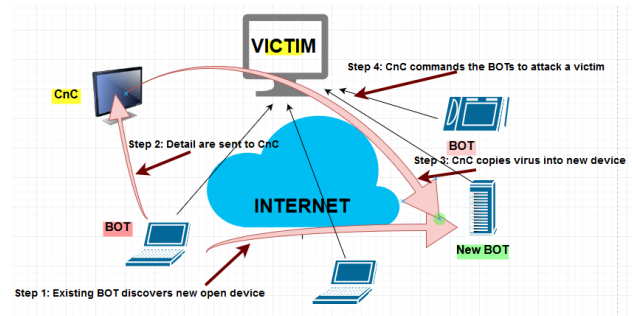


Figure 8. How Mirai works

## 6. TORII ANALYSIS

Torii is new, more sophisticated strain of malware, and his target is wide range of IoT devices. Torii has spread over unsecured or poorly secured ports for telnet services. Torii search for targeted devices with bad username and password and attempt to execute initial shell script. The script tries to determine the exactly architecture of the targeted device and once when operation is complete followed by an attempt to download the appropriate payload for the devices (binary files in the Executable and Linkable Format - ELF, formerly named Extensible Linking Format) format.

The main functionality of these payloads is attempt to install an inner ELF with the first ELF file. This is the second executable step when malware uses at least six methods to permanently stay on the device and continue the ELF execution. After that, the inner ELF is executed to deliver the second stage payload, a fully-fledged bot capable of executing commands from its master command and control (CnC) server. The command-and-control server with which the observed samples of Torii have been communicating is located in Arizona.

Torii steal data from IoT device and allow attackers to execute code remotely and run any command on the infected devices. This malware is capable of fetching and executing wide range of commands using multiple layers of encryption and allows attackers to execute any code or deliver any payload to an infected device. So far, Torii is not being used to assemble DDoS botnets or to drop cryptomining tools. With modular, multistage architecture, Torii attacks devices based on x86, x64, PowerPC, MIPS, ARM and several other architectures.

## 7. COUNTERMEASURES

In general purpose, there are steps that are recommended end users should take.

Set up the router and block vulnerable ports especially for telnet:

- 20/21 - File Transfer Protocol (FTP) control is handled on TCP port 21 and its data transfer can use TCP port 20 as well as dynamic ports depending on the specific configuration.



- 22 - Secure Shell (SSH) is the primary method used to manage network devices securely at the command level and it is typically used as a secure alternative to Telnet which does not support secure connections.
- 23 – Telnet - Caution should be used when connecting to a device using Telnet over a public network as the login credentials will be transmitted in the clear.
- 25 - Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) is used for two primary functions, it is used to transfer mail (email) from source to destination between mail servers and it is used by end users to send email to a mail system.
- 53 - The Domain Name System (DNS) is used widely on the public internet and on private networks to translate domain names into IP addresses, typically for network routing.
- 67/68 - Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) is used on networks that do not use static IP address assignment (almost all of them).
- 80 - Hypertext Transfer Protocol (HTTP) is the main protocol that is used by web browsers and is thus used by any client that uses files located on these servers.
- 110 - Post Office Protocol (POP) version 3 is one of the two main protocols used to retrieve mail from a server.
- 123 - Network Time Protocol (NTP) is used to synchronize the devices on the Internet.
- 143 - Internet Message Access Protocol (IMAP) is the second of the main protocols used to retrieve mail from a server.
- 161/162 - Simple Network Management Protocol (SNMP) is used by network administrators as a method of network management.
- 443 - Hypertext Transfer Protocol over SSL/TLS (HTTPS) is used in conjunction with HTTP to provide the same services but doing it using a secure connection which is provided by either SSL or TLS.

If suspicion of IOT devices we have to monitor network flow by software or turn on router traffic logging and review those logs. A great software and a recommendation for monitoring network traffic is WireShark. Compared to computer software that logs network traffic, router network logging is guaranteed to log all packets that travel through the router and does not require an active computer that logs, as it has an integrated memory logging function. All the user has to

do is download those logs and manually review them for suspicious traffic.

Date	Time	Dir	Remote IP Addr	Remote Name / Message	R Port	Local IP Addr	L Port	
07/26	15:13:46.88	top	209.123.109.176	i.dslr.net	80	192.168.1.117	55071	
07/26	15:13:46.88	top	209.123.109.176	i.dslr.net	80	192.168.1.117	55063	
07/26	15:13:46.88	top	209.123.109.176	i.dslr.net	80	192.168.1.117	55070	
07/26	15:13:45.61	top	124.169.208.46	124-169-208-46.dyn.iinet.net.au	49057	192.168.1.117	55304	
07/26	15:13:44.93	top	174.129.203.189	mail.reddit.com	80	192.168.1.117	55302	
07/26	15:13:44.60	M		dnsmasq-dhcp[562]: dhcpack(br0) 192.16				
07/26	15:13:44.60	M		dnsmasq-dhcp[562]: dhcpinform(br0) 192				
07/26	15:13:41.10	udp	186.45.208.134	186-45-208-134.dynamic.tst.net.tt	18360	192.168.1.117	29011	
07/26	15:13:40.78	top	174.129.203.189	mail.reddit.com	80	192.168.1.117	55302	
07/26	15:13:40.78	top	174.129.203.189	mail.reddit.com	80	192.168.1.117	55294	
07/26	15:13:40.78	top	68.195.219.34	ool-44c3db22.static.optonline.net	57458	192.168.1.117	55303	
07/26	15:13:35.90	top	173.231.140.218		80	192.168.1.117	55297	
07/26	15:13:35.43	top	174.129.203.189	mail.reddit.com	80	192.168.1.117	55294	
07/26	15:13:34.12	top	199.47.216.173	v-client-2a.sjc.dropbox.com	443	192.168.1.117	55291	
07/26	15:13:34.12	top	75.101.142.23	ec2-75-101-142-23.compute-1.amazonaws	80	192.168.1.117	55290	
07/26	15:13:33.94	top	66.220.147.14	api-10-04-ano4.facebook.com	443	192.168.1.117	55289	
07/26	15:13:33.94	top	50.19.118.145	ec2-50-19-118-145.compute-1.amazonaws	80	192.168.1.117	55288	
07/26	15:13:33.00	top	68.195.219.34	ool-44c3db22.static.optonline.net	57458	192.168.1.117	55303	
15:13	IN	9 / min	105 / ten min	125 / hr	OUT	50 / min	356 / ten min	411 / hr

Figure 9 – Router traffic log example

Some manufacturers issue updates even after the devices EoL (End of Life) has been reached, these updates come in a form of a software security update. It is important to periodically check for these updates as well as choosing the right IoT devices with prolonged software support.

If a malware has been found after reviewing the network logs it is highly recommended to reboot the device and check again. As previously described, it might be a malware that does not have persistency and will be cleaned after a device reboot. If the malware persists, restore the device to factory settings and reboot, however, before connecting the device to the Internet again, make sure to change the default username and password, otherwise the device will be vulnerable again.

It is highly recommended to create full restore/recovery points and backups on the computers. System updates and virus definition updates are also highly recommended.

Setting up a firewall on the router itself protects any unwanted traffic from coming through the router, independent of the type of device connected to it. Some devices possess built in firewalls and they may be set up independently of the router firewall.

For ARM specific devices, these extra steps could prove crucial:

Most ARM devices (tablets and smartphones) come with manufacturer supported software for syncing and backup. This software can be used for creating full or partial backup of the system software and user data on the user's devices. It is considered good practice to create scheduled device backups (daily, weekly or monthly).

If the device is Android based, there is a possibility to use software that creates full image backups of the device software and data[8]. Commonly, TWRP (Team Win

Recovery Project)[9] is used, but there is other software available as well, depending on the device support list.

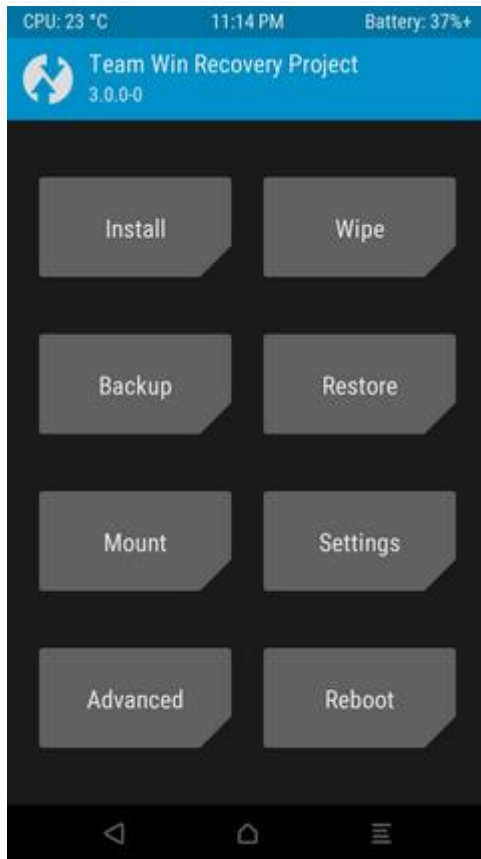


Figure 10 – TWRP software interface

Install mobile version of antivirus software and keep it updated.

Only install software from official and certified app stores (Google Play, Apple Store, Microsoft Store etc.)

Monitoring the data flow on devices (Wi-Fi and DATA) will reveal if there is any extra data being used. Some malware knows how to conceal itself and only use the device when the screen is powered off, which indicates that the user is not using the device. Pay attention to enormous amounts of DATA usage, as it could lead to a very high provider bill.

Regularly update the Android system and security patch levels (independent of the OS version) and others OS based on ARM architecture.

## 8. CONCLUSION

In a digital world that is constantly growing in terms of IoT and other personal smart devices, the amount of personal data stored and data transferred over a network, a malware that is capable of attacking almost all architectures used by those devices, especially ARM, x86 and x64, is incredibly dangerous. In order to protect

ourselves and our personal data, certain countermeasures must be taken.

The purpose of this paper is to introduce the audience to the type of malware that is on the constant rise in order to create awareness so that they may better protect themselves. The countermeasures listed and explained in this paper are always welcome and recommended, by implementing them users can be protected against other existing and future malware and these steps are considered good practice. Once these countermeasures are in place, even infected devices will be contained and the malware won't be able to complete its purpose.

## LITERATURE

[1] <https://iot-analytics.com/state-of-the-iot-update-q1-q2-2018-number-of-iot-devices-now-7b/>

[2] <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS44425818>

[3] <https://hubjapan.io/articles/the-torii-and-its-meaning-in-the-shinto-religion>

[4] [http://infocenter.arm.com/help/topic/com.arm.doc.ddi0500j/DDI0500J\\_cortex\\_a53\\_trm.pdf](http://infocenter.arm.com/help/topic/com.arm.doc.ddi0500j/DDI0500J_cortex_a53_trm.pdf)

[5] <https://www.androidauthority.com/arms-64-bit-architecture-is-good-for-developers-407346/>

[6] <https://blog.trendmicro.com/trendlabs-security-intelligence/persirai-new-internet-things-iot-botnet-targets-ip-cameras/>

[7] <https://www.csoonline.com/article/3258748/security/the-mirai-botnet-explained-how-teen-scammers-and-cctv-cameras-almost-brought-down-the-internet.html>

[8] <https://www.makeuseof.com/tag/whats-custom-recovery-exploring-cwm-twrp-friends/>

[9] <https://www.addictivetips.com/android/what-is-twrp-how-to-install-use-it-on-android-devices-guide/>

# Tehnike lažiranja rešenja *bruteforce* napada na proces Wi-Fi autentifikacije kod WPA2 protokola

Petar Ljubić<sup>1</sup>, Bratislav Predić<sup>2</sup>, Miloš Roganović<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Department of computer science, University of Niš, Faculty of Electronic Engineering, Aleksandra Medvedeva 14, Niš, Republic of Serbia  
Phone: +381 18 529 105, Fax: +381 18 588-399, E-Mail: petarljubic92@gmail.com

<sup>2</sup> Department of computer science, University of Niš, Faculty of Electronic Engineering, Aleksandra Medvedeva 14, Niš, Republic of Serbia  
Phone: +381 18 529 105, Fax: +381 18 588-399, E-Mail: bratislav.predic@elfak.ni.ac.rs, WWW: <https://sites.google.com/site/bpredic/>

<sup>3</sup> Department of computer science, University of Niš, Faculty of Occupational Safety, Čarnojevića 10a, Niš, Republic of Serbia  
Phone: +381 18 529-701, Fax +381 18 249-962, E-Mail: milos.roganovic@zrfak.ni.ac.rs

**Sadržaj** – U ovom radu će biti opisani postojeći protokoli komunikacije kroz Wi-Fi mrežu, kao i postojeći alati za namade na protokole i otkrivanje šifre. Takođe će biti reči o manama najpopularnijeg protokola i potencijalnim promenama u vidu veće zaštite istog. Cilj ovog rada je da ukaže na nedostatke u sistemu zaštite autentifikacije i predloži određene dodatne bezbednosne mere.

**Ključne reči:** Wi-Fi, brute-force, WPA-2, Pyrit, AES

**Abstract** – This paper will describe existing communication protocols over the Wi-Fi network, as well as the existing tools for attacking and obtaining security passwords. Also, this work will describe the brute-force method for password detection. The goal of this paper is to point out, through instances of current tools, their capabilities, functionalities and shortcomings, weak points and suggest changes.

**Keywords:** Wi-Fi, brute-force, WPA-2, Pyrit, AES

## 1. UVOD

Wi-Fi Protected Access i Wi-Fi Protected Access 2 (WPA i WPA2) predstavljaju dva bezbednosna protokola razvijena od strane Wi-Fi Alliance. Ova dva protokola su razvijena od strane nekoliko vodećih evropskih Univerziteta kao odgovor na slabosti postojećeg protokola WEP. WPA2 predstavlja trenutno najrasprostranjeniji i najbezbedniji protokol autentifikacije bežične komunikacije. Proces konektovanja jednog korisnika na pristupnu tačku (AP – Access Point) odvaja se u 4 osnovne tačke, i poznatiji je pod nazivom 4 steps "handshake" procedure.

Kada klijent odluči na koju pristupnu tačku želi da se konektuje, on šalje takozvani Probe signal, koji sadrži ime pristupne tačke koju kontaktira (SSID), MAC adresu klijenta i podatke o stvarima koje klijent podržava, kao što su brzina protoka itd. Ime pristupne tačke se dobija tako što klijent pošalje Probe signal kojiz SSID ima vrednost 0.0.0.0 i sve pristupne tačke će mu odgovoriti svojim SSID-em. Ako je ciljana pristupna tačka otvorena i ne koristi ni jedan bezbednosni protokol, klijent samo šalje zahtev, i pristupna tačka na njega odgovara sa „yes“, čime se procedura prijave završava. Sa druge strane, ako pristupna tačka iziskuje šifru za konekciju na mrežu, pristupna tačka će tada poslati „izazov“, na koji klijent u vidu enkriptovane vrednosti primljenog izazova. Nakon toga pristupna tačka proverava da li se odgovor na izazov poklapa sa očekivanom

vrednošću, čime odlučuje da li će korisnika pustiti na mrežu ili ne. Ovaj vid razmene poruka je u svojoj suštini identičan kod sva tri bezbednosna protokola.

Prateći ove korake, možemo lako uvideti potencijalne probleme u ovom procesu autentifikacije. Samom činjenicom da je algoritam rada WPA2 protokola poznat, potencijalni napadači ga mogu iskoristiti. Razmena poruka između dve strane nije privatna, jer se obavlja emitovanjem radio signala kroz etar, gde svako može da presretne i pročita poslatu poruku. Razbijanjem procesa autentifikacije na osnovne delove, možemo zaključiti da je jedini nepoznati element protokola šifra koju korisnik mora znati kako bi se konektovao na mrežu.

Svodeći ceo proces autentifikacije na matematičku jednačinu sa jednom nepoznatom, empirijskim pristupom problemu traženja nepoznate, u konačnom vremenskom periodu, teoretski gledano, moguće je otkriti pravu šifru.

U cilju da vreme traženja šifre ne prevaziđe samu cenu pretrage, tokom godina, napadači su pokušavali osmisliti što bolje algoritme za nalaženje prave kombinacije. Najstariji i najjednostavniji algoritam ove namene predstavlja *bruteforce*. Ovaj metod se ogleda u testiranju konačnog broja mogućih vrednosti u cilju otkrivanja prave. Optimizacija ovog algoritma ogleda se u takozvanim „dictionaries“, rečnici sa konačnim skupovima mogućih vrednosti koje zavise od same mreže koja se napada.

Rečnici se kreiraju na osnovu velikog broja različitih parametara, među kojima su geo lokacija mreže, uzrast korisnika koji je vlasnik mreže, njegovog pola, interesovanja itd.

Pored toga, vlasnici Wi-Fi često ne vode dovoljno računa o zaštiti svoje mreže, pa je čest slučaj upotrebe čestih i poznatih fraza kao što su "password", "12345678", "admin" ...

U ovom radu ćemo predstaviti postojeće protokole zaštite Wi-Fi mreže, sa akcentom na WPA2 protokol (poglavlje 2), zatim ćemo kroz niz primera ukazati na probleme tog protokola, kao i na potencijalne izmene istog, što bi u perspektivi dovelo do povećanja nivoa zaštite procesa autentifikacije, pogotovo od napada koji se zasnivaju na *bruteforce* algoritmu. Četvrto poglavlje će se baviti samim performansama predloženog sistema, dok će se u petom

poglavljju naći generalni zaključak, budući pravci i koraci u postizanju što bolje zaštite autentifikacionih protokola.

## 2. WPA2 PROTOKOL I NJEGOVI NEDOSTACI

Kao što je pomenuto u radu [1] WPA2 se zasniva na 802.1X/EAP arhitekturi koja obezbeđuje autentifikaciju između klijenta i pristupne tačke, tako što određuje šemu autentifikacije i distribucije šifre bez slanja same šifre kroz poruke.

Kako navodi Frank H. Katz u radu [2] najznačajnija razlika između WPA i WPA2 sistema je u tome što WPA2 koristi *Advanced Encryption Standard* poznatiji kao *AES* umesto starog standarda pod nazivom *TKIP*.

Kao što je opisano u standardu 802.11i, *AES* predstavlja blok šifrator, što ga razlikuje od *RC4* kript algoritma koji je našao svoju upotrebu u *WEP* i *WPA* protokolu. Dok *RC4* šifrira jedan po jedan karakter, blok šifratori poput *AES* rade nad čitavim blokom karaktera odjednom.

Kada je eksplicitno reč o autentifikaciji preko WPA2 protokola, ceo proces se može podeliti u 4 osnovna koraka (ukoliko ne uključimo proces traženja dostupnih mreža). Prvi korak jeste kreiranje *Pairwise Master Key (PMK)* koji predstavlja niz karaktera dobijenih primenivanjem funkcije nad šifrom i osnovnim informacijama o samoj pristupnoj tački. Postupak kreiranja *PMK*-a dat je u nastavku (1).

$$PMK = PBKDF2(\textit{passphrase}, \textit{ssid}, \textit{ssidSize}, 4096, 256), \quad (1)$$

Funkcija koja se koristi za kreiranje *PMK*-a predstavlja *SHA1* heš funkciju. Kreiranjem ove vrednosti omogućujemo pristupnoj tački da proveri da li korisnik zaista zna šifru, bez potrebe da samu šifru direktno pošalje kroz etar. Kada korisnik pošalje zahtev za pristup mreži, pristupna tačka šalje *PMK* i *ANonce*, koji predstavlja ne kriptovani tekst. Korisnik će na osnovu pristiglih podataka kreirati svoju verziju *PMK*-a, ali i *Pairwise Transient Key (PTK)*, pri čemu je *PTK* rezultat heš funkcije nad sledećim podacima:

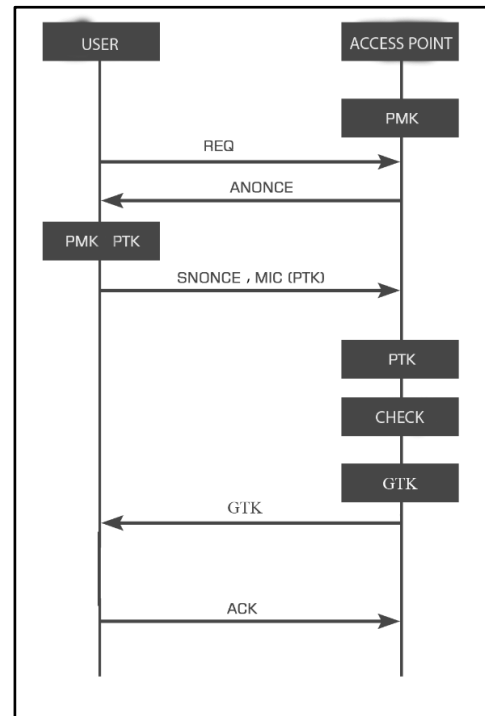
- *Pairwise Master Key (PMK)*,
- *ANonce*,
- *SNonce*,
- MAC adresa pristupne tačke,
- MAC adresa korisnika.

Način kreiranja *PTK*-a dat je u nastavku (2).

$$PTK = PRF512(PMK, "Pairwise key expansion", \\ \textit{Min}(AP_{Mac}, Client_{Mac}) \\ || \textit{Max}(AP_{Mac}, Client_{Mac}) \\ || \textit{Min}(ANonce, SNonce) \\ || \textit{Max}(ANonce, SNonce)), \quad (2)$$

Kada korisnik kreira *PTK*, njega šalje pristupnoj tački zajedno sa *SNonce*, koji je poput *ANonce* ne kriptovani tekst.

Konačno, pristupna tačka na osnovu podataka koje je dobila može da kreira svoju verziju *PTK*-a, čime bi utvrdila da li se pristigla verzija podudara sa generisanom. Kada se utvrdi da su dve verzije *PTK*-a identične, WPA2 generiše *GTK (Group Temporal Key)*, koji se koristi za dekrpciju saobraćaja između klijenta i pristupne tačke. Ceo proces ove *handshake* procedure dat je na slici 1.



Slika 1. Razmena poruka kod WPA2 protokola

Iako WPA2 važi za trenutno najbezbedniji sistem autentifikacije *Wi-Fi* mreža, on može biti razbijen na nekoliko načina, uz pretpostavku da je potencijalni napadač uspešno prikupio sve podatke koji su se kretali kroz etar.

Prema tome, na osnovu prikupljenih poruka, napadač može dobiti sledeće podatke:

- *SSID* i njegova dužina,
- *AP\_Mac, Client\_Mac*,
- *ANonce, SNonce*,
- *PTK, PMK*,

Pri čemu su *ANonce* i *SNonce* plaintext-ovi, a *AP\_Mac*, *Client\_Mac* i *SSID* javno dostupne stvari. Prema svemu navedenom, za generisanje *PTK* i *PMK* napadaču jedino nedostaje šifra. Sada, napadač može isprobati konačan niz različitih kombinacija kako bi generisao *PMK* sve dok generisana i prikupljena vrednost ne budu jednake.

Nakon što napadač prikupi potrebne podatke, proces otkrivanja šifre može nastaviti ne vezano za mrežu koju napada. Ovo omogućava napadaču da svoje *bruteforce* algoritme pretrage izvršava na drugim mašinama (serverima), čime se proces pretrage značajno ubrzava. Ovakvi tipovi napada se nazivaju "*offline attacks*".

Dva najpoznatija napada ovog tipa svakako predstavljaju *coWPAtty*, za napade na WPA protokol, odnosno *Pyrit*, za napade na WPA2 protokol.

*Aircrack* predstavlja specijalizovani *software* koji implementira gore navedene algoritme. Ovaj *software* je besplatan i jedan je od prvih koji je bio javno dostupan i koji je omogućio uspešne napade na WEP protokol. Pored toga, ovaj *software* je *open source* i njegov kod se može naći na zvaničnom sajtu, tako da je podložan promenama i usavršavanjima.

### 3. PREDLOG IZMENA I POBOLJŠANJA

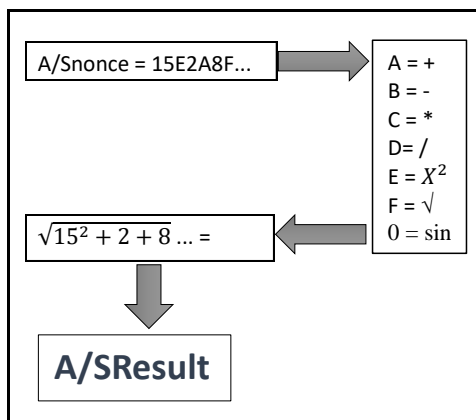
Na osnovu prikazanih podataka, možemo lako uočiti i identifikovati slabe tačke WPA2 protokola. Najveća mana ovog protokola ogleda se u dostupnosti skoro svih parametara koji ulaze u sistem zaštite šifre. Kako bi rešili ovaj problem, možemo uvesti sledeće promene:

- Umesto plaintext-ova koristiti enkriptovane vrednosti,
- Kroz etar slati delove celih poruka, ili poruke nadograđivati lažnim porukama,
- Po mogućstvu uvesti dvostruki stepen autentifikacije.

Kao što je već napomenuto, *ANonce* i *SNonce* predstavljaju ne kriptovane tekstove koji direktno ulaze u proces kreiranja *PMK*-a i *PTK*-a. Predlog dopuna postojećeg rešenja uključuje dva koraka:

- Enkripcija tekstova uz pomoć *AES* kriptografskog algoritma,
- Prevođenje tekstova u matematičke jednačine radi dobijanja vrednosti koja ulazi u proces generisanja *PMK*-a i *PTK*-a.

Ukoliko *ANonce* i *SNonce* predstavimo kao niz heksadecimalnih brojeva, pri čemu brojevi veće od devet zamenimo nekom matematičkom operacijom (primeru radi, broj A zamenimo sabiranjem, B oduzimanjem itd.), običan broj možemo transformisati u matematičku operaciju. Rezultat ove matematičke operacije možemo iskoristiti umesto početnih ne kriptovanih tekstova radi kreiranja *PMK*-a i *PTK*-a. Primer ovakve upotrebe dat je na slici 2.



Slika 2. Proces konverzije *ANonce* vrednosti u matematički izraz

Kako se ova dva heksadecimalna broja ne bi kroz poruke slala nezaštićena, možemo ih provući kroz *AES* kriptografski algoritam, pri čemu bi za njihovo šifriranje mogli da koristimo:

- Statičku šifru koja je ujedno i šifra za pristup mreži,
- Dinamičku šifru, koja se sastoji od statičke i niza dinamičkih parametara.

Kreiranje dinamičkih šifri može biti omogućeno uvođenjem pojma vremena u proces autentifikacije. Naime, ako bi se šifra kreirala na osnovu statičkog dela koji korisnik mora da zna, i trenutnog vremena, može se stvoriti dinamička šifra koja bi imala svoj period validacije (na primer 15 minuta), nakon čega bi ponovo promenila svoju vrednost.

Ipak, ovakav sistem je i dalje ranjiv na poznate napade, iz razloga što se i dalje u celom procesu ne pojavljuje novi nepoznati činilac. Napadač u svakom trenutku, kao i klijent, zna trenutno vreme, i taj parametar može uzeti kao poznat. Ipak, ono što je otežavajuća okolnost za napadača jeste činjenica da će za proveru validnosti šifre morati da izdvoji znatno duži vremenski period, što u perspektivi može nadmašiti cenu samog postupka razotkrivanja.

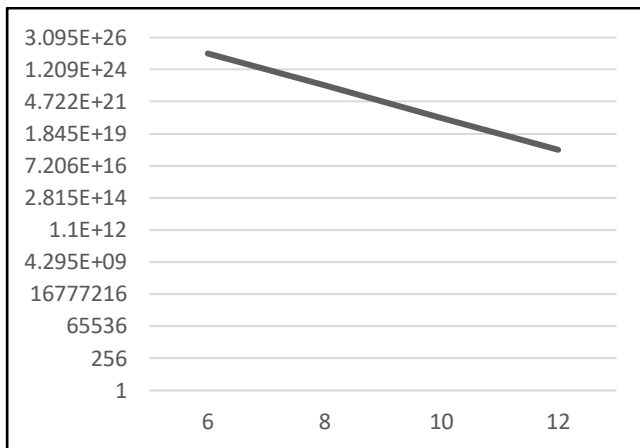
Još jedna od veoma slabih tačaka WPA2 protokola (kao i njegovih prethodnika) jeste slanje celih poruka. Naime, rezultati kreiranja *PMK* i *PTK* jesu tekstovi dužine 80 karaktera, koji jednoznačno identifikuju *PMK*, odnosno *PTK*. Odlika heš funkcija ogleda se u maloj verovatnoći da dva različita ulaza daju isti vrednost na izlazu, što bi značilo da je verovatnoća da dve različite šifre imaju isti *PMK*, a zatim isti *PTK*, iznosi  $2^{-256}$ , odnosno jedan prema 115 kvatroidžintilionu (eng. *Quattuorvigintillion*, 78-cifarni broj).

Ovaj podatak je od izuzetnog značaja za napadače, jer bi dobijanjem vrednosti identične onoj koju su prikupili iz poruka bili gotovo sigurni da imaju pravu šifru. Predlog izmena uključuje slanje manjeg broja karaktera (4 do 8 karaktera *PMK* vrednosti) uz uvođenje ograničenja u broju pokušaja autentifikacije (3 do 5 pokušaja).

WPA2 protokol iziskuje šifru koja sadrži minimum 8 karaktera. Uzmimo u obzir engleski alfabet, u kombinaciji sa brojevima, broj mogućih karaktera za kreiranje šifre iznosi 36. Prema tome, broj mogućih kombinacija iznosi:

$$8^{36} = 324518553658426726783156020576256.$$

Ako u sistem uvedemo predložene izmene vezane za slanje manjeg broja karaktera, napadači bi naišli na problem lažnih rešenja. Broj loših rezultata zavisio bi od broja karaktera koji se šalju drugoj strani, i taj broj je prikazan na slici 3.



Slika 3. Logaritamski prikaz broja lažnih rešenja po broju poslanih karaktera

Usvajanjem pravila da jedan korisnik ima pravo na maksimalno dve greške u procesu autentifikacije, u velikoj meri se smanjuju šanse da će napadač moći sa sigurnošću da tvrdi da poseduje pravu šifru.

I pored ovakvog vida promena koje u mnogome onemogućuju klasične *bruteforce* napade, veliki problem i dalje predstavljaju sami vlasnici mreža, to jest obični korisnici. U istraživanju [3] koje je rađeno 2010-e godine, čak 33% procenta ispitanika su koristila istu šifru za sve svoje naloge na internetu. U sledećoj tabeli nalaze se najpopularnije i najkorišćenije šifre kod administratora internet stranica po godinama [4].

2015	2016	2017	2018
123456	123456	123456	123456
password	password	password	password
12345678	12345	12345678	123456789
qwerty	12345678	qwerty	12345678
12345	football	12345	12345
123456789	qwerty	123456789	111111
football	1234567890	letmein	1234567
1234	1234567	1234567	sunshine
1234567	princess	football	qwerty
baseball	1234	iloveyou	iloveyou

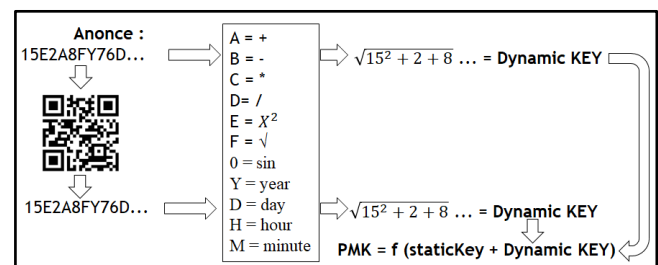
Slika 4. Najkorišćenije lozinke Administratora po godinama

Skupovi najkorišćenijih i najpopularnijih šifri se zovu *bruteforce attack dictionaries*. Njihov sadržaj zavisi od pola korisnika, kontinenta na kome se nalazi korisnik, države, grada, godine, poznatih ličnosti koje su trenutno aktuelne, najpoznatijih imena, najrasprostranjenijih imena, izraza, itd. Ovi rečnici šifara često sadrže broj šifara veći od milion. Potrebno je samo naći adekvatan rečnik u zavisnosti od strukture korisnika koji se autentifikuju na mrežu, i verovatnoća uspešnog napada je znatno veća. Iz tog razloga, većina bruteforce napada kreće sa pretragom po rečniku šifara, a ako se time ne dođe do rešenja, kreće se klasičnim napadom.

Opisani problem je moguće rešiti uvođenjem dodatnog nivoa autentifikacije koji bi uključio još jedan deo šifre koju uređaj novog korisnika mora da poseduje. Ovo rešenje je ograničeno na uređaje koji hardverski i softverski implementiraju određene sisteme za lako pribavljanje dodatne šifre. Dodatni vid autentifikacije bi mogao da se ostvaruje:

- Skeniranjem QR koda,
- Pribavljanjem podataka uz pomoć *NFC*-a.

Akcentat je svakako na mobilnim uređajima, koji u najvećem broju slučajeva imaju predispozicije za ovakvo prikupljanje podataka. Ukoliko usvojimo da potencijalni korisnici mogu da pribave dodatnu šifru na jedan od dva predložena načina, proces pribavljanja šifre i kreiranja *PMK*-a bi u osnovi mogao biti prikazan slikom 5.



Slika 5. Proces kreiranja *PMK*-a uz pomoć dinamičkog ključa

Na datoj slici prikazani su sledeći koraci. *Anonca*, niz heksadecimalnih brojeva i karaktera „Y“, „D“, „H“ i „M“, uz pomoć tabele, prevodi se u matematičku jednačinu. Tabela zamena brojeva matematičkim operacijama dopunjena je vremenskim odrednicama, pa karakter „Y“ predstavlja trenutnu godinu, „D“ trenutni dan itd. Rešavanjem matematičke jednačine dobija se dinamički ključ (*Dyanmic KEY*) koji se koristi umesto vrednosti *Anonca* za kreiranje *PMK*. Klijent vrednost *Anonca* ne dobija kroz etar, već skeniranjem QR koda ili uz pomoć *NFC*-a. Vremenska odrednica omogućava menjanje vrednosti dinamičkog ključa u vremenskom intervalu od 60 sekundi.

#### 4. PERFORMANSE NOVOG SISTEMA

Razlika u implementaciji trenutnog WPA2 protokola i predloženog izmenjenog sistema se sastoji od nekoliko novih funkcija. Najbitnije funkcije koje su uvedene u ovaj sistem su:

- Funkcija za konverziju *Anonca* i *SNonca* vrednosti u matematičku jednačinu (i njeno izračunavanje)
- Funkcija za enkripciju i dekripciju *AResult* i *SResult* vrednosti
- Funkcija za uzimanje 8 do 16 karaktera iz vrednosti *PMK*-a i *PTK*-a

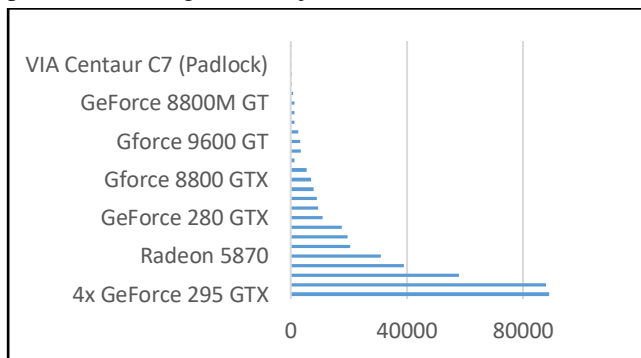
Funkcija za konverziju *Anonca* i *SNonca* vrednosti sadrži 30 linija koda ukoliko je napisana u programskom jeziku C#, i obzirom da ne iziskuje veliki broj petlji i kompleksna

izračunavanja, efekat na same performanse sistema je minoran i može biti zanemaren. Nalik toj funkciji, funkcija za uzimanje 8 do 16 karaktera iz stringa od 80 karaktera nema veliki uticaj na brzinu izvršenja ukupnog koda.

Funkcija za enkripciju i dekripciju *AResult* i *SResult* vrednosti provlači ulazne parametre kroz *AES* kriptografski algoritam. Međutim, i na slabijim procesorima, ova funkcija ne iziskuje duže vreme izvršenja. Primera radi, na *Pentium Pro* procesorima, *AES* kriptografski algoritam zahteva 18 taktičkih ciklusa po bajtu, što je jednako propusnosti od oko 11 MB po sekundi za procesor od 200 MHz.

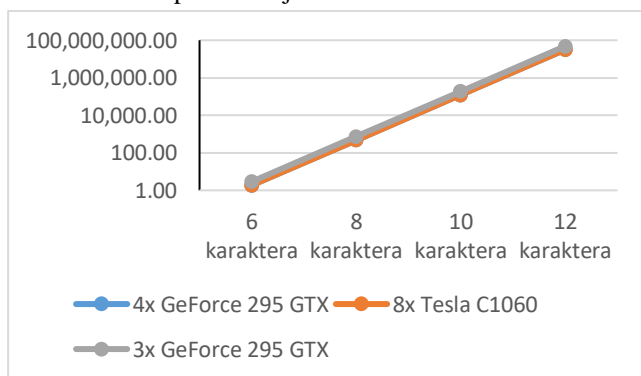
Dopunjeni predlog rešenja koji uključuje skeniranje dodatne šifre vremenski je zavisn od samog korisnika i vremena koje korisnik provede dok pokušava da učita neophodne podatke. Proces konverzije učitanih podataka i kreiranja matematičke jednačine je u ovom slučaju, kao i u prethodnom, minornog trajanja.

Gore pomenuti *Pyrit* karakteriše mogućnost izvršavanja na grafičkim karticama, pa broj generisanih *PMK* vrednosti u jednoj sekundi može iznositi čak 89 000. Detaljan prikaz performansi ovog alata dat je na slici 6.



Slika 6. Broj generisanih i isprobanih *PMK* vrednosti po sekundi [5]

Ako za ispitivanje performansi uzmemo sisteme sa najboljom konfiguracijom, i njime pokušamo da napadnemo novi, dopunjeni WPA2 sistem autentifikacije korisnika, prosečna učestalost pojavljivanja lažnih rešenja po milisekundama prikazana je na slici 7.



Slika 7. Prosečno vreme do pojave lažnog rešenja u zavisnosti od broja poslanih karaktera

Prema dostupnim i prikazanim podacima, možemo zaključiti da će dva najefikasnija sistema naići na lažnu šifru

nakon 188, odnosno 190 sekundi, ukoliko se od vrednosti *PMK*-a pošalju samo 6 početnih karaktera.

Ako napadač koristi neki od javno dostupnih rečnika šifara, na raspolaganju, u proseku, ima od milion do dva miliona kombinacija po rečniku. Ako za merenje performansi i kvaliteta predloženog rešenja koristimo dva najpoznatija rečnika šifara, veličina 15 GB i 257 MB, na raspolaganju bi imali 1 493 677 782 kombinacija u većem, odnosno 16 miliona u manjem rečniku. Koristeći najefikasniju konfiguraciju za pokretanje *Pyrit* algoritama imali bi:

$$\frac{1493677782}{16777215} = 89$$

lažnih rešenja u velikom rečniku ako bi kroz poruke slali 6 karaktera. Ako se kroz sistem implementira ograničenje od maksimalnih 3 do 5 pokušaja autentifikacije po korisniku, sistem ostaje bezbedan, a najveća verovatnoća pogotka prave vrednosti šifre iznosila bi:

$$\frac{5 \text{ pokušaja}}{89 \text{ mogućih rešenja}} = 0,056 \%$$

## 5. ZAKLJUČAK

U svetu računarstva, ne postoji idealna zaštita, kao ni idealna rešenja. Jedno rešenje može biti efikasnije od drugog po nekom od kriterijuma, ali ne možemo reći da je neko rešenje generalno optimalno. Samim tim možemo reći da predloženo rešenje nije idealno, i da je podložno daljim promenama u cilju još većeg unapređivanja postojećeg sistema ili zamene istog u potpunosti.

Takođe, budući koraci dodatne zaštite se mogu ostvariti boljom zaštitom poruka koje nisu kriptovane, i, ukoliko je moguće, u sistem uvesti vremensku sinhronizaciju koja će dozvoliti upotrebu funkcija zavisnih od vremena koje bi moglo biti izraženo u milisekundama.

Potencijalni odgovor na ovakav vid izmena mogao bi biti lažiranje MAC adresa, što bi moglo da premosti ograničenje maksimalnog broja pokušaja po korisniku. Stoga bi buduće nadogradnje sistema mogle da se fokusiraju na rešavanje ovog problema kroz implementaciju sistema za otkrivanje napada.

## VI. REFERENCE

- [1] D. C. L. a. S. M. Floriano De Rango, Static and Dynamic 4-Way Handshake Solutions to Avoid, Hindawi Publishing Corporation, 2006.
- [2] F. H. Katz, WPA vs. WPA2: Is WPA2 Really an Improvement on WPA?, Savannah: Armstrong Atlantic State University.
- [3] G. Cluley, „The top 50 passwords you should never use,“ 15 12 2010. [Na mreži]. Available: <https://nakedsecurity.sophos.com/2010/12/15/the-top-50-passwords-you-should-never-use/>.
- [4] B. MASTROIANNI, „These were the 25 worst

passwords of 2015,“ 15 5 2017. [Na mreži]. Available: <https://www.cbsnews.com/news/these-were-the-25-worst-passwords-of-2015/>.

- [5] „Pyrit - WPA / WPA 2 - PSK and a world of affordable many,“ 7 7 2011. [Na mreži]. Available: [http://gigazine.net/gsc\\_news/en/20110707\\_pyrit](http://gigazine.net/gsc_news/en/20110707_pyrit).
- [6] M. Kammerstetter, M. Muellner, D. Burian, C. Kudara / W. Kastner, „Efficient High-Speed WPA2 Brute Force Attacks,“ University of Technology, Vienna.
- [7] OASIS, „PKCS #11 Cryptographic Token Interface Base Specification Version 2.40,“ 14 April 2015. [Na mreži]. Available: <http://docs.oasis-open.org/pkcs11/pkcs11-base/v2.40/os/pkcs11-base-v2.40-os.html>.
- [8] Bruce Schneier, John Kelsey, Doug Whiting, David Wagner, Chris Hall and Niels Ferguson, "Performance Comparison of the *AES* Submissions," 1999.
- [9] W. Stallings, „Cryptography and Network Security,“ Pearson Education, 2008.



# Sistem tehničke i elektronske zaštite

## System for technical and electronic protection

Vladan D. Borović<sup>1</sup>, Dejan D. Rančić<sup>2</sup>, Olivera R. Pronić-Rančić<sup>2</sup>, Goran M. Mrkaić<sup>1</sup>

Ministarstvo unutrašnjih poslova, Beograd, Srbija<sup>1</sup>  
Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, Srbija<sup>2</sup>

**Sadržaj** – Sistem tehničke i elektronske zaštite predstavlja skup tehničko-tehnoloških sistema namenjenih video/audio nadzoru, praćenju i kontroli događaja vezanih za bezbednost saobraćaja, objekata i ljudi. U ovom radu opisani su ključni elementi sistema tehničke i elektronske zaštite. Navedeni su i praktični primeri primene datog sistema u realnim uslovima.

**Abstract** - The system for technical and electronic protection is a set of technical and technological systems intended for video / audio surveillance, monitoring and control of events related to the safety of traffic, facilities and people. This paper describes key elements of the system of technical and electronic protection. Practical examples of the system application in real conditions are listed.

### 1. UVOD

Bezbednosne strukture u svetu u svom svakodnevnom radu koriste razne tehničke sisteme. Elementi sistema tehničke i elektronske zaštite su:

- sistem video nadzora,
- alarmni sistem,
- sistem kontrole pristupa,
- sistem za zaštitu perimetra
- dronovi
- antidron sistem

Osnovne funkcije sistema su:

- prevencija,
- zaštita,
- bezbednost

Primena sistema je u zaštiti građana i njihove imovine, sprečavanju i otkrivanju krivičnih dela, održavanju javnog rada i mira, pružanju pomoći u slučaju opasnosti, obezbeđivanje okupljanja građana, obezbeđivanje ličnosti i objekata, regulisanje i kontrola saobraćaja na putevima, obezbeđenje državne granice i kontrola prelaska, kontrola pristupa objektima.

### 2. SISTEM VIDEO NADZORA

Sistem video nadzora je tehnologija vizuelnog nadzora i predstavlja zatvoren sistem umreženih kamera gde se slike sa kamera prikazuju na odgovarajućim monitorima i/ili se arhiviraju.

Sastoji se od:

- seta kamera
- uređaja koji skladišti materijal snimljen kamerom

- operativnog centra u kome se nalaze uređaji za praćenje (monitori za video nadzor) i uređaji za upravljanje kamerama
- odgovarajućeg softvera
- telekomunikacionog sistema

Sistem video-nadzora opšte namene je namenjen praćenju opšte bezbednosne situacije na saobraćajnicama, raskrsnicama, trgovima, bezbednosno interesantnim prostorima i objektima i sl., sa ciljem sveukupnog povećanja opšte bezbednosti. Ovakav sistem pruža mogućnost praćenja događaja u realnom vremenu, snimanja signala sa svih kamera i pregleda snimljenog materijala.

Sistemi video nadzora u poslednje vreme uvedeni su u svim zemljama sveta, posebno za potrebe obezbeđenja velikih manifestacija. Najčešća tehnička oprema koja se koristi su takozvane PTZ kamere (Pan/Tilt/Zoom). Video nadzor saobraćajnica je uglavnom primenjen na najprometnijim gradskim raskrsnicama. Javni primer jedne raskrsnice dat na slici 1.



Slika 1. Prometna raskrsnica u Beogradu

### 3. SISTEM ZA PREPOZNAVANJE TABLICA

Sistem za automatsko prepoznavanje registarskih tablica ANPR (Automatic Number Plate Recognition) je sistem za video nadzor koji prepoznaje registarske tablice vozila. Sistem za prepoznavanje registarskih tablica funkcioniše na bazi transformisanja vizuelne informacije sa kamere u digitalni format, što pruža mogućnost dalje obrade informacije u sistemu baze podataka.

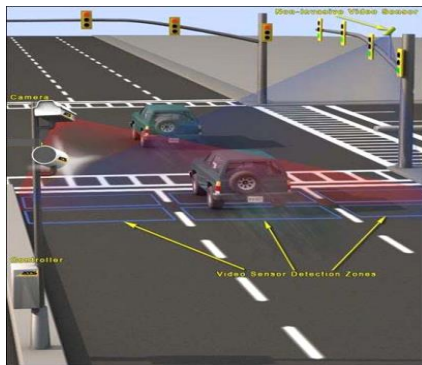
Postoji sedam primarnih algoritama koje softver koristi za prepoznavanje tablica [1]:

1. Lokalizacija tablice – odgovoran za pronalaženje i izolovanje tablice na slici

2. Orijentacija i veličina tablice – kompenzuje krivljenje tablice i podešava dimenzije tablice na slici
3. Normalizacija – podešavanje osvetljenja i kontrasta slike
4. Izdvanje karaktera – pronalaženje karaktera na slici
5. Optičko prepoznavanje karaktera
6. Sintaksna i geometrijska analiza u skladu sa saobraćajnim propisima u zemlji
7. Statistička provera rezultata na više slika za tačnije prepoznavanje

Osnovne primene sistema:

- Evidencija vozila koja su prošla pored lokacije na kojoj je instaliran kontrolni punkt (granični prelazi, parkinzi...)
- Trenutna indikacija ukradenih, neregistrovanih ili na drugi način sumnjivih vozila
- Kontrola pristupa vozila sa ograničenim pravima pristupa (gradska jezgra zatvorena za saobraćaj, privatni i javni parkinzi itd.)
- Evidencija učinjenih prekršaja kao što su prolazak kroz crveno svetlo, prekoračenje brzine, neovlašćeno korišćenje žutih traka



Slika 3. Funkcionisanje ANPR sistema

Primeri prolaska na crveno svetlo su dati na slikama 4-7.



Slika 4. Prolazak na crveno svetlo

Na slici 5. dat je izgled forme zapisnika i informacija sa četiri jasne fotografije koje pokazuju opaženo vozilo koje se nalazilo u saobraćajnom prekršaju. Kako se sa slika vidi, video nadzor radi u svim vremenskim uslovima i u svako doba dana. Takođe, najčešće se beleže prekoračenje dozvoljene brzine na saobraćajnicama i kretanje žutom trakom.



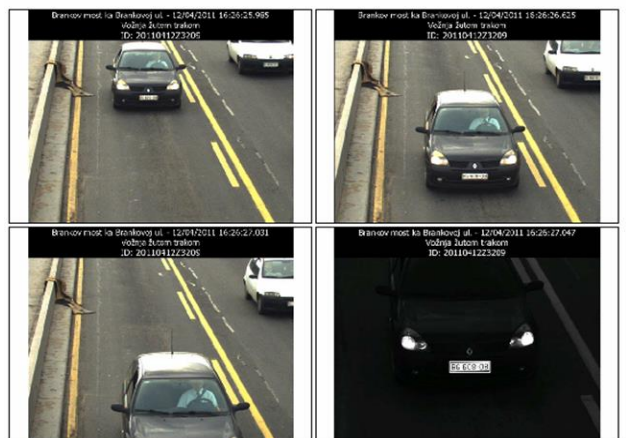
o identitetu lica koje je narednog dana upravljalno njegovim vozilom, kakvoj u vidu da je u naredno vreme, uređjima za upravljanje prekršaja u saobraćaju (video nadzorom), na osnovu člana 50. Pravilnika o načinu vršenja kontrole i regulisanja saobraćaja na putevima i vožnju obavezanih kategorija i pravima posebnih mera i ovlašćenja (Službeni glasnik Republike Srbije, Br. 69/10), dokumentovan saobraćajni prekršaj prolaska na crveno svetlo, ulemeno od strane vozilom navedenog vozila.

U slučaju neprijavljivanja krivičnih podataka, u skladu sa članom 247. Zakona o bezbednosti saobraćaja na putevima (Sl. Glasnik Republike Srbije, Br. 69/10), dokumentovan saobraćajni prekršaj prolaska na crveno svetlo, ulemeno od strane vozilom navedenog vozila, istovremeno je odgovoran što je omogućilo da se njegovim vozilom ulemeno prekršaj, te će protiv istog biti preduzete mere prekršajnog prava.

Slika 5. Izveštaj o saobraćajnom prekršaju



Slika 6. Višestruki prolazak na crveno svetlo



Slika 7. Kretanje žutom trakom

#### 4. MOBILNI SISTEMI ZA VIDEO NADZOR

Mobilni sistemi za video-nadzor koriste se u situacijama kada ne postoje fiksni sistemi za video-nadzor ili kada postojeći sistemi po karakteristikama ne odgovaraju potrebama.

U upotrebi su, posebno u zemljama visoke nadmorske visine i uslova terena, tri mobilna sistema za video nadzor:

- Iz helikoptera
- Taktički aerostatski (balon-cepelin)
- Dronovi



Slika 8. Sistem za video nadzor iz helikoptera



Slika 9. Taktički aerostatski sistem

Na slici 9. prikazan je taktički aerostatski sistem (TAS) koji se sastoji od balona u obliku cepelina sa operativnom visinom leta 150 metara, sa zakačenim kolor kamerama, termovizijskom kamerom, sensorima i sistemom za komunikaciju sa zemljom.

#### 5. ALARMNI SISTEMI I KONTROLA PRISTUPA

Alarmni sistemi, korišćenjem različitih senzora, štite od mogućih neželjenih situacija: provala, lom stakla, požar, gas itd. Događaj se detektuje u najranijoj fazi – pri pokušaju obijanja vrata, prozora, razbijanja stakla. Za to se koriste magnetni kontakti i detektori loma stakla. Pomoću infracrvenih senzora štiti se prostor unutar objekta ili u njegovoj blizini jer oni detektuju prisutnost toplote koju zrači ljudsko telo.

Pristup se omogućava ili sprečava automatskim delovanjem sistema. Sastavni delovi sistema za kontrolu pristupa su:

- elektronski uređaji za identifikaciju osoba (čitači, terminali)

- senzori za nadzor prostora (granični prekidači, PIR senzori itd.)
- komunikacioni moduli za razmenu podataka između delova sistema
- softver za konfigurisanje sistema, nadzor, upravljanje i izveštavanje

#### 6. SISTEMI ZA ZAŠTITU PERIMETRA

Perimetar je virtuelna linija koja okružuje neko područje ili zonu. Samim tim, zaštita perimetra podrazumeva zaštitu virtuelne linije oko nekog područja, a shodno tome i toga područja i svega onoga što je locirano unutar njega.

Svrha zaštite perimetra je rana detekcija neovlašćenog pristupa u štićenu zonu.

Najčešće korišćeni sistemi za zaštitu perimetra su sistem video nadzora, sistemi perimetarske zaštite bazirani na mikrotalasnoj radarskoj tehnologiji, na IR barijerama, dualnim barijerama, električnim ogradama, sistemima za detekciju vibracija.

#### 7. DRONOVI

Dron je vazduhoplov kojim upravlja navigator, pilot sa daljinskim prenosom signala sa zemlje ili koji leti autonomno po zadatim zapamćenim podacima, najčešće GPS (Globalni pozicioni sistem) navigacijom. Za razliku od krstareće rakete, dron je konstruisan za višekratnu upotrebu i definiše se po svim pravilima struke kao i ostali vazduhoplovi, ali je bez posade i pilota. Često se koristi za izviđanje, opremljen kvalitetnim kamerama i audio opremom.

Pored mirnodopskih namena, kao što su korišćenje u civilne svrhe za otkrivanje požara, borba protiv vatrene stihije, nadgledanje područja ugroženih poplavama, nadgledanje saobraćaja, kretanje životinjskog sveta, nadgledanje trasa cevovoda sa naftom, gasom i drugim fluidima, poljoprivredne svrhe, kao i nadgledanje ilegalnih migracija i šverca ljudi, osmatranje krujumčarenja narkotika, dronovi imaju i zlonamerne upotrebe.

Termalne (termografske, infracrvene) kamere se koriste od strane policije u svetu za bezbednost, osmatranje i izviđanje, u nadzornim operacijama. Ova tehnologija omogućava opažanje, lociranje i praćenje sumljivih lica i objekata u totalnom mraku. Zahvaljujući infracrvenoj kameri, sumljiva lica ne mogu da se sakriju u žbunju ili senci jer se njihova toplota vidi na slici kamere. Pretnje se uočavaju na vreme, a područje se detaljno opaža u uslovima znatno smanjene vidljivosti.

U današnje vreme, moderni dronovi za precizno osmatranje se najčešće koriste u policijske svrhe. Oni bi trebalo da ispune sledeće tehničke karakteristike:

- Nezavisna baterija visokog kapaciteta (Nezavistan rad od preko sat vremena)

- Prečnik dejstva preko 10km
- Veliki broj namenskih senzora, po akciji
- Zaštićenu, šifrovanu komunikaciju
- Kamere visoke rezolucije Full HD 1080p + (4k Ultra HD), sa velikim zumiranjem
- Moderne kontrolere i navigaciju
- Termovizijske kamere za noćno osmatranje
- Brzina od preko 50 km/h
- Nosivost preko 20kg

## **8. ZAKLJUČAK**

Rad doprinosi objašnjenju o korišćenim tehnologijama, razumevanju i proširenju saznanja o upotrebi modernih tehničko-tehnoloških sistema u bezbednosnim strukturama, kako državnim tako i privatnim kompanijama koje se bave poslovima zaštite i spasavanja. U radu su ukratko sagledani aktuelni sistemi koji se koriste svakodnevno u cilju povećanja bezbednosti i pre svega zaštite građana i njihove imovine, a takvi sistemi su, po upotrebi u subjektima koji se bave ovom tematikom, manje poznati javnosti.

## **LITERATURA**

[1] Online:[https://en.wikipedia.org/wiki/Automatic\\_number\\_plate\\_recognition](https://en.wikipedia.org/wiki/Automatic_number_plate_recognition), 02/2019.

# Alat za testiranje sistema za predviđanje skokova

## A TOOL FOR TESTING BRANCH PREDICTORS

Uroš Radenković<sup>1</sup>, Marko Mićović<sup>1</sup>, Filip Hadžić<sup>1</sup>, Zaharije Radivojević<sup>1</sup>  
*Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu<sup>1</sup>*

**Sadržaj** – U okviru rada prikazuje se implementiran alat za testiranje sistema za predviđanje skokova (*branch predictors*) koji se koriste kod procesora sa protočnom obradom (*pipeline*). Prikazani su rezultati testiranja i opisan je način na koji se obavlja simulacija. Alat na osnovu traga izvršavanja programa (*program trace*) vrši testiranje sistema za predviđanje skokova sprovodeći *trace-driven* simulaciju. Tokom simulacije alat beleži procenat tačno predviđenih ishoda instrukcija skokova. U okviru alata implementirano je nekoliko postojećih sistema za predviđanje skokova čiji se kratak pregled daje u ovom radu. Zabeleženi procenti pogodaka kreću se između 84% do preko 99%. Korišćeni su tragovi izvršavanja koji sadrže od 1 miliona do preko 180 miliona instrukcija skokova. Najduže simulacije su se izvršavale nekoliko minuta, dok je najkraće trajanje simulacije iznosilo manje od sekunde.

**Ključne reči** – prediktori skokova, *trace-driven* simulacija, protočna obrada

**Abstract** – *This paper describes the implementation of a tool for testing branch predictors which are used in pipelined processors. This paper shows test results and describes the way that simulation executes. The tool performs trace-driven simulation based on program traces. During the simulation the tool records the percentage of correctly predicted branches. Several existing branch predictors are implemented within the tool. Their brief overview is also presented in this paper. Recorded percentage of correctly predicted branches ranges from 84% to above 99%. Used program traces contain between 1 million and 180 millions branch instructions. The longest simulation time is several minutes and the shortest time is less than a second.*

**Keywords** – *branch predictors, trace-driven simulation, pipeline*

### 1. UVOD

Sistemi za predviđanje skokova ili prediktori skokova (*branch predictors*) kod savremenih procesora sa protočnom obradom (*pipeline*) imaju značajan uticaj na performanse i zbog toga predstavljaju jednu od bitnijih komponenti procesora. Njihova uloga je da prilikom izvršavanja instrukcije skoka odrede, a pre nego što se izvršavanje instrukcije skoka završi, koja je naredna instrukcija za izvršavanje. Kako instrukcija skoka još uvek nije završena i nije poznat stvaran ishod skoka, sistemi za predviđanje skokova treba da sa što većom preciznošću predviđaju ishode skokova. Ukoliko je predviđanje pogrešno dolazi do izvršavanja instrukcija čiji efekat procesor mora da poništi kada se utvrdi stvaran ishod skoka. Ovakve situacije su nepoželjne i mogu značajno da utiču na performanse procesora.

Izvršavanje instrukcija kod procesora sa protočnom obradom je podeljeno u više faza (stepena). Ukoliko se instrukcija skoka nalazi u fazi u kojoj se određuje ishod skoka, a predviđanje je pogrešno, tada se moraju poništiti sve instrukcije koje su na osnovu pogrešnog predviđanja započele izvršavanje i nalaze se u fazama ispred instrukcije skoka. Zbog pogrešnog predviđanja dolazi do smanjenja protočnosti instrukcija, jer procesor mora da radi oporavak od pogrešnog predviđanja.

Kod sistema za predviđanje skokova se mogu uočiti različite karakteristike koje ih odlikuju i na osnovu kojih se mogu međusobno porediti. Jedna od najvažnijih karakteristika jeste preciznost predviđanja koja direktno utiče na bolju protočnost instrukcija. Zatim resursi koje sistemi koriste prilikom predviđanja. Značajan resurs predstavlja količina prostora (*memorija*) koji sistemi koriste za skladištenje informacija. Pošto je količina prostora ograničena nije izvodljivo da se za svaku instrukciju skoka zasebno čuva istorija izvršavanja. Zbog toga više instrukcija skoka dele istu istoriju i ova pojava se naziva *interferencija*.

Alat koji je implementiran u okviru ovog rada služi za testiranje karakteristike preciznosti sistema za predviđanje skokova. Preciznost sistema je definisana kao odnos uspešno predviđenih ishoda skokova i ukupnog broja skokova koji su se izvršili. Sistemi koji su implementirani u okviru ovog alata su testirani nad različitim tragovima izvršavanja programa i sa različitim količinom prostora koju koriste za skladištenje informacija. Alat vrši testiranje sprovodeći *trace-driven* simulaciju nad implementiranim sistemima.

Rad je podeljen u sedam poglavlja. U drugom poglavlju je dat kratak opis nekih postojećih alata. Treće poglavlje sadrži opise sistema za predviđanje skokova koji su implementirani u okviru alata. Četvrto poglavlje prikazuje neke detalje implementacije alata. Peto poglavlje sadrži komentare o simulacijama i dobijenim rezultatima testiranja. Šesto poglavlje predstavlja zaključak, a u sedmom je naveden spisak korišćenih referenci.

### 2. POSTOJEĆI ALATI

U radu [1] je predstavljen simulator RISC procesora sa protočnom obradom koji ima sistem za predviđanje skokova. Simulator poseduje grafički prikaz svih delova procesora uključujući i sistem za predviđanje skokova. Moguće je izvršavati simulaciju ciklus po ciklus i pritom posmatrati šta se dešava sa svakim delom procesora. Druga opcija za izvršavanje simulacije jeste da se sve instrukcije izvrše odjednom i da se vidi samo konačno stanje procesora. Ovaj simulator se može koristiti u

edukativne svrhe za razumevanje načina funkcionisanja procesora sa protočnom obradom.

Alat koji se koristi na takmičenju u prediktorima skokova [2] za razliku od pomenutog simulatora nema grafički prikaz. Ovaj alat ne simulira rad nijednog procesora već samo služi za testiranje prediktora. Sadrži veliki broj tragova izvršavanja koji se mogu koristiti za testiranje prediktora. U okviru alata postoji interfejs čijim implementiranjem se dodaju novi prediktori.

### 3. SISTEMI ZA PREDVIĐANJE SKOKOVA

U okviru ovog poglavlja daje se kratak opis sistema za predviđanje skokova koji su implementirani u okviru alata. Svi oni spadaju u grupu dinamičkih sistema za predviđanje, jer predviđanje računaju na osnovu informacija koje su sakupili tokom izvršavanja programa.

#### 3.1. Dvo-nivoski prediktor

Ovaj sistem koji je opisan u radu [3] čine dva osnovna dela koji se nazivaju *Branch History Register* (BHR) i *History Pattern Table* (HPT). BHR predstavlja registar koji služi da pamti istoriju ranije izvršenih skokova i predstavlja prvi nivo ovog prediktora. To je pomerački registar koji se nakon utvrđenog ishoda skoka ažurira tako što se pomera u levo za jedan bit i na mesto najnižeg bita se upisuje jedinica ili nula na osnovu toga da li se skok desio ili ne, respektivno. Na osnovu sadržaja ovog registra vrši se pristupanje jednom od ulaza u tabeli HPT, koja predstavlja drugi nivo ovog prediktora. Ulazi u ovoj tabeli sadrže vrednosti koje predstavljaju stanje automata na osnovu koga se određuje predikcija.

#### 3.2. Bimodal prediktor

Grupa autora je primetila da dva različita skoka mogu imati istu globalnu istoriju što bi kod nekih prediktora dovelo do pojave negativne interferencije [4]. Negativna interferencija bi se javljala ukoliko bi ti skokovi ispoljavali takvo ponašanje da je jednom od njih uslov za skok često zadovoljen, a drugom da nije. Oni su predložili sistem za predviđanje skokova koji skokove razvrstava u dve grupe. Prva grupa su skokovi kod kojih je uslov skoka često zadovoljen, a druga grupa su skokovi kod kojih uslov skoka često nije zadovoljen. Ovaj prediktor se sastoji iz tri dela. Dva dela predstavljaju dve tabele koje čuvaju automate stanja na osnovu kojih se vrši predviđanje, svaka tabela odgovara jednoj grupi skokova. Treći deo predstavlja selektor koji odabira koja će se od dve tabele koristiti za predviđanje.

#### 3.3. TAGE prediktor

Grupa autora [5] je predložila sistem za predviđanje skokova koji predviđanje računa na osnovu ponašanja skokova koji su se skorije izvršili, ali i na osnovu skokova koji su se ranije izvršili. Ideja *TAGE* (*Tagged GEometric history length*) prediktora je da koristi različiti broj bitova iz globalnog registra prilikom računanja predviđanja. Ovaj prediktor ima nekoliko tabela čiji ulazi sadrže

brojače na osnovu kojih se određuje predviđanje. Pored brojača ovi ulazi sadrže i oznake (*tags*) na osnovu kojih se ove tabele pretražuju. Oznake se dobijaju korišćenjem heš funkcije koja kao parametre koristi bite iz globalnog registra istorije i bite iz adrese skoka. Za svaku od tabela heš funkcija koristi različiti broj bitova globalnog registra istorije. Prilikom računanja predviđanja tabele se pretražuju na osnovu izračunatih heš funkcija. Ukoliko neka od tabela sadrži ulaz sa oznakom koja ima vrednost jednaku izračunatoj vrednosti heš funkcije (pogodak prilikom pretrage) onda se koristi brojač iz tog ulaza i na osnovu njega određuje predviđanje. Ukoliko u više tabela ima pogodaka onda se predviđanje određuje na osnovu one tabela za čije je računanje oznake korišćeno najviše bitova iz globalnog registra istorije. Ukoliko ni u jednoj tabeli nema pogodaka tada se za predviđanje koristi posebna tabela (osnovni prediktor) kojoj se pristupa na osnovu najnižih bitova adrese skoka. Ulazi ove tabele sadrže brojače na osnovu kojih se određuje predviđanje.

#### 3.4. 2bc-gskew prediktor

Ovaj sistem za predviđanje skokova predstavlja hibridni prediktor koji se sastoji *e-gskew* prediktora [6] i meta prediktora, a opisan je u radu [7]. Sam *e-gskew* prediktor se sastoji od tri banke (tabele). Jednu banku predstavlja *bimodal* prediktor, dok druge dve banke su tabele čiji ulazi sadrže automate stanja na osnovu kojih ove tabele daju predviđanje. *E-gskew* prediktor konačno predviđanje daje prostim glasanjem između banki (npr. ako su dve banke dale predviđanje da do skoka dolazi, a jedna da ne dolazi, kao konačno predviđanje se uzima da će do skoka doći). Na ovaj način se ublažava efekat interferencije, jer ukoliko dva skoka dele isti ulaz u nekoj banci, manja je verovatnoća da će deliti isti ulaz u dve ili tri banke. Da bi se ovo obezbedilo za pristup bankama kao indeksi ulaza se koriste rezultati različitih funkcija koje kao parametre koriste adresu skoka i vrednost globalnog registra istorije.

#### 3.5. Perceptrons prediktor

Ovaj sistem za predviđanje skokova je zasnovan na korišćenju neuralne mreže sa perceptronima (*perceptrons*) i opisan je u radu [8]. U osnovi ove neuralne mreže nalazi se perceptron. Perceptron se može predstaviti vektorom čiji su elementi težine (*weights*)  $w_{0..n}$  koje služe da na osnovu ulaznog vektora  $x$  odrede izlaznu vrednost perceptrona  $y$ . Vektor  $x$  sadrži elemente čije se vrednosti određuju na osnovu bita iz globalnog registra istorije. Ako bit globalnog registra istorije ima vrednost nula, onda odgovarajući element vektora  $x$  ima vrednost minus jedan, u suprotnom ima vrednost jedan. Element  $x_0$  uvek je jednak jedinici tako da težina  $w_0$  predstavlja uticaj na predviđanje koje se odnosi na prethodna izvršavanja tog skoka. Izlazna vrednost  $y$  računa se po formuli 1.

$$(1) y = w_0 + \sum x_i * w_i$$

Konačno predviđanje se određuje na osnovu sračunate vrednosti  $y$ . Ukoliko je vrednost  $y$  pozitivna predviđanje je da do skoka dolazi. Ukoliko je vrednost  $y$  negativna predviđanje je da do skoka ne dolazi.

#### 4. IMPLEMENTACIJA ALATA

Alat je implementiran tako da vrši simulaciju rada sistema za predviđanje skoka koristeći tragove izvršavanja programa (*trace-driven* simulacija). Ovaj tip simulacije koristi kao ulazne podatke zapise koji se nalaze unutar neke datoteke (trag izvršavanja programa). Svaki zapis sadrži informacije koje opisuju jednu instrukciju koja se izvršila. Datoteke koje sadrže zapise zahtevaju dosta memorijskog prostora, jer sadrže mnogo informacija. Međutim, ovaj tip simulacije se brže izvršava od *execution-driven* simulacije koja simulira izvršavanje instrukcije uz ažuriranje svakog dela procesora čiji se rad takođe simulira. Zbog toga je odlučeno da se koristi *trace-driven* simulacija. Još jedan razlog za izbor *trace-driven* simulacije jeste da je od najvećeg interesa praćenje preciznosti sistema za predviđanje, a ne rad celog procesora.

Alat je u potpunosti implementiran u programskom jeziku *Java*. U okviru alata je implementirano sedam sistema za predviđanje skokova koji su opisani u drugom poglavlju ovog rada. Svaki sistem koji je implementiran zapakovan je u okviru izvršive *.jar* datoteke koja se pokreće iz komandne linije. Rezultati simulacije se smeštaju u tekstualnu datoteku čija se putanja zadaje prilikom pokretanja *.jar* datoteke. Prilikom pokretanja *.jar* datoteke kao još jedan parametar zadaje se putanja do tragova izvršavanja nad kojim se sistem testira.

Na slici 1. prikazan je primer izlazne datoteke. Za svaki trag izvršavanja u prvom redu se ispisuje njegov naziv. U sledećim redovima se ispisuje broj pogodaka i broj promašaja koji je postigao prediktor. U poslednja dva reda se ispisuje ukupan broj skokova i vreme koliko je trajala simulacija nad posmatranim tragom.

```

=====
art-100M.trace.gz
Hits: 14634869
Misses: 426142
All: 15061011
Percent of hits: 97.17056179030745
Duration: 00:05:52.71
=====
gcc-10M.trace.gz
Hits: 1796920
Misses: 70897
All: 1867817
Percent of hits: 96.20428553760888
Duration: 00:00:48.926
=====

```

Slika 1. Izgled tekstualne datoteke sa rezultatima simulacije dva traga

##### 4.1. Implementacija alata

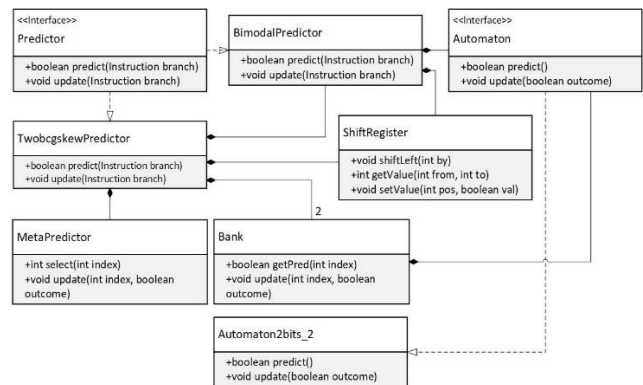
U implementaciji alata najbitnija tri interfejsa su *Instruction*, *Predictor* i *Parser*. Interfejs *Instruction* predstavlja apstrakciju instrukcije koje se čitaju iz traga izvršavanja. Moguće je dohvatiti adresu instrukcije,

proveriti da li se radi o instrukciji skoka i dohvatiti njen ishod, kao i da li se radi o skoku unazad.

Interfejs *Predictor* nasleđuju svi implementirani prediktori u alatu i ima dve metode. Prva metoda kao parametar prima instrukciju skoka i za nju računa predviđanje. Druga metoda takođe kao parametar prima instrukciju skoka i na osnovu ishoda skoka vrši ažuriranje stanja prediktora.

Interfejs *Parser* predstavlja apstrakciju parsera koji čita instrukcije iz traga izvršavanja. Ovaj interfejs sadrži dve metode. Jednom metodom se proverava da li postoji još instrukcija unutar traga koji se trenutno obrađuje, a drugom metodom se dohvata sledeća instrukcija iz traga. Unutar alata implementirana su dva parsera koji čitaju dve različite grupe tragova izvršavanja koji su korišćeniji za testiranje implementiranih sistema.

Na slici 2 prikazan je klasni dijagram koji predstavlja implementaciju *2bc-gskew* prediktora koji je opisan u poglavlju 3.3. Na dijagramu sa slike 2 klasa *TwobcgskewPredictor* predstavlja realizaciju interfejsa *Predictor*. Ovaj prediktor se sastoji od jednog meta prediktora (klasa *MetaPredictor*), dve banke (klasa *Bank*), jednog *bimodal* prediktora (klasa *BimodalPredictor*) i globalnog registra istorije (klasa *ShiftRegister*). Klase *Bank* i *BimodalPredictor* za predviđanje koriste automate stanja koji su predstavljeni interfejsom *Automaton*. Na dijagramu je predstavljena jedna realizacija ovog interfejsa klasom *Automaton2bits\_2*.



Slika 2. Klasni dijagram *2bc-gskew* prediktora

Na slici 3 je prikazan programski kod koji izvršava *trace-driven* simulaciju. U petlji se vrši čitanje instrukcija iz traga izvršavanja korišćenjem parsera. Pročitana instrukcija se smešta u promenljivu *ins* i nakon toga se vrši provera da li se radi o instrukciji skoka. Ukoliko pročitana instrukcija nije instrukcija skoka tada se prelazi odmah na čitanje sledeće instrukcije. Kada je pročitana instrukcija skoka tada se nad objektom *predictor* poziva metoda *predict(ins)* koja računa predviđanje. Izračunato predviđanje se potom upoređuje sa stvarnim ishodom skoka koje se dobija pozivom metode *isTaken()* nad objektom instrukcije *ins*. Na osnovu rezultata poređenja vrši se ažuriranje brojača koje sadrži objekat *stats* koji služi za praćenje preciznosti prediktora. Nakon toga se ažurira i stanje prediktora pozivanjem metode *update(ins)* nad objektom prediktora *predictor*. Ovo se sve izvršava u

petlji koja prestaje sa radom kada se sve instrukcije pročitaju iz traga izvršavanja.

```
//...
Statistics stats = new Statistics();
Predictor predictor = new TwobcgskewPredictor(10, 65536, 2, 13);
Parcer parcer = new CBP_Parser(pathToTrace);
//...
Instruction ins;
while ((ins = parcer.getNext()) != null) {
    if(!ins.isBranch()) continue;

    boolean prediction = predictor.predict(ins);
    if (prediction != ins.isTaken())
        stats.incNumOfMisses();
    else
        stats.incNumOfHits();
        stats.incNumOfBranches();

    predictor.update(ins);
}
//...
```

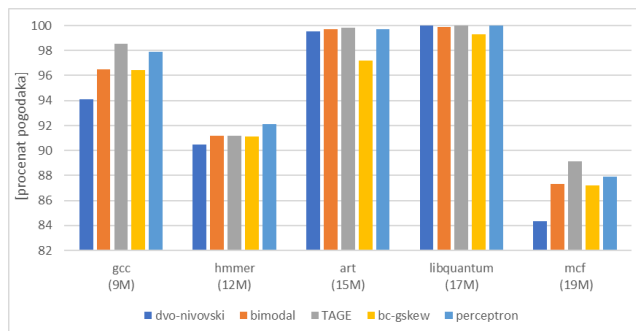
Slika 3. Primer programskog koda koji izvršava trace-driven simulaciju

## 5. REZULTATI TESTIRANJA

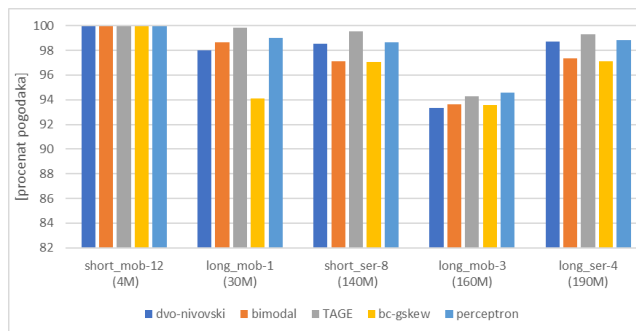
Parametar koji se posmatrao prilikom testiranja jeste procenat uspešno predviđenih ishoda skoka. Sistemi su testirani sa tri različite veličine prostora za skladištenje informacija koje pamte tokom rada. Te veličine iznose 32KB, 64KB i 128KB. Prilikom testiranja korišćene su dve grupe tragova izvršavanja. Prvu grupu (grupa 1) predstavljaju tragovi izvršavanja programa koji su preuzeti sa kursa Arhitektura računara (*Computer Architecture*) sa departmana *Computer and Information Science* sa Univerziteta u Pensilvaniji [9]. Drugu grupu (grupa 2) čine tragovi izvršavanja programa koji su preuzeti sa takmičenja u prediktorima skokova [2]. Tragovi izvršavanja iz ove dve grupe sadrže od 1 miliona do preko 180 miliona instrukcija skokova. Implementirani sistemi su testirani i u zavisnosti od traga izvršavanja i veličine prostora koji su koristili tokom rada prediktori su zabeležili procenat pogodaka koji se kreće između 84% do preko 99%.

### 5.1. Simulacija

Implementirani sistemi u okviru alata su testirani na računaru sa procesorom *Intel Core i7-8550U* i 16GB operativne memorije. Najkraće izvršavanje simulacije iznosi manje od jedne sekunde, dok najduže izvršavanje je nekoliko minuta u zavisnosti od složenosti sistema za predviđanje skokova i grupe korišćenih tragova izvršavanja. Na slikama 3 i 4 prikazani su grafikoni procenata pogodaka koji su prediktori zabeležili na tragovima izvršavanja iz grupe 1 i grupe 2, respektivno. Prikazani su rezultati pet tragova izvršavanja svake grupe. U zagradama ispod naziva traga izvršavanja stoji približan broj instrukcija skokova koji posmatrani trag sadrži. Na y osi grafikona prikazani su procenti pogodaka. Prikazani rezultati su zabeleženi kada su prediktori koristili 128KB prostora za skladištenje informacija, jer su te simulacije trajale najviše vremena i tada su prediktori postigli najbolje preciznosti.

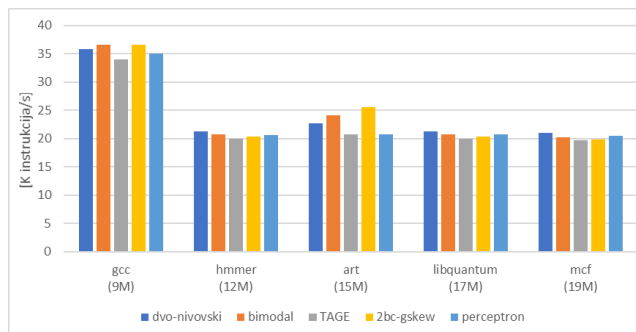


Slika 4. Procenat pogodaka na tragovima grupe 1

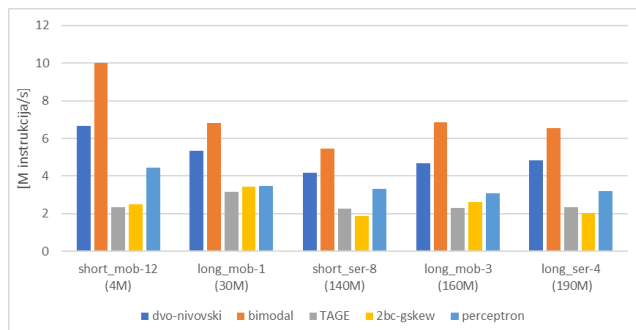


Slika 5. Procenat pogodaka na tragovima grupe 2

Na slikama 6 i 7 prikazani su grafikoni koji predstavljaju prosečan broj instrukcija skokova koje su se izvršile u jedinici vremena za tragove iz grupa 1 i grupa 2, respektivno. Na y osi prikazan je prosečan broj instrukcija skokova koje su se izvršile u jednoj sekundi. Na slici 6 je taj broj predstavljen u kilo instrukcijama, a na slici 7 u mega instrukcijama.



Slika 6. Vreme izvršavanja na tragovima grupe 1



Slika 7. Vreme izvršavanja na tragovima grupe 2

Ukoliko se uporede vremena koja su potrebna za izvršavanje simulacija može se videti da je više vremena bilo potrebno za izvršavanje simulacije sa *TAGE* prediktorom nego sa dvo-nivovskim prediktorom. Prosečan broj skokova koji se izvrši u jednoj sekundi veći



je kod dvo-nivovskog prediktora. Ovo je očekivano jer je TAGE prediktor jedan od najsloženih prediktora i simulaciji treba više vremena, a dvo-nivovski jedan od jednostavnijih prediktora koji su implementirani u okviru alata. Sa povećanjem broja instrukcija skokova povećava se i potrebno vreme izvršavanja simulacije i to važi za sve prediktore. Ukoliko se pojedinačno posmatraju prediktori, broj izvršenih skokova u jednoj sekundi je približno isti za različite tragove u okviru iste grupe. Na osnovu toga se može zaključiti da se najveći deo vremena potroši na čitanje tragova izvršavanja iz datoteka.

Ako se uporede vremena potrebna za izvršavanje simulacija tragova grupe 1 i grupe 2 vidi se da je daleko manje vremena potrebno za izvršavanje tragova iz grupe 2. Sa slika 6 i 7 se vidi da je broj izvršenih skokova u jednoj sekundi izrazito veći kod tragova iz grupe 2, razlika iznosi tri reda veličine. Razlog za to jeste različit format i sadržaj datoteka tragova grupe 1 i grupe 2. Tragovi grupe 2 sadrže samo instrukcije skokova koje su se izvršile, dok tragovi iz grupe 1 sadrže i ostale tipove instrukcija. Razlika u vremenu nastaje usled čitanja i ostalih tipova instrukcija koje nisu potrebne za simulaciju.

## 5.2. Komentari o rezultatima

Prilikom testiranja prediktora su koristili približno 32KB, 64KB i 128KB prostora za skladištenje informacija tokom rada. Postojala su neka odstupanja koja su bila do nekoliko KB preko ili ispod pomenutih vrednosti. Odstupanja su nastala kao rezultat različitih struktura i različitog broja struktura koje prediktori koriste za skladištenje informacija. Takođe, na konačnu veličinu prostora koju su koristili prediktori ima i uticaj način na koji su strukture interno povezane, kako se njima pristupa i na osnovu kojih vrednosti (bitovi adrese instrukcije skoka, vrednosti iz drugih struktura, itd.). Rezultati testiranja preciznosti su pokazali da su neki prediktori procenat pogodaka najviše uspeali da poprave preko 2% kada su koristili 128KB prostora umesto 32KB. Na osnovu toga se može zaključiti da ova odstupanja od nekoliko KB nisu imala velikog uticaja na rezultate.

Promena veličine prostora koji prediktori imaju na raspolaganju je obavljena na način da se poveća broj ulaza unutar nekih njihovih struktura koje koriste za čuvanje informacija. Dobijeni rezultati pokazuju da sa povećanjem prostora prediktori postižu veću preciznost. Bilo je i izuzetaka kod nekih prediktora gde je preciznost malo opala kada su koristili 64KB, dok su bolje rezultate ostvarili koristivši 32KB. Na nekim tragovima su prediktori postizali istu preciznost bez obzira na veličinu prostora koji su imali. Međutim, rezultati koje je postigao dvo-nivovski prediktor su gotovo uvek isti bez obzira na količinu prostora. Razlog za tako nešto jeste da je kod njega povećan broj ulaza samo u nekim strukturama (strukturama prvog nivoa). Pored povećanja broja ulaza moguće je prostor koji koristi prediktor povećati i na drugi način. Umesto da se poveća broj ulaza, može se povećati veličina (širina) ulaza. Unutar ulaza se čuvaju vrednosti raznih brojača i (ili) oznaka (*tags*). Može se povećati broj bitova koji služe za njihovo pamćenje.

Dakle, na rezultate koje su postigli prediktori uticaj može imati i način na koji se vrši povećanje prostora.

## 6. ZAKLJUČAK

Realizovani alat sprovodi *trace-driven* simulaciju koja je bila pogodna da bi se ispratila preciznost sistema za predviđanje. Međutim, za posmatranje nekih drugih karakteristika ovaj tip simulacije nije najpogodniji. Na primer prilikom testiranja preciznosti u obzir nisu uzimana kašnjenja koja postoje kod ovih sistema. Kod procesora sa protočnom obradom računanje predviđanja i ažuriranje stanja prediktora nije u okviru istog ciklusa, već se ažuriranje prediktora obavlja u nekom kasnijem ciklusu. Kod *trace-driven* simulacije koja je realizovana u okviru implementiranog alata računanje predviđanja i ažuriranje stanja prediktora se obavlja u istom trenutku što nije ista situacija kao kod procesora sa protočnom obradom.

Realizovan alat može poslužiti za testiranje novih ideja za realizaciju sistema za predviđanje skokova. Alatu koji je implementiran se lako mogu dodavati novi sistemi koji se potom mogu testirati i njihove preciznosti uporediti sa već implementiranim sistemima u okviru alata. Pored dodavanja novih prediktora, moguće je testirati implementirane sisteme sa nekim novim skupom tragova izvršavanja dodavanjem parsera koji će ih čitati. Takođe, alat se može proširiti da vrši i simulaciju kašnjenja koja postoje kod ovih sistema i tako videti kako ona utiču na preciznost. Ovo će biti pravci kojim će se dalje razvijati opisani alat.

## ZAHVALNICA

Rad na ovom projektu je delimično bio finansiran od strane Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije (III44009 i TR32047). Autori zahvaljuju na finansijskoj podršci.

## 7. REFERENCE

- [1] Stojkovic, A., J. Djordjevic, and B. Nikolic. "WASP: a web-based simulator for an educational pipelined processor." *International Journal of Electrical Engineering Education* 44.3 (2007): 197-215.
- [2] Championship Branch Prediction CBP-5 (<https://www.jilp.org/cbp2016/>, 15.08.2018.)
- [3] Yeh, Tse-Yu, and Yale N. Patt. "Two-level adaptive training branch prediction." *Proceedings of the 24th annual international symposium on Microarchitecture*. ACM, 1991.
- [4] Lee, Chih-Chieh, I-Cheng K. Chen, and Trevor N. Mudge. "The bi-mode branch predictor." *Proceedings of the 30th annual ACM/IEEE international symposium on Microarchitecture*. IEEE Computer Society, 1997.

- [5] Seznec, André and Pierre Michaud. "A case for (partially) TAgged GEometric history length branch prediction." *J. Instruction-Level Parallelism* 8 (2006): n. pag.
- [6] Michaud, Pierre, André Seznec, and Richard Uhlig. "Trading conflict and capacity aliasing in conditional branch predictors." *ACM SIGARCH Computer Architecture News* 25.2 (1997): 292-303.
- [7] Seznec, André, and Pierre Michaud. *De-aliased hybrid branch predictors*. Diss. INRIA, 1999.
- [8] Jiménez, Daniel A., and Calvin Lin. "Dynamic branch prediction with perceptrons." *High-Performance Computer Architecture, 2001. HPCA. The Seventh International Symposium on*. IEEE, 2001.
- [9] Computer Architecture, Computer and Informatics Science University of Pennsylvania (<https://www.cis.upenn.edu/~milom/cis501-Fall12/traces/trace-format.html>, 15.08.2018.)

# DIGITALNI TAHOMETAR VISOKIH PERFORMANSI ZASNOVAN NA MERENJU VREMENSKE PERIODE POMOĆU DVA BROJAČA

## HIGH PERFORMANCE DIGITAL TACHOMETER BASED ON THE TIME PERIOD MEASUREMENT USING TWO COUNTERS

Ljubiša Jovanović  
Institut Mihajlo Pupin

**Sadržaj** – U radu je predstavljen precizni digitalni tahometar zasnovan na novoj metodi za merenje ugaone brzine koja koristi dva hardverska brojača. Primenjen je u uređaju za precizno merenje ugaone brzine turbine generatora električne energije. Hardver je implementiran u savremenom CPLD čipu koji radi zajedno sa mikrokontrolerom. Metoda se zasniva na merenju vremenske periode impulsa i obezbeđuje visoku tačnost, visoku pouzdanost i brz odziv u celom mernom opsegu. Greška rezolucije pri maksimalnoj brzini i na referentnoj učestanosti od 20 MHz je reda veličine  $50 \times 10^{-5}$ .

**Abstract** - The paper presents a new method for measuring angular speed using two hardware counters. It is applied in the device for precise measurement of the angular speed of the turbine of the power generator. The hardware is implemented within the modern CPLD chip operating in conjunction with a microcontroller. The method is based on the pulse period measurement and provides high accuracy, high reliability and fast response within the entire measurement range. The resolution error at a maximum speed and at reference frequency of 20 MHz is of the order of  $50 \times 10^{-5}$ .

### 1. UVOD

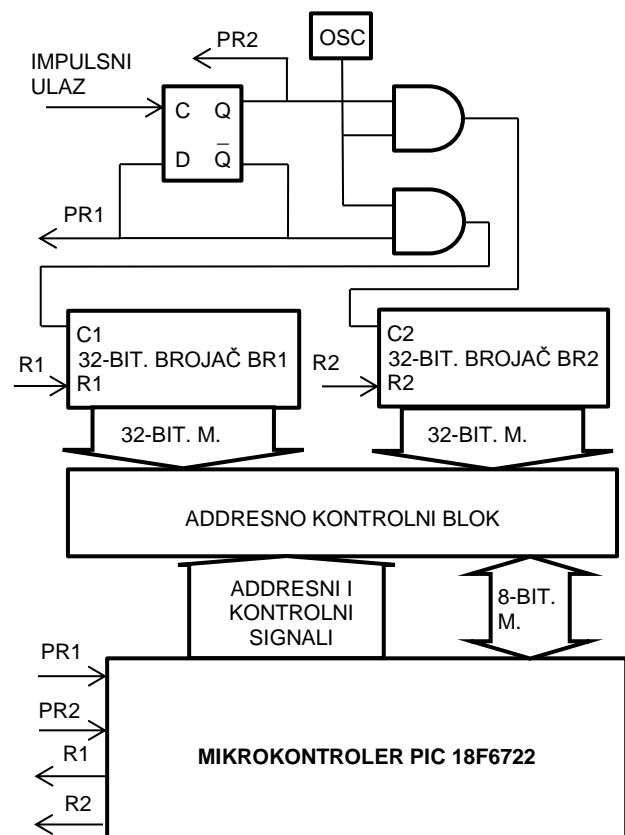
Precizna merenja ugaone brzine rotirajućih objekata imaju poseban značaj i obavljaju se u različitim oblastima, kao što su elektroprivreda, vazduhoplovna industrija, vojna industrija, itd. Nezavisno od primenjene metode ovih merenja, potrebno je prvo detektovati rotaciju vratila. Tipični uređaji koji se koriste kao senzori za tu namenu su rotacioni enkoderni, blizinski induktivni senzori, fotoelektrični senzori itd. Ovi uređaji šalju informacije o brzini okretanja u obliku impulsa [1] - [3] koji se dalje obrađuju različitim metodama merenja.

Metode za merenje ugaone brzine mogu se grubo podeliti u dve glavne grupe: metode merenja frekvencije impulsa i metode merenja dužine trajanja vremenske periode impulsa. U principu, merenje frekvencije je pogodnije za brzo rotirajuće uređaje, kao što su motori i turbine koji imaju tipične brzine u hiljadama okretaja u minuti (RPM). U ovom slučaju broj izbrojanih impulsa senzorskog davača u jedinici vremena proporcionalan je ugaonoj brzini. Merenje dužine trajanja periode impulsa senzorskog davača je pogodnije kod sporo rotirajućih uređaja kod kojih je ugaona brzina manja od 10 o/min. Postoje slučajevi kada se ugaona brzina mora meriti u širokom dinamičkom opsegu, tako da postoje metode koje kombinuju ove dve metode [1] - [4]. Precizno merenje ugaone brzine je od posebnog značaja u kontrolnim sistemima u kojima se ugaona brzina održava konstantnom [4], kao što je slučaj sa turbinom generatora električne

energije. U ovom slučaju, pored visoke preciznosti, potrebno je obezbediti i kratko vreme odziva.

### 2. OPIS NOVE METODE

Uzimajući u obzir da je jedan od glavnih zahteva kratko vreme odziva (reda od nekoliko milisekundi), osnovna ideja bila je da se meri dužina trajanja periode impulsa u celom opsegu ugaone brzine (od 1 do 3000 o / min), i pri tom obezbedi dovoljno visoka rezolucija pri maksimalnoj ugaonoj brzini. Na Sl. 1 je prikazan pojednostavljeni blok dijagram hardvera, a odgovarajući vremenski dijagram karakterističnih signala je prikazan na Sl. 2.



Slika 1. Uprošćeni blok dijagram hardvera

Ulazni impulsni signal se dovodi na ulaz D flip-flopa, koji se koristi kao delitelj učestanosti sa dva. Dužina trajanja pozitivnih impulsa na izlazima Q i /Q jednaka je dužini trajanja uzastopnih perioda ulaznih impulsa. Svaki od ovih signala dolazi do jednog od dva digitalna logička I kola. Impulsni signal visoke frekvencije se takođe dovodi na ulaze ovih logičkih I kola. Ovi impulsi se naizmenično prosleđuju na ulaze odgovarajućih brojača BR1 i BR2. Svaki od ova dva 32-bitna brojača asinhrono broji impulse oscilatora za vreme jedne periode.



Slika 2. Vremenski dijagrami signala

Kao što se može videti iz vremenskog dijagrama na Sl. 2, dok jedan brojač broji, drugi je zaustavljen i čeka da njegov sadržaj bude očitavan od strane mikrokontrolera koji je prikazan na Sl. 1. Ovo očitavanje se vrši u odgovarajućim prekidnim potprogramima mikrokontrolera. Izlazni signali sa D flip flopa se dovode i na odgovarajuće prekidne ulaze mikrokontrolera tako da se odgovarajući prekidni potprogrami pokreću na padajuće ivice ovih signala. Tako, na padajuću ivicu PR2 signala (PR2=Q) (pošto je brojanje impulsa brojača BR2 zaustavljeno), generiše se odgovarajući prekid. Mikrokontroler zatim očitava sadržaj brojača BR2 (četiri bajta (32 bita) ) pomoću adresnog kontrolnog bloka, (Sl. 1) i pomoću R2 signala resetuje brojač BR2 koji zatim čeka impulsni niz tokom naredne merne periode. Unutar potprograma prekida, mikrokontroler dalje izračunava ugaonu brzinu  $n$  (u obrtajima u minuti) prema formuli

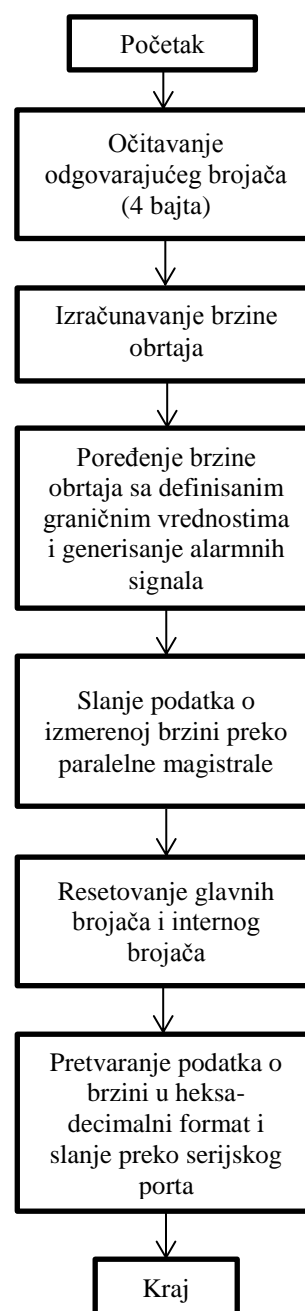
$$n = 60 \cdot f_c / (N_T \cdot N_C), \quad (1)$$

gde je  $f_c$  učestanost oscilatora,  $N_T$  je broj zuba po jednom krugu, a  $N_C$  broj izbrojanih impulsa sa brojača. Izračunata vrednost se šalje preko posebne paralelne magistrale ostatku sistema. Mikrokontroler zatim čeka padajuću ivicu signala PR1 i tada izvršava rutinu prekida u kojoj ponavlja ove operacije za brojač BR1. Odavde, kao i iz vremenskog dijagrama signala (Sl. 2), vidi se da mikrokontroler generiše podatke o izmerenoj ugaonoj brzini nakon svake periode impulsa.

### 3. OPIS NOVOG UREĐAJA

Ceo hardver predstavljen na Sl. 1, isključujući mikrokontroler i oscilator OSC je integrisan u jedan CPLD (kompleksni programabilni logički uređaj) čip - ZINLINKS KSCR3256. Unutar ovog čipa implementirani su, programabilni prescaler, kao i sklop debaunsera kako bi se filtrirao i potisnuo šum. Programabilni prescaler je povezan sa blokom mikroprekidača smeštenih na modulu pomoću kojih je moguće izabrati faktor deljenja preskalera (1, 2, 4, ili 8). Upotrebljen je mikrokontroler PIC 18F6722, koji, pored prethodno opisane prekidne rutine, može i da vrši usrednjavanje mernih podataka na osnovu nekoliko uzastopnih merenja ako je potrebno. Na modulu mernog uređaja su postavljena dva identična merna kanala, čiji odgovarajući mikrokontroleri komuniciraju sa celim sistemom upravljanja preko paralelnog hardverskog interfejsa koji je integrisan u treći CPLD čip istog tipa. Uređaj ima i pomoćni serijski izlaz tipa RS232 sa brzinom prenosa od 921600 Boda, za prihvatanje i prikazivanje izmerenih vrednosti ugaone brzine na PC kompatibilnom

računaru (laptopu) pomoću RS232/USB konvertora. Ovaj serijski izlaz služi za proveravanje tačnosti i funkcionalnosti uređaja u jednostavnim laboratorijskim uslovima korišćenjem impulsnog generatora i personalnog računara (laptopa). Pored gore opisanog hardvera u uređaju se koristi jedan interni brojač integrisan u mikrokontroleru koji služi za detektovanje prestanka okretanja turbine. Interni brojač je tako konfigurisan da broji impulse oscilatora mikrokontrolera. Ovaj brojač se resetuje u svakoj prekidnoj rutini, a u slučaju da dođe do njegovog prekoračenja generiše se prekid koji u svojoj prekidnoj rutini generiše signal da nema okretanja turbine odnosno da je ugaona brzina jednaka nuli. Dakle u programsku memoriju mikrokontrolera upisana su tri potprograma prekida. Jedan je prethodno opisani koji

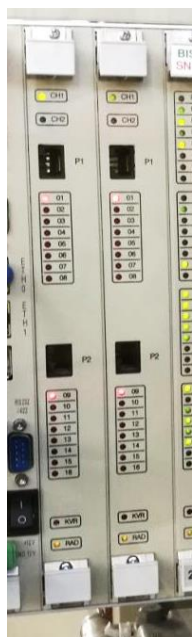


Slika 3. Strukturni dijagram potprograma prekida

detektuje nultu brzinu, a druga dva imaju strukturu prikazanu na Sl. 3 i oni vrše očitavanje odgovarajućih brojača. Kao što se vidi sa Sl. 3 posle očitavanja sadržaja odgovarajućeg brojača i izračunavanja ugaone brzine mikrokontroler obavlja poređenje trenutne vrednosti sa unapred zadatim graničnim vrednostima (kao što je npr. vrednost nadbrzine i sl.) i po potrebi generiše odgovarajuće alarmne signale koji se dalje šalju sistemu hardverski preko optofetova i pri čemu se pale i odgovarajući LEDovi na prednjoj ploči modula. Zatim se vrši slanje podatka o brzini preko paralelne magistrale sistemu, zatim resetovanje glavnih brojača i internog brojača i na kraju vrši se pripremanje i slanje podatka o izmerenoj brzini preko serijskog porta.



Slika 4. Izgled modula



Slika 5. Dva modula smeštena u reku

#### 4. PREDNOSTI I OGRANIČENJA NOVE METODE

Osnovna karakteristika nove metode je njena funkcionalna jednostavnost i jednostavnost hardverske i softverske strukture. Ugrađeni program zauzima relativno mali deo programske memorije mikrokontrolera. Rezultati merenja se dobijaju u svakoj periodi impulsa. Osnovni princip rada je jednostavan i veoma efikasan. Dužina brojača od 32 bita, praktično sprečava pojavu prekoračenja brojanja. Maksimalna učestanost takta koju hardver može prihvatiti koristi se za merenje periode spoljašnjih impulsa. Dakle, glavno ograničenje u pogledu rezolucije je maksimalna frekvencija takta koju CPLD čip može prihvatiti, koja za ovaj čip iznosi 150 MHz. Još jedno ograničenje ove metode je u pogledu maksimalne vrednosti frekvencije ulaznih impulsa. Perioda ulaznog impulsa ne bi trebalo da bude kraća od dužine trajanja potprograma prekida koja u razvijenoj implementaciji iznosi nekoliko mikrosekundi na odabranoj frekvenciji internog oscilatora mikrokontrolera od 7.3728 MHz. Jedna od značajnijih osobina upotrebljenog mikrokontrolera koji pripada seriji PIC 18Fxxxx je da operaciju množenja dva bajta izvršava u trajanju jednog instrukcijskog ciklusa, što značajno doprinosi kraćem trajanju prekidnog potprograma. U prekidnoj rutini inače obavlja se i slanje podatka o izmerenoj ugaonoj brzini i preko pomoćnog serijskog porta.

#### 5. ZAKLJUČAK

U radu je predstavljen precizni digitalni tahometar zasnovan na novoj hardverskoj metodi za merenje dužine trajanja periode impulsa. Primenjen je u uređaju za precizno merenje ugaone brzine turbine generatora električne energije. Hardver je implementiran u savremenom CPLD čipu koji radi zajedno sa mikrokontrolerom. Metoda obezbeđuje visoku tačnost, visoku pouzdanost i brz odziv u celom mernom opsegu. Greška rezolucije pri maksimalnoj brzini i pri učestanosti referentnog taktog signala od 20 MHz je reda veličine  $50 \times 10^{-5}$ .

#### LITERATURA

- [1] M. Prokin, "Double buffered wide-range frequency measurement method for digital tachometers," IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. 40, no. 3, pp. 606 – 610, June 1991.
- [2] N. Stojkovic, Z. Stare and N. Mijat, "Dual-mode digital revolution counter," IMTC 2001 Conf. Digest, p. 950, May 2001.
- [3] R. Borneth, "Design of high performance digital tachometer with a microcontroller," IEEE Trans. Instrum. Meas., vol. 38, no. 6, pp. 1104 – 1108, Dec 1989.
- [4] T. Ohmae, T. Matsuda, K. Kamiyama and M. Tachikawa, "A microprocessor-controlled high-accuracy wide-range speed regulator for motor drivers," IEEE Trans. Industr. Electr., vol. 29, no. 3, pp. 207 – 211, Aug 1982.

# AUTOMATSKI SISTEM ZA PROGNOZU DOTOKA NA PROFILIMA HIDROELEKTRANA: „METEOSAR“ - PRIMER: REKA DRINA

## AUTOMATED SYSTEM FOR THE FORECAST OF INFLOWS ON THE PROFILES OF HPP: „METEOSAR“, EXAMPLE: DRINA RIVER BASIN

Branko Sparavalo<sup>1</sup>, Radomir Radojičić<sup>2</sup>  
JP Elektroprivreda Srbije<sup>1</sup>, „Meteos Media d.o.o.“<sup>2</sup>

**Sadržaj** – Sistem za automatsku prognozu dotoka na profilima hidroelektrana se sastoji iz meteo i hidro podsistema, baze podataka i sistema za prikaz i verifikaciju podataka. Hidrološki model SSARR koristi prognoze padavina i temperatura tri različita meteorološka modela kako bi se smanjile greške, pre svega vezane za prognozu padavina. Prikazana je primena na slivu Drine, a sistem radi operativno nekoliko godina i služi kao pomoć pri planiranju rada hidroelektrana, a u slučaju najave poplavnih talasa pomaže u smanjenju gubitaka zbog preliva i umanjivanju šteta od poplava pravovremenim pražnjenjem akumulacija kako bi se amortizovao vrh poplavnog talasa.

**Abstract** - The system for automatic forecasting of inflows on hydroelectric plant profiles consists of meteo and hydro subsystems, databases and systems for displaying and verifying data. The hydrological model SSARR uses precipitation forecasts and the temperature of three different meteorological models to reduce errors, primarily related to precipitation forecasts. The application is presented on the Drina River Basin, and the system has been operational for several years and serves as a help in planning the operation of hydroelectric power plants, and in case of announcement of flood waves it helps to reduce losses due to flooding and to reduce damage from the flood by timely discharge of reservoirs in order to amortize the top of the flood wave.

### 1. UVOD

Prognoza dotoka na profilima hidroelektrana za više dana unapred je veći problem kod manjih i srednjih rečnih slivova koji imaju brži odziv vodostaja i dotoka na padavine. To su recimo sve pritoke reke Save, a najbolji primer je sliv reke Drine. Da bi se pravovremeno prognoziraio dotok ili poplavni talas, neophodan je hidrološki model tipa „padavine-oticaaj“ i kvalitetne meteo prognoze padavina i temperatura za sve podslivove na slivnom području hidroelektrana. Akumulacione hidroelektrane mogu dosta pomoći kod ublažavanja posledica poplavnog talasa, pravovremenim pražnjenjem akumulacije radi prihvatanja veće količine vode. U normalnim situacijama, prognoza dotoka je bitna za planiranje rada agregata, za trgovinu električnom energijom, ali i za sve druge vodoprivredne aktivnosti poput navodnjavanja, vodenog saobraćaja, ribolova itd.

Da bi se dobila prognoza dotoka za takve slivove, neophodno je uvezati dva sistema: meteorološki i hidrološki sa pripadajućim simulacionim i prognostičkim modelima. Podrazumeva se korišćenje svih raspoloživih osmotrenih meteo i hidro podataka sa sliva. Zatim se

obebeđuju meteo prognoze iz više meteo modela radi povećanja sigurnosti i veće tačnosti, a onda ti podaci predstavljaju ulaz u hidrološki model koji vrši najpre simulaciju prethodnog stanja, a zatim i prognozu dotoka do dana do kada je dostupna meteo prognoza. To je obično 7 do 10 dana unapred sa zadovoljavajućim i primenljivim rezultatima.

### 2. HIDRO PODSISTEM

Za hidrološki simulacioni i prognostički model je korišćen program SSARR (Streamflow Synthesis and Reservoir Regulation) [1] koji je prvi put primenjen na slivu reke Kolumbije u SAD. Ovaj model omogućava primenu na bilo koji sliv uz prethodno prilagođavanje karakteristikama sliva, izmenu raznih parametara, simulaciju i tariranje modela sa istorijskim podacima kako bi se model najpreciznije ukomponovao sa svakim slivom i maksimalno smanjile greške. Radi toga je potrebno svaki sliv podeliti na odgovarajući broj podslivova i visinskih zona u skladu sa reljefom, raspoloživim brojem osmatračkih stanica i lokacijama Hidroelektrana. Osnovi podaci koji se koriste u prethodnim simulacijama su vodostaji, dotoci/protoci, temperature i količina padavina. Interval može biti od satnog do dnevnog, a svakako je najbolje da je što manji, posebno za slivove koji imaju brži odziv dotoka na padavine. U ovom slučaju se koristi šestosatni interval diskretizacije jer je i većina dostupnih osmotrenih podataka u tom intervalu.

The Streamflow Synthesis and Reservoir Regulation (SSARR) Model was developed to provide mathematical hydrologic simulations for systems analysis as required for the planning, design, and operation of water control works. The SSARR Model has been further developed for operational river forecasting and river management activities. As a general purpose mathematical model of a river system, the SSARR Model is a useful tool for streamflow and runoff forecasting, as well as for long term studies of the hydrology of a river system. Numerous river systems in the United States and abroad have been modeled with the SSARR Model by various agencies, organizations, and universities.

### 3. METEO PODSISTEM

METEO podsistem sadrži programe za prikupljanje, kontrolu i ažuriranje osmotrenih hidro i meteo podataka dostupnih preko državnih HM Zavoda BiH, RS, Crne Gore i Srbije, kao i preko privatnih mreža stanica na slivu. Zatim, ovaj podsistem takođe sadrži program za obradu i

pripremu prognoza padavina i temperatura tri nezavisna meteorološka prognostička modela po stanicama sliva za koje postoje i osmotreni podaci. Zajedno sa poslednjim osmotrenim podacima, ovi prognostički podaci su ključni ulazni podaci u hidro model za izradu prognoze dotoka. Koriste se prognoze sledećih meteo modela: ECmos (Model Output Statistics) na prognozama ECMWF modela [2] (European Center for Medium range Weather Forecasting), GFS (Američki model) [3] i GEM-GDPS (Kanadski model) [4]

#### 4. BAZA PODATAKA

Baza meteo i hidro podataka je razvijena na platformi MySQL i omogućava pristup svih prethodnim osmotrenim podacima sa sliva Drine, kao i prognozama tako da se može korisiti za dodatne analize.

Baza se sastoji od: Synop baze meteoroloških podataka, baze hidroloških podataka i baze meteo prognoza tri nezavisna modela. Podaci u bazi se osvežavaju u različitim vremenskim intervalima od 5 min do jednog dana. Iz Baze se procesuiraju svi podaci i pripremaju za pokretanje hidrološkog modela SSARR.

Rezultati SSARR modela se vraćaju u bazu podataka i sa svim ostalim podacima su dostupni korisniku preko web interfejsa. Od razvojnih okruženja korišćeni su PHP, Java script i HTML za pristup bazi i za prikaz podataka na webu.

#### 5. PODSISTEM ZA PRIKAZ I VERIFIKACIJU METEO I HIDRO PROGNOZA

Svi prethodno osmotreni podaci se upoređuju sa meteo i hidro prognozama i sistem prikazuje apsolutne i relativne greške po stanicama i profilima HE za sva tri meteo modela koja su ulaz u hidro model. Verifikacija je dosta komplikovana jer na grešku prognoze dotoka utiče dosta faktora: S jedne strane greška samog hidro modela, zatim greške u prognozama temperatura i padavina, kao i greške u proceni gradijenta temperature sa visinom, a samim tim i određivanja zone kišnih i snežnih padavina i zone topljenja snega. Dodatak tome je da prognoze temperatura i padavina imaju tendenciju uvećanja greške sa povećanjem broja dana u budućnosti. Međutim, pokazalo se da sve ove moguće greške ne remete mogućnost sistema da u velikom broju slučajeva odlično prognozira veće talase vode koji se očekuju tokom sledećih 7 dana usled najavljenih obilnijih padavina i/ili topljenja snega.

#### 6. RAČUNARSKA I SISTEMSKA PLATFORMA

Server na kome radi kompletan sistem prognoze je baziran na Linux-CentOS operativnom sistemu, dok klijentska radna stanica ima Windows okruženje i aplikacije razvijene za startovanje, prikaz i obradu rezultata. Na klijentskoj stanici se koristi Lambrecht-ov softver za prikupljanje podataka sa dodatnih stanica u vlasništvu HE Višegrad koje se prosleđuje na server.

U Windows okruženju se obavlja i upravljanje pojedinim delovima hidrološkog modela i vrše se intervencije u neophodnim slučajevima.

Takođe, putem window okruženja se vrši periodično zadavanje početnih uslova u Hidro modelu SSARR (na svaka 2-3 meseca) i korekcija startnih simulacionih rezultata do trenutka kada počinje prognoza. Vremenski korak hidro modela je 6h sa mogućnošću prebacivanja na satnu diskretizaciju.

#### 7. PRIMER NA SLIVU DRINE

Sliv reke Drine je u Hidro modelu SSARR podeljena na podslivove: Piva, Tara, Lim, zatim deo Drine sa levim pritokama do Foče i podslivovi između profila hidroelektrana. Koriste se sve raspoložive meteo i hidro osmatračke stanice na slivu. Izvršena je podela na 6 visinskih zona u gornjem delu sliva i 5 zona u srednjem slivu Drine radi lakšeg praćenja otapanja i akumuliranja snega. Operater sistema vrši zadavanje početnih uslova jednom u svaka 2-3 meseca i korekciju startnih simulacionih rezultata do trenutka kada počinje prognoza. Ovo je prepušteno operateru zbog odabira najpovoljnijeg dana za početak starta hidro modela. Tu je bitno da u prethodnih 5 do 7 dana nije bilo padavina i bitnog remećenja vodnog režima, kako bi se sa što preciznijim i „stabilnim“ podacima ušlo u prognostički ciklus. Zatim, sistem samostalno radi dva puta dnevno sa prognostičkim podacima tri nezavisna meteo modela tokom sledećih par meseci uz povremene intervencije. Vremenski korak modela je 6h sa mogućnošću prebacivanja na satnu diskretizaciju kada svi osmotreni podaci budu dostupni na satnom intervalu.

Koriste se podaci o vodostajima-proticajima na postojećoj mreži hidroloških stanica, kao i na profilima Hidroelektrana na slivu: HE Piva (dotok/protok), HE Bistrica (protok), HE Potpeć (dotok/protok), HE Višegrad (dotok/protok), HE Bajina Bašta (dotok/protok), RHE B.Bašta (pumpanje / protok), HE Zvornik (dotok/protok). Prognoza dotoka se izrađuje za profile HE: Piva, Potpeć, Višegrad, Bajina Bašta i Zvornik. Primeri sa Interneta su na linkovima:

<http://auto.meteos.rs/hevis/sar.php?action=forflowgfs>

<http://auto.meteos.rs/hevis/sar.php?action=forflowecmos>

<http://auto.meteos.rs/hevis/sar.php?action=forflowgem>

#### 8. GRAFICI I TABELE

Ovde je prikazan primer prognoze (od 30.01.2019.) i ostvarenja većeg porasta dotoka usled obilne kiše i naglog otopljenja tj. topljenja snega na slivu Drine početkom februara ove godine. Na slikama 1., 2. i 3. su printscreen-ovi tabele prognoza objavljene 30.01.2019. na sajtu Meteosar prognoze dotoka sa ulaznim prognozama sva tri meteo modela: GFS, ECMOS i GEM:

SYSTEM FOR THE FORECAST OF THE DRINA RIVER BASIN INFLOW - "METEOSAR"												
FORECAST OF INFLOW			METEOROLOGICAL FORECASTS				OBSERVED DATA AND VERIFICATION OF PRECIPITATION			DATABASE AND VERIFICATION		
SUB	GFS	ECMOS	GEM	SUB	GFS	ECMOS	GEM	METEO	HYDRO	METEO	HYDRO 6h	HYDRO 24h
Control From: 2019-01-29 for model's run from: 2019-01-29 Load												
GFS FORECAST OF INFLOW FOR HYDROPOWER PLANTS FROM 29. JAN 2019 07:19 without flow and overflow from upstream hydropower plants Piva and Bistrica (natural inflow)												
HE	29. JAN	30. JAN	31. JAN	01. FEB	02. FEB	03. FEB	04. FEB					
HE_PIVA	34	29	29	29	29	163	195	155				
HE_POTPEC	87	77	73	70	165	317	269					
HE_VISEGRAD	173	191	180	174	258	499	384					
GFS 6h forecast inflows												
	Term	HE_PIVA	HE_POTPEC	HE_VISEGRAD								
	2019-01-29 00	40	69	136								
	06	43	82	145								
	12	36	89	163								
	18	30	89	184								
	2019-01-30 00	26	86	189								
	06	28	81	204								
	12	28	77	201								
	18	29	75	194								
	2019-01-31 00	29	74	188								
	06	29	74	183								
	12	29	73	180								
	18	29	73	178								
	2019-02-01 00	29	72	177								
	06	28	71	176								
	12	28	70	175								

Slika 1. Numerička prognoza dotoka po GFS modelu

SYSTEM FOR THE FORECAST OF THE DRINA RIVER BASIN INFLOW - "METEOSAR"												
FORECAST OF INFLOW			METEOROLOGICAL FORECASTS				OBSERVED DATA AND VERIFICATION OF PRECIPITATION			DATABASE AND VERIFICATION		
SUB	GFS	ECMOS	GEM	SUB	GFS	ECMOS	GEM	METEO	HYDRO	METEO	HYDRO 6h	HYDRO 24h
Control From: 2019-01-29 for model's run from: 2019-01-29 Load												
ECMOS FORECAST OF INFLOW FOR HYDROPOWER PLANTS FROM 29. JAN 2019 09:29 without flow and overflow from upstream hydropower plants Piva and Bistrica (natural inflow)												
HE	29. JAN	30. JAN	31. JAN	01. FEB	02. FEB	03. FEB	04. FEB					
HE_PIVA	35	29	30	30	164	196	156					
HE_POTPEC	89	84	82	59	157	328	311					
HE_VISEGRAD	165	187	173	168	254	506	325					
ECMOS 6h forecast inflows												
	Term	HE_PIVA	HE_POTPEC	HE_VISEGRAD								
	2019-01-29 00	40	61	126								
	06	44	68	143								
	12	38	71	157								
	18	32	70	174								
	2019-01-30 00	29	68	167								
	06	28	66	152								
	12	29	64	190								
	18	30	62	185								
	2019-01-31 00	30	62	179								
	06	30	62	175								
	12	30	62	173								
	18	30	61	171								
	2019-02-01 00	29	61	171								
	06	29	60	170								
	12	29	59	168								

Slika 2. Numerička prognoza dotoka po Ecmos modelu

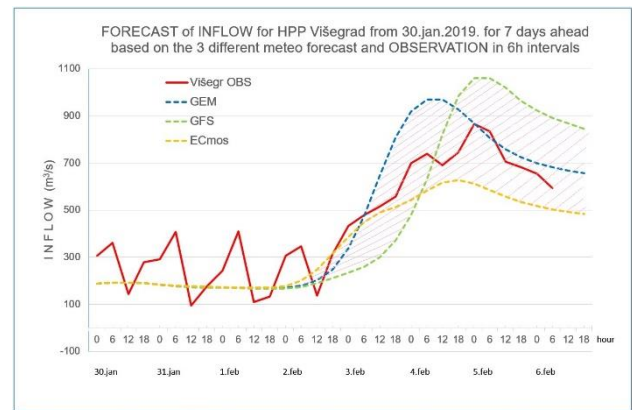
SYSTEM FOR THE FORECAST OF THE DRINA RIVER BASIN INFLOW - "METEOSAR"												
FORECAST OF INFLOW			METEOROLOGICAL FORECASTS				OBSERVED DATA AND VERIFICATION OF PRECIPITATION			DATABASE AND VERIFICATION		
SUB	GFS	ECMOS	GEM	SUB	GFS	ECMOS	GEM	METEO	HYDRO	METEO	HYDRO 6h	HYDRO 24h
Control From: 2019-01-29 for model's run from: 2019-01-29 Load												
GEM FORECAST OF INFLOW FOR HYDROPOWER PLANTS FROM 29. JAN 2019 08:49 without flow and overflow from upstream hydropower plants Piva and Bistrica (natural inflow)												
HE	29. JAN	30. JAN	31. JAN	01. FEB	02. FEB	03. FEB	04. FEB					
HE_PIVA	36	29	30	29	79	153	110					
HE_POTPEC	70	66	61	58	75	201	237					
HE_VISEGRAD	166	193	176	173	252	745	971					
GEM 6h forecast inflows												
	Term	HE_PIVA	HE_POTPEC	HE_VISEGRAD								
	2019-01-29 00	40	61	135								
	06	44	68	143								
	12	38	71	157								
	18	32	71	175								
	2019-01-30 00	30	70	190								
	06	29	68	197								
	12	29	66	196								
	18	30	65	191								
	2019-01-31 00	30	63	186								
	06	30	62	181								
	12	30	61	174								
	18	30	61	174								
	2019-02-01 00	30	60	173								
	06	29	59	173								
	12	29	59	172								

Slika 3. Numerička prognoza dotoka po GEM modelu

Na slici 4. je grafik prognoze dotoka u m<sup>3</sup>/s sva tri modela na profilu HE Višegrad u poređenju sa ostvarenjem na HE Višegrad. Raspon prognoziranog maksimuma dotoka je od 600 do 1000 m<sup>3</sup>/s koji se ostvaruje u 5.-om i 6.-om danu prognoze pri čemu je najveća prognoza GFS, a najmanja prognoza ECmos modela. Ovakav raspon je posledica različitih prognoza padavina i temperatura koje određuju nadmorsku visinu granice kišnih i snežnih padavina i zone topljenja snega. Napominjem da je mogući protok HE B. Bašta kroz turbine oko 680 m<sup>3</sup>/s, što znači da je ova

prognoza ukazivala na neophodnost prepražnjenja akumulacionog jezera, kako bi se prihvatila sva očekivana voda za proizvodnju struje, a bez preliva.

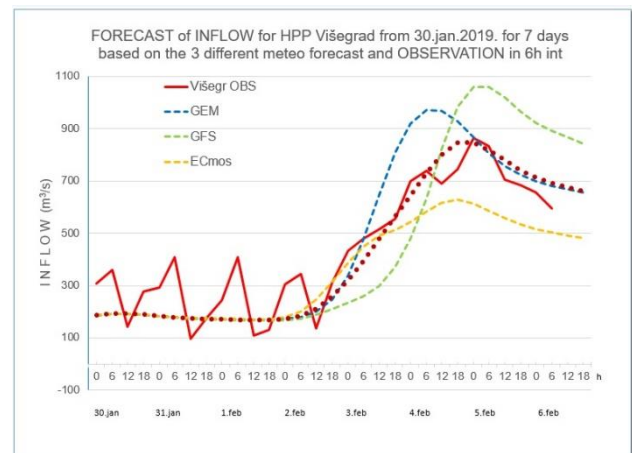
Šrafirana prognostička zona koja obuhvata prostor na slici 4. između sve tri prognoze predstavlja opseg mogućih dotoka prema ova tri modela. Ispostavlja se često da je srednja vrednost sve tri prognoze ujedno i najpreciznija varijanta, a to se u statističkoj analizi na više primera i potvrdilo. Grafik na slici 4. prikazuje da je ostvareni dotok na Višegradu upao u oblast tj. Šrafiranu zonu unutar te tri prognoze. Dakle, dobijamo prognozu koja ulazi u "zonu najveće verovatnoće očekivanog dotoka". Sa primenom tri nezavisna meteo modela dobijamo neku vrstu "zone najsigurnije prognoze".



Slika 4. Ostvarenje prognoze na HE Višegrad u poređenju sa prognozama sva tri modela

Prognoza na osnovu tri nezavisna modela se koristi radi povećanja tačnosti. Šrafirana prognostička zona koja obuhvata prostor na grafiku između sve tri prognoze predstavlja opseg mogućih dotoka sa najvećom verovatnoćom. Srednja vrednost sve tri prognoze je ujedno i najpreciznija varijanta.

Na slici 5. se upravo vidi grafik ostvarenja „srednje prognoze“ ova tri modela i vidimo da ta prognostička linija prikazana tačkastom crvenom bojom najbolje prati liniju ostvarenja (crvena puna linija).



Slika 5. Ostvarenje srednjaka sve tri prognoze



Primena tri nezavisne meteo prognoze je najbolje rešenje radi smanjenja grešaka koja se javlja u prognozi padavina i temperatura. Prikazani primer najave velike vode je pomogao kod operativnog planiranja angažovanja agregata i pravovremenog prepraženjenja akumulacija kako bi se prihvatila sva voda za proizvodnju struje. U ovoj situaciji je preliv preko brane HE Bajina Bašta bio minimalan, dok HE Višegrad nije prelio vodu. Ostvarenje do srede, 06.02.2019. ukazuje da je srednja vrednost sve tri prognoze ujedno bila najtačnija.

## 9. ZAKLJUČAK

Sistem je pokazao odlične rezultate u najavi većih voda (dotoka) i poplavnih talasa na Drini što je njegova najvažnija namena. Ovo je postignuto primenom tri nezavisne meteo prognoze kao ulaz u hidrološki model, kako bi se smanjila greška pojedinačnih ulaznih prognoza-parametara, a tako i smanjila greška konačne prognoze dotoka.

Najveću korist sistem pruža upravo u ovakvim situacijama, kada hidroelektrane mogu pravovremeno da izvrše prepraženjenje i propuste veću količinu vodu kroz turbine, a zatim da prihvate višak vode i na taj način smanje gubitke zbog mogućeg preliva preko brane. Takođe, kod većih poplavnih talasa se na ovaj način umanjuje šteta od poplava ublažavanjem vrha poplavnog talasa.

Dalje poboljšanje sistema se može napraviti na dva načina: prvi način je smanjenje vremenskog koraka hidro modela sa šestočasovne na jednočasovnu diskretizaciju. Tako bi se između ostalog umanjile greške pri određivanju ukupne količine kišnih padavina i trenutka prelaska kiše u sneg po visinskim zonama i obrnuto. Drugo: Uvođenjem još jednog hidro modela tj. korišćenje dva nezavisna hidro modela uz pomenute tri nezavisne meteo prognoze. Tako bi se dobila još veća tačnost i smanjila moguća greška kod donošenja odluka u vezi sa proizvodnjom struje i upravljanjem vodama. Oba hidro modela bi imala srednju vrednost sa 3 nezavisne ulazne meteo prognoze i konačna srednja vrednost prognoze oba modela bi imala najveću šansu da bude statistički najtačnija.

## NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Sistem je izrađen zahvaljujući finansiranju od strane ZP „Hidroelektrane na Drini“ a.d. Višegrad u okviru projekta HISD „Hidroinformacioni sistem sliva Drine“.

„Sistem za prognozu dotoka na Drini“ (2012-2018) je deo HISD koji obuhvata i mrežu meteoroloških i hidroloških stanica kao i osmatranja i podatke sa Hidroelektrana u slivu Drine.

## LITERATURA

[1] Ivan Rakočević, SSARR-8 program za hidrološko prognoziranje - opis programa, Institut Mihajlo Pupin, RJ Automatika, Beograd, 1988.

[2] ECmos:  
<https://www.ecmwf.int/en/forecasts/documentation-and-support/medium-range-forecasts>

[3] GFS (Global Forecast System):  
<https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/model-data/model-datasets/global-forecast-system-gfs>

[4] GEM-GDPS:  
[https://weather.gc.ca/model\\_forecast/global\\_e.html](https://weather.gc.ca/model_forecast/global_e.html)

# MATLAB/SIMSCAPE MODELOVANJE I SIMULACIJA KORIGOVANIH PRETVARAČA DRUGOG REDA

## MATLAB/SIMSCAPE MODELLING AND SIMULATION OF THE SECOND ORDER TRANSDUCERS

B.M. Zlatković B. Samardžić

*Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu<sup>1</sup>  
Univerzitet u Nišu, Prirodno - matematički fakultet<sup>2</sup>*

**Sadržaj** - U radu je razmatrana primena programskog paketa Matlab/Simscape u modelovanju i simulaciji pretvarača drugog reda. Na konkretnom primeru pretvarača drugog reda za merenje sile prikazan je postupak korekcije njegovih dinamičkih karakteristika korišćenjem električne mreže. Analizom odziva nekompensovanog i kompenzovanog pretvarača potvrđena je ispravnost datog postupka korekcije dinamičkih karakteristika.

**Abstract** – This paper considers the application of Matlab/Simscape in modelling and simulation of the second order transducers. On the concrete example of the second order transducer for the force measuring the procedure for the correction of its dynamic characteristics using electric network is shown. The validity of the given procedure is confirmed by analysis of the response of both uncompensated and compensated transducer.

### 1. UVOD

Programski paket Matlab/Simscape je namenjen modelovanju, simulaciji i analizi multidomenskih fizičkih sistema, [1]. Umesto matematičkih blokova Matlabove biblioteke Simulink, [2, 3], za formiranje modela sistema u Simscape-u koriste se blokovi koji odgovaraju fizičkim komponentama kao što su kondenzator, kalem, otpornik, prigušnica, opruga, itd. Između komponenti se uspostavljaju veze koje odgovaraju energetskim tokovima i tokovima signala. Na taj način struktura modela odgovara strukturi realnog sistema, a sam proces formiranja modela liči na sklapanje realnog sistema. Korisnik iz Simscape biblioteke bira odgovarajuće blokove, a onda ih povezuje linijama prateći strukturu sistema.

Rad pretvarača drugog reda za merenje sile bez i sa mrežom za korekciju dinamičkih parametara je analiziran u ovom radu pomoću Simscape-a. Merni pretvarač koji se sastoji iz mehaničkih komponenti i potencijometra je kompenzovan pomoću električne mreže. Ovaj kompenzovani sistem predstavlja multidomenski fizički sistem čiji se parametri korekcionne mreže podešavaju unutar njegovog Simscape modela pre konstrukcije realne mreže.

### 2. SIMSCAPE biblioteke

Biblioteke Simscape su: Foundation Library, SimDriveline, SimElectronics, SimHydraulics,

SimMechanics, SimPowerSystems i Utilities. Osnovni gradivni elementi u Simscape-u nalaze se u Foundation Library. Tu se nalaze blokovi koji predstavljaju realne komponente različitih fizičkih domena (električni, hidraulični, mehanički, pneumatski i termički domen).

Za simulaciju mehaničkih sistema koristi se Mechanical biblioteka. Blokovi ove biblioteke su: mehanički senzori, mehanički izvori, mehanizmi, rotacioni elementi i translatorni elementi. Biblioteka mehanički senzori sadrži četiri senzora: idealni senzor sile, idealni senzor momenta sile, idealni senzor rotacionog kretanja i idealni senzor translatornog kretanja. Elementi biblioteke mehanički izvori su: idealni izvor ugaone brzine, idealni izvor sile, idealni izvor momenta sile i idealni izvor translatorne brzine. Biblioteka mehanizmi sadrži sledeće blokove: menjač, poluga i kotur. Biblioteka rotacioni elementi sadrži blokove: inerciju, rotacionu prigušnicu, rotaciono trenje, rotacionu oprugu, mehaničku rotacionu referencu (uzemljenje ili ram), slobodnu rotaciju bez dejstva momenta sile i rotaciono čvrsto zaustavljanje. Elementi biblioteke translatorni elementi su: masa, translatorna prigušnica, translatorno trenje, translatorna opruga, mehanička translatorna referenca, slobodna translacija bez dejstva sile i translatorno čvrsto zaustavljanje.

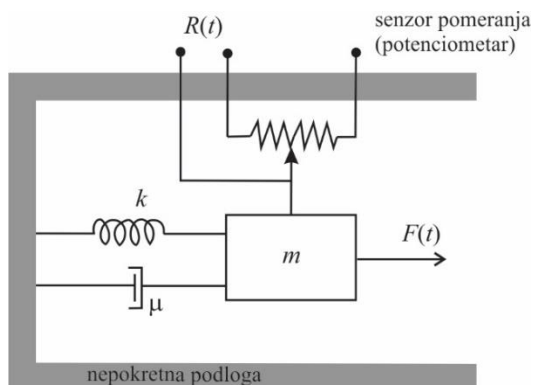
Za simulaciju električnih sistema koristi se Electrical biblioteka. Blokovi ove biblioteke razvrstani su u tri grupe: električni elemenati, izvori i senzori. Biblioteka električni elementi sadrži osnovne elemente kojima možemo realizovati električne šeme: otpornik, kalem, kondenzator, uzemljenje, transformator, diodu itd. Biblioteka Električni senzori sadrži dva senzora ampermetar i voltmetar. Oba bloka imaju po tri izvoda. Po dva za povezivanje u električnu šemu (+ i – izvod) i po jedan za merenje i prikaz rezultata merenja (I-strujni izlaz, V-naponski izlaz). Biblioteka Električni izvori sadrži jednosmerne i naizmenične izvore napona i struje.

Da bi grafički mogli da predstavimo vrednosti fizičkih signala koji su izmereni sensorima koristi se biblioteka Utilities. Ova biblioteka sadrži elemente: Connection Port, PS/Simulinc Converter, Simulink/PS Converter, Solver Configuration i Two-Way Connection. Element PS/Simulinc Converter, konvertuje fizičke signale (PS) Simscape-a u signale koji mogu da se prikažu na nekom od Simulinkovih Sinks blokova (npr., Scope – osciloskopu).

Element *Simulinc/PS Converter* konvertuje *Simulink*ove signale u fizičke signale PS, koji predstavljaju ulaze u *Simscape* modele. Element *Solver Configuration* je obavezan blok u svakom *Simscape* modelu. On se vezuje za bilo koju granu ispitivanog modela i služi za definisanje parametara simulacije.

### 3. MODELOVANJE PRETVARAČA DRUGOG REDA ZA MERENJE SILE U SIMSCAPE-U

Jednostavan pristup modelovanju sistema pomoću programskog paketa *Matlab-Simscape* objasnićemo na primeru pretvarača drugog reda za merenje sile datog na slici 1. Sastavni delovi sistema su: seizmički element mase  $m = 10$  kg, opruga sa koeficijentom elastičnosti  $k = 1$  mN<sup>-1</sup> i prigušnica  $\mu = 0.5$  Nm<sup>-1</sup>s. Ulaz sistema je sila  $F = 0.1$  N koja deluje na seizmički element. Podloga na kojoj je pretvarač pričvršćen je nepokretna. Izlazna veličina je pomeranje seizmičkog elementa,  $x$ , koja se može transformisati u električni signal pomoću potencijometra, slika 1. Signal  $x$  kontroliše poziciju klizača potencijometra.

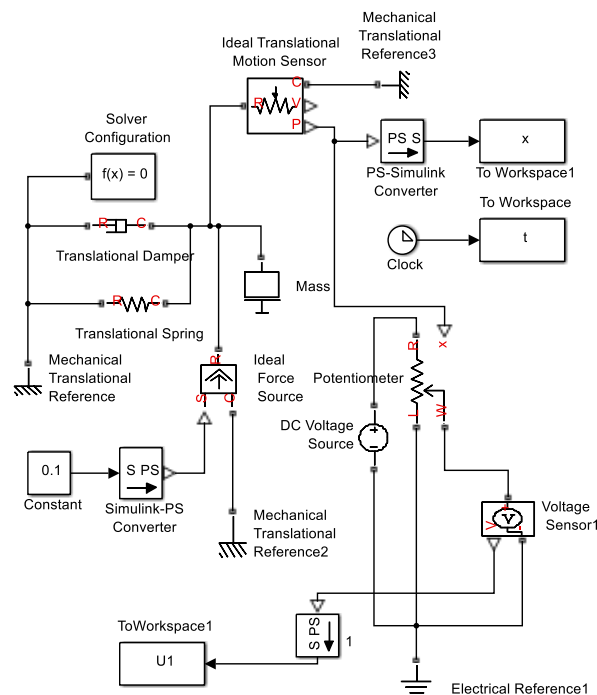


Slika 1. Pretvarač drugog reda za merenje sile

Na slici 2 prikazan je *Simscape* model pretvarača sa slike 1. Elementi opruga i prigušnica su vezani paralelno između seizmičkog elementa sa jedne strane i nepokretne podloge sa druge strane koju smo na slici 2 modelovali elementom *Mechanical Translational Reference*. Dakle, opruga i prigušnica imaju po dva priključka, tj., porta. Na slici 2 ovi portovi su označeni slovima R i C. Pozitivan smer pomeranja elementa, tj., bloka, je od porta R ka portu C. To znači da je sila pozitivna ako deluje u smeru od porta R ka portu C. Portovi R i C su na slici 2 povezani sa elementom *Mechanical Translational Reference*, dok su oba C porta povezana sa masom na koju deluje sila F. Da bi istezanje bilo pozitivno, što odgovara pravcu delovanja sile F, sa slike 1 potrebno je pravilno priključiti blok *Ideal Force Source*, slika 2. Ovaj blok ima tri porta. Oni su označeni slovima S, R i C. Port S je port fizičkog signala na koji se priključuje upravljački signal koji je u slučaju mehaničkog sistema sa slike 1 konstantna sila  $F = 0.1$  N. Ovaj upravljački signal je realizovan na slici 2 pomoću *Simulink*ovog bloka *Constant* i bloka *Simulink-PS Converter*. Pozitivan signal koji se dovodi na port S generiše silu koja deluje od porta C ka portu R bloka *Ideal Force Source*. Port R je priključen za jedan kraj bloka

Mass, dok je port C priključen za blok *Mechanical Translational Reference2*.

Za razliku od elemenata opruge i prigušnice koji imaju po dva priključka, element masa ima samo jedan priključak, tj., port. Pozitivan smer kretanja bloka je od njegovog porta ka referentnoj tački. To znači da je sila pozitivna ako se masa ubrzava u pozitivnom smeru, što je ispunjeno u primeru prikazanom na slici 2.



Slika 2. Simscape model pretvarača sa slike 1

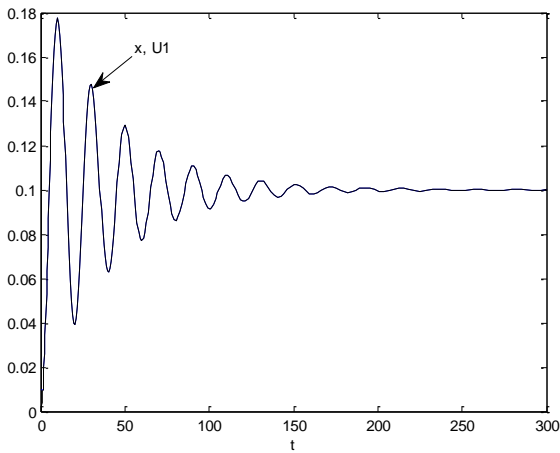
Zavisnost pomeraja mase u vremenu može se "izmeriti" pomoću bloka *Ideal Translational Motion Sensor* koji ima četiri priključka R, C, V, P, slika 2. Portovi R i C su mehanički translatorski portovi, a V i P su izlazni portovi fizičkih signala brzine i pomeraja, respektivno. Pozitivan smer bloka je od porta R ka portu C. Port P je povezan preko bloka *PS-Simulink Converter* sa blokom *ToWorkspace1*, a port V je ostao nepovezan.

Pomeranje mase u odnosu na podlogu može se transformisati u električni signal pomoću pretvarača za merenje pomeranja - potencijometra. Na slici 2 prikazan je *Simscape*ov element *Potentiometer* koji ima tri električna priključka R, L, W i jedan ulazni port - fizički signal x. R predstavlja desni a L levi električni pin. W je klizačev pin. Ulazni port x kontroliše poziciju klizača. Ukupna otpornost potencijometra je 100Ω. Potencijometar se napaja pomoću jednosmernog naponskog izvora (DC Voltage Source) čija je vrednost 1V. Priključak W je svojim krajem priključen za voltmetar (Voltage Sensor). Ovaj blok ima tri priključka +, - i V. Prva dva priključka služe za povezivanje voltmetra u električno kolo. Priključak V je port fizičkog signala, tj. vrednost merenog napona, U<sub>1</sub>. Ovaj port je povezan sa blokom *PS/Simulink Converter* koji konvertuje fizički signal (PS) tj., napon u signal koji može da se vektorski

prikaže u radnom prozoru *Matlab*-a pomoću bloka *ToWorkspace1*.

Obavezan element svakog *Simscape* modela je blok *Solver Configuration*, koji služi za definisanje parametara simulacije, slika 2. On može da se poveže sa bilo kojom tačkom simulacionog blok dijagrama.

Rezultati simulacije, tj., vremenske zavisnosti pomeraja seizmičkog elementa  $x$  i mernog napona  $U_1$  prikazani su na slici 3 za nulte početne uslove. Uočava se da su ova dva signala identična. Odziv sistema na konstantan ulazni signal  $F = 0.1 \text{ N}$  u prelaznom režimu ima oblik prigušenih oscilacija. U stacionarnom režimu rada izlazni napon ima vrednost  $U_1 = 0.1 \text{ V}$  što odgovara vrednosti sile koju merimo.



Slika 3. Rezultat simulacije - vremenske zavisnosti pomeraja seizmičkog elementa  $x$  i napona  $U_1$

#### 4. MODELOVANJE KORIGOVANOG PRETVARAČA DRUGOG REDA ZA MERENJE SILE

Potrebne dinamičke karakteristike mernih pretvarača ostvaruju se odgovarajućim dimenzionisanjem i konstrukcijom, [4]. Međutim, u mnogim praktičnim situacijama raspoložive su gotovim pretvaračima čije dinamičke karakteristike ne odgovaraju zahtevima koji se postavljaju za neko određeno merenje. Tada se korigovanje dinamičkih svojstava pretvarača može izvršiti u čisto električnom domenu primenom odgovarajućih električnih mreža. Korekciona mreža se spaja kaskadno sa mernim sistemom tako da je ekvivalentna kompleksna funkcija prenosa kaskadno spregnutih mreža  $Q_e(j\omega)$  jednaka proizvodu kompleksnih funkcija pojedinih mreža:

$$Q_e(j\omega) = Q(j\omega) \cdot Q_k(j\omega) \quad (1)$$

U jednakosti (1) sa  $Q(j\omega)$  je označena kompleksna funkcija nekompensovanog pretvarača sa slike 1, a sa  $Q_k(j\omega)$  je označena kompleksna funkcija prenosa korekcione mreže. Ova korekciona mreža prikazana je na slici 4 i sastoji se od otpornika  $R_1$  koji se nalazi u rednoj grani korekcione mreže i serijske veze kalem  $L$ , kondenzatora  $C$  i otpornika  $R$ .

Kompleksna funkcija prenosa pretvarača sa slike 1 jednaka je:

$$Q(j\omega) = \frac{U_1(j\omega)}{F(j\omega)/k} = \frac{1}{1 - \beta^2 + 2j\xi\beta} \quad (2)$$

U jednakosti (2)  $\beta$  je relativna učestanost, tj.:

$$\beta = \frac{\omega}{\omega_S} \quad (3)$$

gde je  $\omega_S$  sopstvena učestanost:

$$\omega_S = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (4)$$

U jednakosti (2)  $\xi$  je koeficijent prigušenja nekorigovanog pretvarača:

$$\xi = \frac{\mu}{2\sqrt{km}} \quad (5)$$

Kompleksna funkcija prenosa korekcione mreže jednaka je:

$$Q_k(j\omega) = \frac{U_2(j\omega)}{U_1(j\omega)} = \frac{1 - \beta_1^2 + 2j\xi_1\beta_1}{1 - \beta_1^2 + 2j\xi_2\beta_1} \quad (6)$$

gde je:

$$\beta_1 = \frac{\omega}{\omega_k}, \quad \omega_k = \frac{1}{\sqrt{LC}}, \quad \xi_1 = \frac{R}{2\sqrt{L/C}}, \quad \xi_2 = \frac{R+R_1}{2\sqrt{L/C}} \quad (7)$$

Ekvivalentna kompleksna funkcija prenosa korigovanog pretvarača sa slike 4,  $Q_e(j\omega)$ , jednaka je:

$$Q_e(j\omega) = \frac{U_2(j\omega)}{F(j\omega)/k} = \frac{U_1(j\omega)}{F(j\omega)/k} \cdot \frac{U_2(j\omega)}{U_1(j\omega)} = Q(j\omega) \cdot Q_k(j\omega) \quad (8)$$

tj.,

$$Q_e(j\omega) = \frac{1}{1 - \beta^2 + 2j\xi\beta} \cdot \frac{1 - \beta_1^2 + 2j\xi_1\beta_1}{1 - \beta_1^2 + 2j\xi_2\beta_1} \quad (9)$$

Ako su ispunjeni uslovi  $\beta = \beta_1$  i  $\xi = \xi_1$  tada se u izrazu (9) imenilac prvog razlomka skraćuje sa brojiocem drugog, pa (9) postaje:

$$Q_e(j\omega) = \frac{1}{1 - \beta^2 + 2j\xi_2\beta} \quad (10)$$

Dakle kompenzovani sistem dat na slici 4 se takođe ponaša kao sistem drugog reda ali ima veći koeficijent prigušenja, pošto je  $\xi_2 > \xi = \xi_1$ . Veći koeficijent prigušenja nam odgovara jer će još značajnije prigušiti oscilacije koje se javljaju u odzivu sistema u prelaznom režimu, slika 3. Tačno dimenzionisanje kompenzacione mreže može se izvršiti zato što su poznate vrednosti  $\xi$  i  $\omega_S$  nekompensovanog sistema sa slike 1. Na osnovu relacija (3) i (4) ove vrednosti su:

$$\omega_S = \omega_k = 0.31623 \text{ i } \xi = \xi_1 = 0.079. \quad (11)$$

Parametri korekcione mreže određuju se na osnovu jednačina (7) i (11). Dobijaju se sledeće relacije koje povezuju ove parametre:

$$RC = 0.05 \text{ i } LC = 10 \quad (12)$$

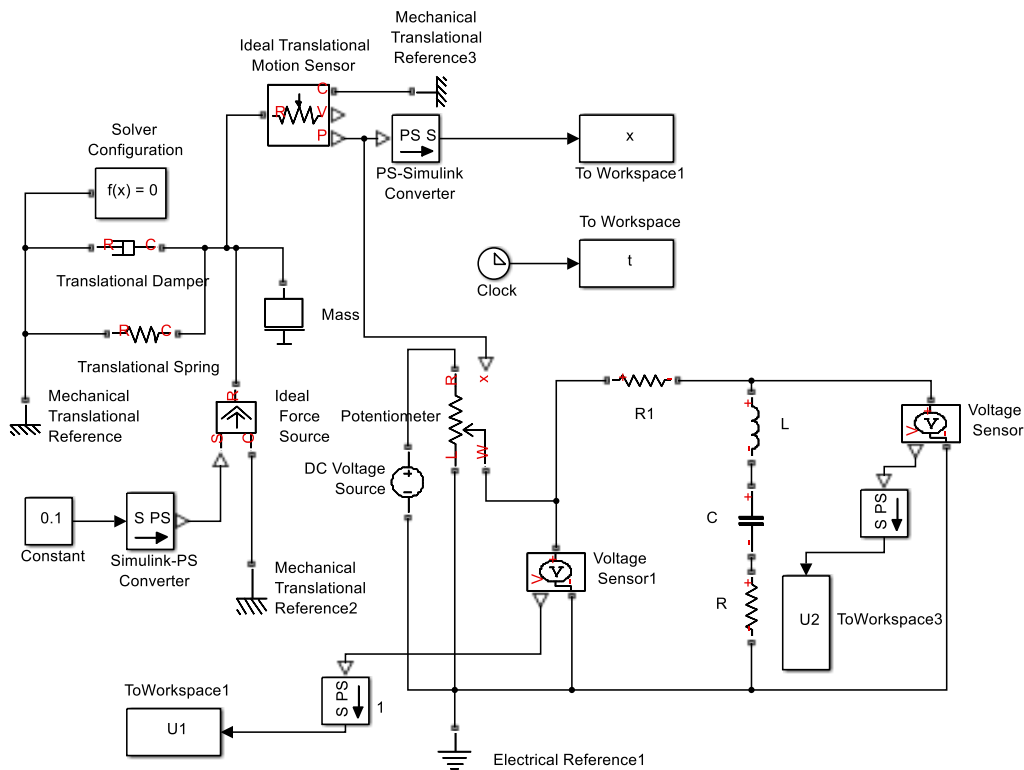
Vodeći računa o ispunjenosti ovih relacija odabrane su sledeće vrednosti:  $R = 0.05 \Omega$ ,  $C = 1 \text{ F}$  i  $L = 10 \text{ H}$ .

Otpornik korekcione mreže  $R_1$  javlja se u izrazu  $\xi_2 = \frac{R+R_1}{2\sqrt{L/C}}$ . Vrednost ove otpornosti biramo tako da koeficijent

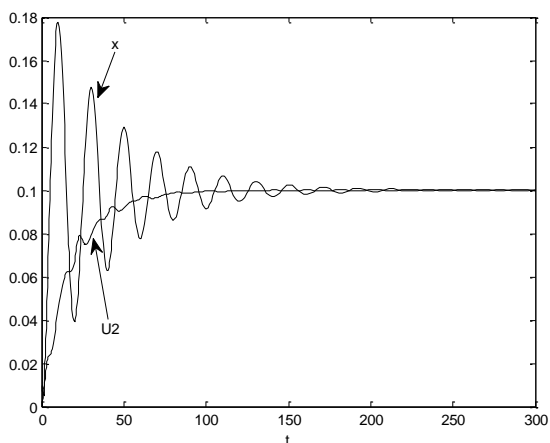
prigušenja  $\xi_2$  ima optimalnu vrednost iz intervala  $[0.6, 0.7]$ , npr.,  $R_1 = 4\Omega$ .

Na slici 5 prikazani su rezultati simulacije - vremenske zavisnosti pomeraja seizmičkog elementa  $x$  i napona  $U_2$

korigovanog sistema. Odziv korigovanog sistema  $U_2$  na odskočni ulazni signal  $F = 0.1$  N je bez većih prigušenih oscilacija i brži je u odnosu na odziv nekorigovanog sistema prikazanog na slici 3.



Slika 4. Simscape model korigovanog mehaničkog sistema sa slike 1



Slika 5. Rezultat simulacije - vremenske zavisnosti pomeraja mase  $x$  i napona  $U_2$  korigovanog sistema

## 5. ZAKLJUČAK

Fizički sistemi se modeluju u okviru programskog paketa *Matlab/Simulink* tako što korisnik najpre izvede matematičke jednačine koje opisuju sisteme, a potom date jednačine blokovski predstavi, poveže i simulira. Jednostavniji pristup modelovanju sistema pruža *Simscape*

koji od korisnika ne zahteva unapred pripremljene matematičke modele za unos u grafički editor. Potrebno je samo da se pravilno povežu elementi *Simscape-a* koji podsećaju na realne komponente. Ova jednostavnost modelovanja potvrđena je na primeru pretvarača drugog reda za merenje sile čije se dinamičke karakteristike koriguju električnom mrežom.

## NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Autori se zahvaljuju podršci Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije realizovanoj kroz projekte 43014 ("Unapređenje sistema monitoringa i procene dugotrajne izloženosti stanovništva zagađujućim supstancama u životnoj sredini primenom neuronskih mreža", od 2011. god.) i ON171025 ("Električni proboj gasova, površinski procesi i primene", od 2011. god.).

## LITERATURA

- [1] [www.mathworks.com](http://www.mathworks.com)
- [2] D. Antić, Priručnik za modeliranje i simulaciju dinamičkih sistema, Niš, 1999.
- [3] B. Samardžić i B. M. Zlatković, Automatsko upravljanje, Niš, 2014.
- [4] D. Stanković, Fizičko tehnička merenja - senzori, Beograd, 1997.

# PREGLED NEKIH OD SISTEMA ZA DALJINSKO NADGLEDANJE ŽIVOTINJA I MOGUĆIH PRIMENA U NACIONALNOM PARKU ĐERDAP

## REVIEW OF SOME OF THE ANIMAL REMOTE MONITORING SYSTEMS AND POSSIBLE APPLICATIONS IN DJERDAP NATIONAL PARK

Dejan Pavlović, dipl.inž.el.<sup>1</sup>,  
JP „Nacionalni park Đerdap“<sup>d</sup>

**Sadržaj** – Monitoring divljih životinja, a naročito retkih i ugroženih vrsta je od izuzetnog značaja ne samo radi njihove zaštite i očuvanja, već i očuvanja celokupnog ekosistema kome pripadaju. Praćenje risova, vukova ili drugih životinja - nadgledanje njihovog ponašanja ili njihovih staništa, utvrđivanje potencijalnih barijera tokom njihovih migracija je od naročitog značaja ne samo radi njihovog očuvanja već i povećanja broja jedinki. Takođe, praćenje jelenske ili druge divljači za potrebe prihranjivanja ili osmatranja je od velike koristi. Ovim je značaj još veći ukoliko se radi o monitoringu u zaštićenim područjima. U ovom radu je dat pregled nekih od sistema za daljinsko nadgledanje životinja, kao i njihova mogućnost primene u Nacionalnom parku Đerdap.

**Abstract** - The monitoring of wild animals, and especially rare and endangered species, is of a great importance not only for their protection and conservation, but also for the preservation of the entire ecosystem to which they belong. Monitoring and surveillance of lynxes, wolves or other animals - their behavior or their habitats, identifying potential barriers during their migrations is of particular importance not only for their preservation, but also for increasing the number of individuals. Also, the monitoring of deers or other wildlife for the purpose of feeding or observing is of a great benefits. This significance is even greater in the case of monitoring in protected areas. This paper provides an overview of some of the systems for remote monitoring of animals, their purpose, as well as possible application in Djerdap National Park.

### 1. UVOD

Nacionalni park Đerdap obuhvata teritoriju od oko 64.000ha. Postoje tri zone (stepena) zaštite [1]. Prvu zonu zaštite sačinjavaju 14 prostornih jedinica koje obuhvataju prostor najvrednijih i najočuvanijih delova parka. Ukupna površina koja je obuhvaćena ovom zonom je nešto veća od 5.000ha. Druga zona predstavlja posrednu zaštitu prve zone i u okviru ove zone je ustanovljeno deset zasebnih celina u kategoriji ostalih prirodnih vrednosti parka i koje obuhvataju prostor oko prirodnih rezervata, spomenika prirode i spomenika kulture, i koji čine celinu sa vrednostima iz prvog stepena zaštite. Ova zona obuhvata nešto manje od 14.000ha. Treća zona obuhvata preostali deo nacionalnog parka i čini je oko 45.000ha. U okviru ovih zona žive ili se povremeno nalaze pojedine vrste životinja tokom svojih migracija ili u potrazi za hranom.

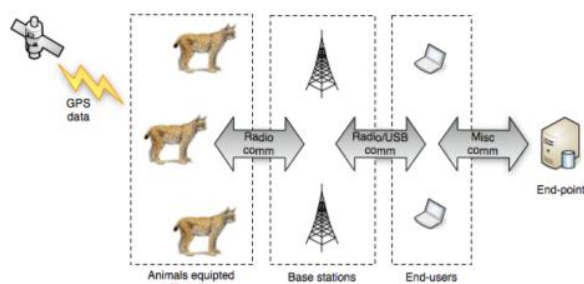
Na primer, teritorija Nacionalnog parka Đerdap nije stalno mesto prebivališta mrkih medveda (*Ursus arctos*), ali tokom određenih delova godine je primećeno njihovo prisustvo, ponekad ženki sa mladunčadima, a dešava se i da prelaze iz susedne Rumunije. Takođe, pojedina područja Nacionalnog parka Đerdap su tokom zimskih meseci privremena staništa raznim vrstama ptica tokom svojih sezonskih migratornih kretanja. Dalje, ugrožena vrsta kao što je evroazijski ris (*Lynx lynx*) i čiji je broj jedinki jako mali na teritoriji parka je nužno pratiti iz razloga njihove zaštite i očuvanja. Postoji i značajan broj drugih životinjskih vrsta koje bi iz turističkih razloga trebalo pratiti ili nadgledati. Iz svega navedenog bilo bi značajno primeniti neki od sistema za daljinsko nadgledanje odnosno praćenje životinja.

Danas se u svetu koristi veliki broj različitih sistema za monitoring životinja - satelitski sistemi, bespilotne letelice (dronovi), kombinacije zemaljskih stanica i senzorskih mreža koji sa bežičnom komunikacijom i „cloud“ servisima čine IOT platforme i sl.

Rad je organizovan na sledeći način. U drugom odeljku je dat pregled pojedinih sistema koji su već u upotrebi u svetu. U trećem odeljku su opisane neke od mogućih primena pomenutih sistema u cilju rešavanja nekih od aktivnosti ili budućih projekata u Nacionalnom parku Đerdap. U četvrtom odeljku je dat zaključak, dok poslednji odeljak sadrži spisak korišćene literature.

### 2. PREGLED NEKIH OD POSTOJEĆIH SISTEMA

Radom [2] opisan je LynxNet - bežični senzorski sistem za praćenje divljih životinja. Prevedeno je razvijen za praćenje risova u svom prirodnom okruženju, ali ga je moguće koristiti i za praćenje drugih vrsta životinja. Arhitektura sistema prikazana je slikom 1.



Slika 1. Arhitektura LynxNet sistema

Sistem se sastoji od ogrlice za praćenje sa ugrađenim *Tmote Mini* senzorskim čvorom i pratećim softverom, GPS-om, radio uređajem na 433MHz kao i mrežom baznih (stacionarnih) radio stanica. Hardverski deo sistema se sastoji od životinjskih ogrlica (Slika 2.), uređaja u baznim radio stanicama i klijentskih uređaja. Tehničke karakteristike *Tmote Mini* senzorskog čvora su date u [3].



Slika 2. Ogrlica LynxNet sistema

Ogrlica je opremljena omnidirekcionom radio antenom, GPS prijemnikom i senzorskim čvorom. Bazne stanice koriste po četiri polutalasne dipol kolinearne antene poredane u nizu. Generišu se dva tipa paketa podataka. Prvi tip sadrži podatke o GPS lokaciji, temperaturi, relativnoj vlažnosti vazduha i jačini spoljašnje svetlosti. Ovaj tip podataka se šalje na svakih sat vremena. Drugi tip paketa sadrži podatke sa 3D akcelerometra i 2D žiroskopa koji se koriste za proračun vektora kretanja životinje. Svakih pet minuta prikuplja se po pet uzoraka podataka koji se skladište u okviru pet paketa i koji se koriste za klasifikaciju ponašanja životinje. Za softverski deo je korišćen *ManOs* operativni sistem razvijen na Letonijskom Univerzitetu. Ovaj operativni sistem je specijalno razvijen za mrežne ugradne komponente.

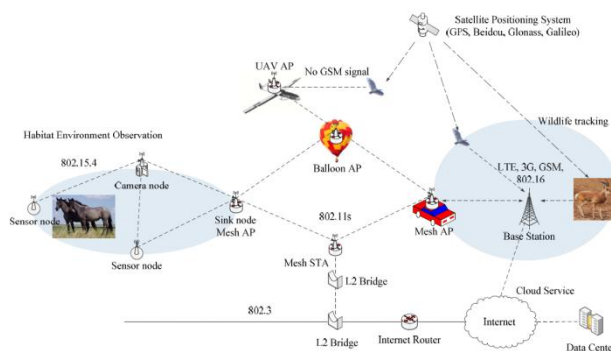
Istraživanja tj. merenja su pokazala da je na udaljenosti do 250 metara od ogrlice tj. životinje koja je nosi pa do bazne stanice bez obzira da li se radi o otvorenom prostoru ili u šumi, moguć zadovoljavajući prijem paketa podataka. Na udaljenosti od 500 metara nije moguć prijem paketa podataka, ali je dostupan noseći signal sa ogrlice. Vreme trajanja baterije u ogrlici je oko 15 meseci.

Radom [4] opisan je sistem za praćenje lokacija životinja, nadgledanje njihovog staništa i prepoznavanje ponašanja, zasnovan na IOT (Internet of Things) platformi. Tipična IOT platforma za monitoring divljih životinja sastoji se iz tri komponente: senzorske komponente, komponente za bežičnu komunikaciju i komponente „cloud“ servisa, odnosno može se reći da se IOT platforma sastoji iz hardverskog i softverskog dela kao i senzorskog i komunikacijskog sistema.

Hardversku komponentu čine mikrokontrolerska jedinica (MCU), memorija i stepen za napajanje koji se realizuje

kao baterija ili kao solarni panel. Softversku komponentu čine TinyOS, uCOS ili neki drugi operativni sistem, drajveri (za senzore, memoriju i sl.), mehanizmi za identifikaciju kao i posrednički softver tj. „middleware“. Za praćenje lokacije tj. „trekinga“ životinje upotrebljeni su senzori tj. risiveri za prijem satelitskih signala kao: GPS, Glonass, Galileo i dr. Za nadgledanje staništa korišćeni se senzori za merenje temperature, vlažnosti vazduha, brzine vetra, jačine svetlosti kao i kamere. Za prepoznavanje ponašanja životinja upotrebljeni su senzori kretanja tj. akceleratorski i žiroskopski senzori.

Za realizaciju komunikacijskih komponenti korišćena su dva tipa sistema: čelijski i kapilarni. Za čelijski tip upotrebljen je GSM sistem treće generacije (3G) kao i LTE standard – standard za komunikaciju na većim udaljenostima. Za komunikaciju tj. transmisiju podataka na većim udaljenostima za čelijski tip komunikacije se može koristiti i nacionalna mobilna mreža koja pokriva veću oblast, ali zahteva i više baznih stanica. Za kapilarni tip korišćen je IEEE 802.11 protokol za komunikaciju na većim udaljenostima, dok je IEEE 802.15.4, IETF 6lowpN (RFID) korišćen za komunikaciju na manjim udaljenostima. Komunikacija u okviru kapilarnog tipa omogućava bolju mobilnost jer koristi bazne stanice manjih dimenzija omogućavajući na taj način bolju organizovanost mreže.



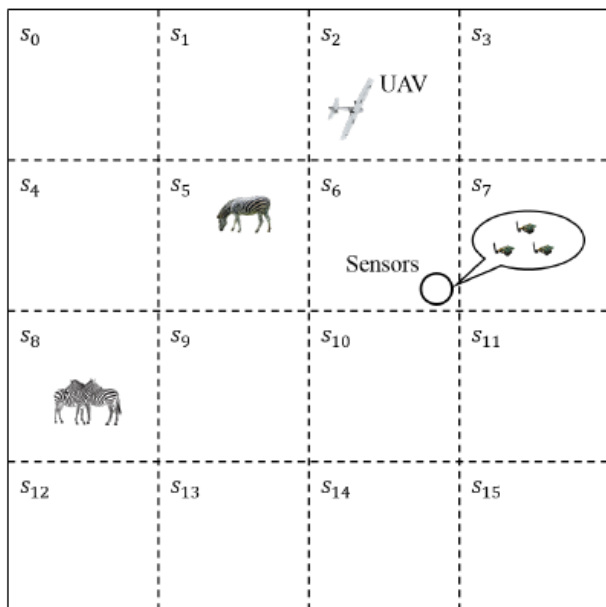
Slika 3. Struktura sistema

Slikom 3. prikazan je princip rada sistema. Praćenje lokacije životinja vrši se tako što se podaci o poziciji (dobijeni pomoću GPS risivera koji se nalazi u uređaju za praćenje na životinji) šalju putem GSM mreže „data“ centru (centru za prikupljanje i skladištenje podataka) jedino u slučaju kada je GPS risiver u dometu bazne stanice. Kada nije u dometu, koristi se mobilna „pristupna tačka“ koja se može nalaziti na bespilotnoj letelici ili balonu, te se podaci preko njih prosleđuju „data“ centru.

Nadgledanje staništa životinja vrši se putem mreže senzora (senzorskih čvorova) i kamera koje se nalaze na teritoriji oblasti koja je predmet observacije. Prikupljeni podaci se sa senzorskih čvorova i kamera putem IEEE 802.15.4 protokola šalju tzv. „sink“ čvoru koji putem IEEE 802.11s protokola prosleđuje podatke ka WMN-u (Wireless Mesh Network-u). U ovom slučaju se isključivo koristi kapilarni sistem komunikacije. Prepoznavanje ponašanja životinja vrši se pomoću senzora kretanja odnosno akceleratorskog i žiroskopskog senzora. I ovi

senzori se nalaze u okviru uređaja za praćenje na životinji. Za ovaj tip nadgledanja može se upotrebiti i čelijski i kapilarni tip komunikacije.

Radom [5] opisan je sistem za monitoring divljih životinja korišćenjem mreže senzora i bespilotne letelice - drona. Proučavanjem aktivnosti životinja došlo se do zaključka da životinje imaju svoje specifično ponašanje kao npr. život u grupi ili pak imaju povećanu aktivnost oko samog staništa. Ove aktivnosti čine da se životinje kreću po određenim obrascima. Primećeno je da određeni tip životinja umesto da budu aktivnije na većoj teritoriji, svoju aktivnost uglavnom koncentrišu na jednu ili više manjih oblasti. Upravo je ovo specifično ponašanje iskorišćeno za praćenje životinja baš na ovim „vrućim“ tačkama, jer je verovatnoća pojave u njima veća nego na ostalim mestima. Oblast koja se nadgleda podeljena je pomoću virtuelne mreže na manje oblasti formirajući tako klaster strukturu. Zatim je iskorišćena bespilotna letelica i Markov model [6] za planiranje putanje leta u cilju proučavanja nadgledane oblasti i određivanja „vrućih“ tačaka, odnosno oblasti gde je verovatnoća pojavljivanja životinja veća nego na ostalim mestima. Tretirajući svaki klaster mreže kao senzorski čvor, prikupljanje podataka pomoću bespilotne letelice (drona) je na taj način redukovano nadletanjem drona samo određenih klastera, tj. klastera sa najvećom verovatnoćom pojave životinja. Cilj ovakvog pristupa je efikasnije prikupljanje podataka. Bespilotna letelica ima sposobnost učenja i dinamičkog prilagođavanja u skladu sa promenama na terenu.

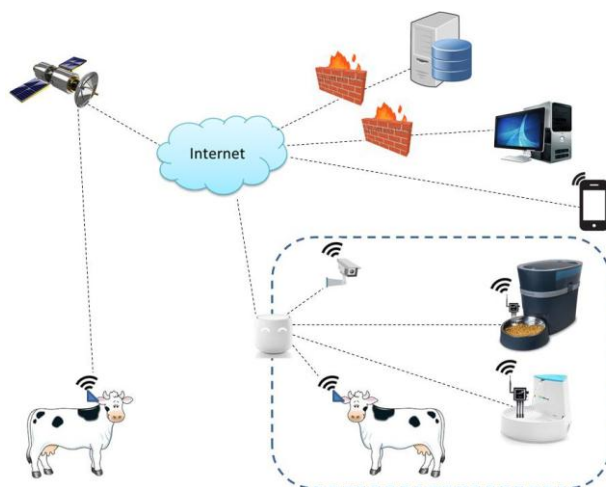


Slika 4. Klaster struktura

Princip rada sistema prikazan je slikom 4. U okviru oblasti koja se nadgleda raspoređeni su senzori tj. senzorski čvorovi. Oblast je podeljena na klaster u okviru virtuelne mreže. Senzori raspoređeni u okviru svakog klastera mogu komunicirati direktno ili ad-hok. Prilikom svake posete (nadletanja) bespilotne letelice, glavni čvor klastera prosleđuje podatke sa ostalih senzorskih čvorova koji pripadaju tom klasteru. Na ovaj

način je omogućeno efikasnije korišćenje letelice izbegavajući pristup svakom senzorskom čvoru (čiji broj može biti veliki u okviru nadgledane oblasti), već samo glavnim senzorskim čvorovima. Analizom podataka sa senzora vrši se nadletanje onih klastera tj. glavnih senzorskih čvorova klastera gde je verovatnoća pojave životinja najveća.

Radom [7] opisan je sistem za praćenje životinja i staranje o njima korišćenjem IOT tehnologije, mreže senzora i RFID-a (Radio Frequency Identifier-a). RFID može biti aktivan ili pasivan i kači se zajedno sa oznakom - markerom za životinju. Sistem je prvenstveno razvijen za nadgledanje domaćih životinja, ali se u određene svrhe može primeniti i na pojedine vrste divljih životinja. Slikom 5. prikazana je arhitektura sistema.



Slika 5. Arhitektura sistema

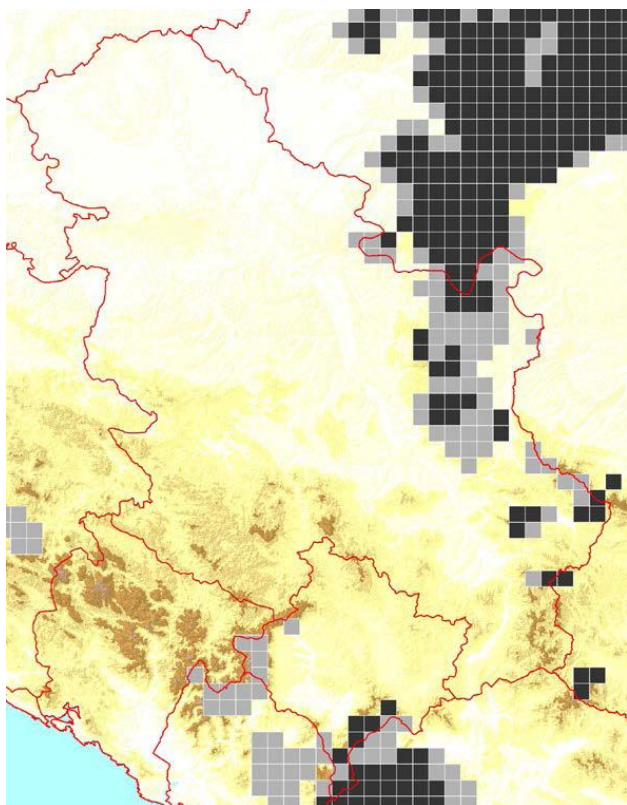
Za realizaciju sistema korišćeni su senzori, RFID i IOT. Sve životinje su obeležene markerima i imaju implementiran RFID. Takođe, markeri sadrže i senzor za praćenje (GPS), tako da se životinja može pratiti čak i ako je izvan zone tj. oblasti kojoj pripada. Životinje koje se nalaze u okviru svoje oblasti se mogu pratiti, ali se češće vrši njihovo nadgledanje pomoću već raspoređenih kamera koje detektuju njihovo kretanje pomoću senzora pokreta. Kretanje životinja se analizira radi razumevanja njihovog ponašanja.

Za vođenje brige o životinjama neophodno je i nadgledanje posuda za hranu i vodu. Senzori koji se nalaze u njima mere nivo hrane i vode i ukoliko se količina smanji ispod određene granice senzori šalju poruku staraocima životinja o trenutnoj količini, te da je neophodno da se posude dopune. Ovo je omogućeno korišćenjem interneta i IOT-a. Senzori koji se nalaze na telu životinje imaju mogućnost da mere telesnu temperaturu i nadgledaju opšte zdravstveno stanje životinje. Podaci dobijeni sa kamera i senzora (sa posuda za hranu, vodu i sa tela životinja) se čuvaju na serveru. Ovi podaci se koriste za analizu ponašanja kao i za praćenje zdravlja životinja. Ovim podacima je moguće pristupiti putem desktop ili mobilnih uređaja koji imaju pristup internetu. Podaci su zaštićeni sigurnosnim merama.



### 3. MOGUĆE PRIMENE NEKIH OD SISTEMA ZA DALJINSKO NADGLEDANJE U NACIONALNOM PARKU ĐERDAP

Na teritoriji Nacionalnog parka Đerdap žive retke i ugrožene životinjske vrste. Jedna od njih je i evroazijski ris (Lynx lynx). Mrki medvedi (Ursus arctos) nemaju stalno stanište na teritoriji parka, ali se ponekad uočavaju njihovi tragovi, najčešće tokom sezonske potrage za hranom, a i dešava se da pređu iz susedne Rumunije. Dokumentom [8] prikazan je status i rasprostranjenost velikih mesoždera - medveda, risa, vuka i žderavca na teritoriji Evrope. Slikom 6. prikazana je rasprostranjenost populacije risova na teritoriji Srbije u periodu od 2007. do 2012. godine.



Slika 6. (Milan Paunović) – Rasprostranjenost risa u periodu od 2007. do 2012. godine

Tamnim ćelijama predstavljeno je stalno prisustvo risa, dok je svetlijim ćelijama prikazana njihova sporadična pojava. Na slici 6. vidi se da je centralni deo Nacionalnog parka Đerdap stalno nastanjen risom. Ris je najveća mačka Evrope i u Srbiji spada u grupu trajno zaštićenih životinjskih vrsta. Obzirom na mali broj risova u Srbiji teško je izvršiti tačnu procenu njihovog broja i na teritoriji Nacionalnog parka Đerdap, ali se procenjuje da ih u ovom momentu ima oko desetak. Baš iz tog razloga neophodna je njihova zaštita i monitoring. Sistem opisan radom [4] koji je u kratkim crtama objašnjen i u ovom radu bi mogao da bude pogodan za realizaciju monitoringa. Iz [9] se može videti da je centralni deo Nacionalnog parka Đerdap relativno dobro pokriven mobilnom 3G mrežom, te se ova povoljnost može iskoristiti za realizaciju sistema. Takođe, moguće je koristiti i sistem opisan radom [2]. Nedostatak je što je potreban veći broj baznih

stanica sa opremom koja radi na 433MHz. Takođe, raspoređivanje novih baznih stanica zahteva osim tehničkih i zakonske preduslove obzirom da se radi o zaštićenoj teritoriji.

Posmatranje staništa je značajno u cilju proučavanja ponašanja životinja. Takođe, uočavanje i definisanje njihovih staza, (kao i staza drugih ugroženih i zaštićenih životinjskih vrsta) tokom potrage za hranom ili prelazak iz jedne u drugu oblast tokom sezonskih ili drugih aktivnosti je značajno u cilju pronalaženja barijera koje utiču na njihovo kretanje. Putevi ili drugi objekti mogu biti naročito opasni tokom prelazaka životinja iz jedne u drugu oblast, te je potrebno napraviti prolaze ili koridore u cilju njihovog neometanog kretanja.

Sistem opisan radom [4] bi se takođe mogao koristiti i u turističke svrhe - za realizaciju posmatranja ptica („birdwatching“). Teritorija Nacionalnog parka Đerdap je izuzetno bogata kako migratornim tako i ostalim vrstama ptica. Sistem opisan radom [7] prvenstveno namenjen za nadzor domaćih životinja bi se mogao implementirati za realizaciju prihrane i nadzora lovne divljači. Jelenska i druga divljač bi se mogla markirati i pratiti putem GPS-a i/ili RFID-a kada je u dometu. Takođe, automatsko obaveštavanje radnika putem poruke (koji je zadužen za prihranu životinja) o neophodnosti dopune hrane na hranilištu omogućavalo bi efikasniji rad.

Ovom prilikom treba pomenuti i „fotoklopke“ koje ne predstavljaju klasične sisteme za daljinski monitoring, već predstavljaju tip video-kamera koje su korisne za evidentiranje pojave životinja, ili praćenje lovne divljači i imaju značajnu primenu u lovstvu. Postoje različiti modeli „fotoklopki“. Neke u sebi imaju ugrađen GSM modul ili infracrvene diode (IR) za noćno snimanje. Takođe, poseduju i senzor pokreta koji automatski aktivira kameru u slučaju pojave životinje i putem GSM modula šalju SMS ili imejl poruku o aktivnosti kamere. Na teritoriji parka postoji ovakav tip kamera. Koriste se za različite namene, a jedna od namena je i monitoring staništa i nadgledanje hranilišta. Slikom 7. prikazane su divokoze (Rupicapra rupicapra) u svom prirodnom staništu uslikane „fotoklopkom“.



Slika 7. Foto dokumentacija NP Đerdap [10]

Na slici 8. vidi se jelenska divljač na hranilištu uslikana „fotoklopom“ tokom noći u automatskom režimu rada.



Slika 8. Foto dokumentacija NP Đerdap [11]

Na obe fotografije se u donjem delu mogu uočiti parametri fotografije - datum i vreme uključivanja kamere, spoljna temperatura i dr. Fotografije se automatski putem GSM modula prosleđuju na predefinisano imejl adresu. Nakon toga vrši se analiziranje fotografija. Ovim putem može se vršiti ne samo nadgledanje populacije lovne divljači, već i pratiti njihov broj i imati opšti uvid stanja divljači na terenu.

#### 4. ZAKLJUČAK

Nacionalni park Đerdap pored svojih prirodnih, kulturnih i istorijskih vrednosti ima i velike turističke potencijale. Proučavanje ponašanja retkih i ugroženih vrsta životinja npr. risa ili vuka ili drugih životinja u svom prirodnom okruženju je značajno ne samo sa stanovišta zaštite već i povećanja broja jedinki i ukupnog očuvanja populacije. Posmatranje životinja ili ptica („birdwatching“) može se koristiti i u edukativne svrhe namanjene posetiocima. Takođe, praćenje broja jedinki lovne divljači i utvrđivanje njihovih lokacija može se koristiti i za potrebe lovstva. Zbog svega navedenog, implementacija pojedinih vrsta sistema za nadzor i praćenje je ne samo poželjno već i neophodno.

#### LITERATURA

- [1] Plan upravljanja Nacionalnim parkom Đerdap, Donji Milanovac, 2016. <http://www.zastita.npdjerdap.org/wp-content/uploads/2017/09/Plan-upravljanja-Nacionalnim-parkom-Djerdap-2017-2026.pdf> [pristupljeno 03.01.2019.]
- [2] R. Zviedris, A. Elsts, G. Strazdins, A. Mednis and L. Selavo. “LynxNet: Wild Animal Monitoring Using Sensor Networks“, DOI: 10.1007/978-3-642-17520-6\_18-Source:DBLP, December 2010
- [3] [http://automatica.dei.unipd.it/public/Schenato/PS-C/2010\\_2011/gruppo4-Building\\_termo\\_identification/Bibliografia%20Casuale/Tnote\\_Mini\\_Datasheet.pdf](http://automatica.dei.unipd.it/public/Schenato/PS-C/2010_2011/gruppo4-Building_termo_identification/Bibliografia%20Casuale/Tnote_Mini_Datasheet.pdf) [pristupljeno 04.01.2019.]
- [4] Xiaohan Liu, Tao Yang, Baoping Yan “Internet of Things for Wildlife Monitoring”, 2015 IEEE/CIC International Conference on Communications in China – Workshops (CIC/ICCC)
- [5] J. Xu, G. Solmaz, R. Rahmatizadeh, D. Turgut and L. Bölöni “Internet of Things Applications: Animal Monitoring with Unmanned Aerial Vehicle”, arXiv: 1610.05287v2 [cs.AI] 20 Oct 2016
- [6] [https://en.wikipedia.org/wiki/Markov\\_decision\\_process](https://en.wikipedia.org/wiki/Markov_decision_process) [pristupljeno 08.01.2019.]
- [7] Dr. Kirti Wankhede, Sayali Pednekar “Animal Tracking and Caring using RFID and IOT”, IOSR Journal of Computer Engineering (IOSR-JCE) e-ISSN: 2278-0661, p-ISSN: 2278-8727 PP 24-27; 4<sup>th</sup>- Somaiya International Conference on Technology and Information Management (SICTIM'18)
- [8] Status, management and distribution of large carnivores - bears, lynx, wolf & wolverine in Europe; European Commission - Part 2, March 2013
- [9] <https://mts.rs/Privatni/Korisnicka-zona/Mapa-pokrivenosti#> [pristupljeno 13.01.2019.]
- [10] [http://www.lovstvo.npdjerdap.org/?page\\_id=137](http://www.lovstvo.npdjerdap.org/?page_id=137) [pristupljeno 15.01.2019.]
- [11] [http://www.lovstvo.npdjerdap.org/?page\\_id=121](http://www.lovstvo.npdjerdap.org/?page_id=121) [pristupljeno 15.01.2019.]

# VIŠEPARAMETARSKI MERNI SISTEM ZA ANALIZU STANJA KOTRLJAJNIH LEŽAJEVA

## MULTI-PARAMETER MEASUREMENT SYSTEM FOR ROLLING BEARING FAULT DIAGNOSIS

Biljana Savić<sup>1</sup>, Vlade Urošević<sup>2</sup>, Goran Šiniković<sup>3</sup>, Ivan Milićević<sup>2</sup>

*Visoka škola tehničkih strukovnih studija Čačak<sup>1</sup>  
Fakultet Tehničkih Nauka u Čačku, Univerzitet u Kragujevcu<sup>2</sup>  
Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu<sup>3</sup>*

**Sadržaj** - U ovom radu prikazani su merni sistem i oprema za analizu stanja kotrljajnih ležajeva. Razlog za razvijanje ovakvog vibrodijagnostičkog sistema je važnost samih ležajeva u svakom mašinskom sistemu. Oni su najrasprostranjeniji mašinski elementi koji se takođe smatraju i kritičnim elementima u sklopu, od čijih radnih sposobnosti zavisi funkcionalnost, pouzdanosti i eksploataciona svojstva celokupnog mašinskog sistema. Novorazvijeni merni instrument VibroLog je data kolektor i analizator, modularni uređaj za merenje više dijagnostičkih parametara ležajeva i to: vibracija, broja obrtaja, temperature i zvučnog pritiska. U radu je prikazan softver koji omogućava da se podaci čija je akvizicija izvršena VibroLog-om analiziraju i prikazuju u najrazličitijim formama. Softver je razvijen u programskom jeziku JAVA.

**Abstract** - This paper presents the measuring system and equipment for analyzing the condition of roller bearings. The importance of the bearings themselves in every machine system is the reason for the development of such a vibrodiagnostic system. They are the most widespread mechanical elements, which are also considered as critical elements within the mechanical assembly, whose functional capabilities depend on the functionality, reliability and the exploitative properties of the entire machine system. The newly developed measuring instrument Vibro Log is a data collector and analyzer, a modular device for measuring several diagnostic bearing parameters: vibration, speed, temperature and sound pressure. Software solution for the analysis of rolling bearings have been developed in the Java programming language, and the work presents some features of this application.

**Keywords:** vibrodiagnostic system, roller bearings, software

### 1. UVOD

Kotrljajni ležajevi imaju široku primenu u različitim mehaničkim sistemima. Pouzdano funkcionisanje takvih mehaničkih sistema zavisi od stanja ugrađenih kotrljajnih ležajeva. Ležajevi u toku svog rada razvijaju razne defekte, koji zavise od okruženja i načina rada. Postojanje čak i sitnih lokalnih defekata na bilo kojoj površini ležaja u mehaničkom sistemu mogu dovesti do katastrofalnog kvara zbog progresivnog povećanja veličine defekta tokom vremena. Takvi propusti mogu prouzrokovati i značajne gubitke u novcu i ljudskom životu. Dakle, otkrivanje lokalnog defekta u njihovim ranim fazama kroz posmatranje vibracionih signala kotrljajnih ležajeva je u suštini vitalno pitanje [1].

Kotrljajni ležajevi su ključne komponente rotirajućih mašina. Raspon primene ležajeva je veoma širok, od stomatoloških mikro bušilica do obrtnih platformi višemetarskog prečnika.

Skrivni nedostaci i defekti ležajeva mogu izazvati velike štete na mašinama, prevoznim sredstvima i velikim sistemima pa se iz tog razloga veliki broj studija bavi istraživanjem kotrljajnih ležajeva.

Sa dobro postavljenom dijagnostičkom metodologijom jednostavno se može utvrditi u kojoj meri je ležaj oštećen, odnosno koji je preostali radni vek ležaja. Ovi podaci su od vitalnog značaja za koncept preventivnog i proaktivnog održavanja i održavanja svih sistema koji sadrže ležajeve [2].

Danas se jednostavno i lako vibrodijagnostičkim analizama može utvrditi uzrok oštećenja ležajeva. Upravo to je jedan od razloga da se u razvijenim zemljama posvećuje posebna pažnja preventivnom održavanju ležajeva, praćenju njihovog stanja i zameni u planskim zastojima. Takođe se pridaje poseban značaj njihovom održavanju, montaži i demontaži, kako bi radni vek ležajeva bio što duži [3].

Testiranje vibracija i drugih parametara nekog složenog sistema pomažu proizvođačima da osiguraju kvalitet, pouzdanost i trajnost sistema i njihovih komponenti. Ti testovi mogu otkriti slabosti u nekom sistemu koje bi postale vidljive

nakon određenog vremena, ali se redovnim testiranjem otkrivaju na vreme.

Merni instrumenti i sistemi za ispitivanje vibracija potiču uglavnom od proizvođača mašinskih elemenata i firmi koje se bave vibrodijagnostikom. Oni često definišu specifikacije testova vibracija i same procedure. Ovo se obično zasniva na dugogodišnjem iskustvu i velikom znanju iz oblasti vibrodijagnostike. Vibracioni test može da pruži strukturiraniji pristup za razumevanje načina rada mašinskih sistema i dolaska do kvarova i oštećenja.

U radu je takođe prikazan softver, razvijen u programskom jeziku JAVA, koji omogućava da se podaci čija se akvizicija vrši mernim uređajem VibroLog-om analiziraju i prikazuju u najrazličitijim formama.

Mnogi profili za ispitivanje vibracija su definisani standardima. Ima ih mnogo i često su posvećeni specifičnim aplikacijama i proizvodima. Standardi koji se koriste u ove svrhe su DIN, ISO, BS, MIL, IEC i ASTM.

## 2. STRUKTURA SISTEMA ZA ISPITIVANJE LEŽAJEVA

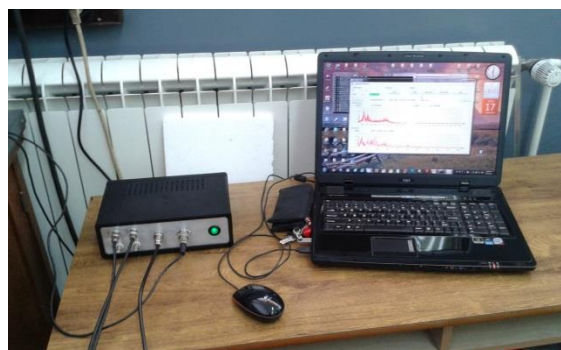
U toku ispitivanja stanja ležajeva novim razvijenim dijagnostičkim sistemom vrši se uporedna analiza tri bitna parametra koja ukazuju na nivo oštećenosti ležaja. To su vibracije (Vrms), zvučni pritisak (P) i temperatura (T). Ovi parametri mere se sensorima vibracija, mikrofonom i senzorom temperature.

Izgled stola za ispitivanje ležajeva sa sensorima prikazan je na slici 1., a na slici 2. nalazi se merni uređaj VibroLog sa računarom na kome se uz pomoć softvera VibroLogApp vrši prikaz izmerenih vrednosti za Vrms, P, T i broj obrtaja vratila, kao i prikaz različitih dijagrama.

Dijagrami se prikazuju za V i P u vremenskom ili frekventnom domenu, ali aplikacija ima mogućnost i za crtanje *Waterfall* dijagrama.



Slika 1. Izgled stola za ispitivanje ležajeva sa sensorima



Slika 2. Merni sistem VibroLog

### 2.1 Izbor mernih veličina

#### Vibracije

Najčešće korišćena metoda ispitivanja stanja ležaja je merenje vibracija ležaja. Uvećane vibracije na kućištu ležaja mogu biti uzrokovane defektom ležaja. Istovremeno vibracije koje dolaze iz drugih izvora mogu oštetiti ležaj. U tom smislu potrebno je meriti intenzitet vibracija na kućištu ležaja u cilju provere da li su iste u zadatim granicama za datu mašinu.

#### Zvučni pritisak

Merenje buke, obično u obliku zvučnog pritiska, je metoda koja se može koristiti za periodične signale, kao što su signali kod rotirajućih mašina. Vibracije koje ležaj emituje se prenose u okolnu strukturu stvarajući akustične smetnje, koje se koriste za analizu stanja ležaja. Transformacija zvučnog pritiska u električni signal vrši se ulaznim elektroakustičkim pretvaračem (mikrofonom), koji je u ovom slučaju korišćen za merenje zvučnog pritiska [4].

#### Temperatura

Merenje temperature je korisan i jednostavan način za nadgledanje stanja ležaja, jer većina oštećenja pre ili kasnije dovodi do povećanja temperature ležaja. Kada se dva tela pomeraju relativno jedna u odnosu na drugu, budući da su u kontaktu, **pojavit će** se sile trenja i izvršeni rad će se pretvoriti u toplotu. Ovaj metod za nadgledanje je veoma koristan, ali se može primeniti samo u slučajevima od 1 do 5 procenata preostalog životnog veka ležaja, tj. kada se već vide harmonici osnovne frekvencije ležaja.

### 2.2 Merni instrumenti

Merni instrument VibroLog je novorazvijeni instrument, data kolektor i analizador, višekanalni, modularni uređaj za merenje dijagnostičkih

parametara ležajeva - vibracija, broja obrtaja, temperature i zvuka.

Osnovne komponente merne opreme prikazane na slici 3. su:

1. Mikrofon
2. Senzor vibracija (SKF Model CMSS2100) [5]
3. Senzor temperature ( PT1000, 0 – 200 °C )
4. VibroLog merna elektronika (RoTech Beograd, Srbija)
5. Fotoelektrični senzori sa refleksnom trakom (fotoćelija i blizinski prekidač)



Slika 3. Uređaj VibroLog sa sensorima



Slika 4. Prednja strana uređaja Vibro Log sa kanalima za priključivanje senzora

Kanali za priključivanje senzora na prednjoj strani uređaja VibroLog, slika 4.:

1. Senzor vibracija
2. Senzor buke
3. Senzor temperature
4. Foto električni senzor
5. On /Off prekidač



Slika 5. Zadnja strana uređaja Vibro Log

Zadnja strane uređaja VibroLog, slika 5.:

1. AC 220 V
2. Osigurač 1 A
3. Load default taster
4. Mrežni priključak

Metode vibrodijagnostike koje koristi analizator VibroLog su:

- Merenje parametara vibracija (brzine, ubrzanja)
- Spektralna analiza. Karakteristike spektra: od 2048 linija spektra u mernom opsegu 0,5 Hz - 10 kHz.

Uređaj ima razvijen i aplikacioni program za balansiranje u jednoj korektivnoj ravni.

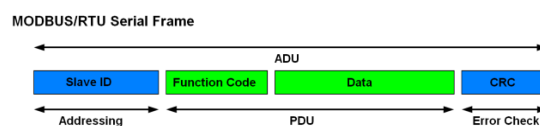
### 2.3 Opis aplikacije i povezivanje uređaja VibroLog na PC

Za povezivanje uređaja VibroLog na PC u JAVI je razvijena aplikacija VibroLogApp. Ona omogućava akviziciju podataka dobijenih sa senzora, njihovo prikazivanje u obliku dijagrama i vektorskih vrednosti i čuvanje u određenim formatima.

Povezivanje aplikacije sa akvizicionim uređajem ostvarena je preko 100 Mb/s lan interfejsa. Protokol za razmenu poruka i upravljanje hardverom je *Modbus RTU Protocol* koji se prenosi preko UDP komunikacionog protokola. VibroLog se na PC povezuje preko ethernet kabla.

*Modbus* protokol je komunikacioni protokol koji omogućuje *master/slave* komunikaciju, tj. serijsku komunikaciju između *master* jedinice i jedne ili više (do 247) *slave* jedinica spojenih u istu mrežu, direktno ili pomoću modema. Svaka *slave* jedinica ima svoju adresu i samo jedinica kojoj je naredba poslata reaguje na naredbu. Izuzetak od ovog pravila su *broadcast* naredbe, koje se odnose na sve jedinice i na koje nije potrebno odgovarati.

*Modbus* je *reply / request* protokol čiji su servisi određeni funkcijskim kodovima i definiše jednostavnu jedinicu podataka (*Protocol Data Unit - PDU*) nezavisnu od osnovnih komunikacionih nivoa. Mapiranje *Modbus* protokola za specifičnu magistralu ili mrežu može rezultovati dodavanjem još nekih polja PDU jedinici. Uređaj koji inicira slanje poruke kreira *Modbus PDU*, a zatim dodaje ostala polja kako bi napravio komunikacioni PDU.



Slika 6. Modbus načini prenosa podataka

```

package Serial;

import java.io.IOException;

public interface Communication {

    int[] ReadInputIntegers(int i, int j) throws IOException;
    float ReadInputFloat(int i) throws IOException;
    boolean WriteRegisters(int i, short[] array) throws IOException;
    boolean ReadCoil(int i) throws IOException;
    float[] ReadInputFloatArray(int i, int j) throws IOException;
    int[] ReadInputIntegers(int i, int pow) throws IOException;
    float ReadHoldingFloat(int i) throws IOException;
    int[] ReadHoldingIntegers(int adr, int size) throws IOException;
    void WriteFloat(int adr, double sensitivity);
    void WriteFloat(int regAdr, double reg, int deviceAdr);
    void setDeviceAdr(int adr);
    int getDeviceAdr();
    void setDefaultDeviceAdr();
}

```

Slika 7. Prikaz koda za komunikaciju sa uređajem U Modbus protokolu polje Addressing, sl. 6., sadrži samo adresu slave uređaja koja može biti jedan broj od 1 do 247. Master pristupa slave-u tako što u adresno polje upisuje adresu odgovarajućeg slave-a. Kada slave odgovara on u isto to polje postavlja svoju adresu kako bi master znao od koga je stigao odgovor. Function Code polje određuje koju akciju uređaj treba da izvrši. Funkcijski kod može biti praćen podacima koji predstavljaju parametre upita ili odgovora. CRC polje, ili polje za proveru greške, se popunjava rezultatom redundantne provere na greške. Postoje dva metoda provere na greške: CRC i LRC koje se primenjuju na poruku u zavisnosti od tipa Modbus protokola.

## 2.4 Podešavanje mernih parametara

Nakon uspešnog povezivanja aplikacije sa mernim uređajem korisnik je u mogućnosti da vrši podešavanje mernih parametara.

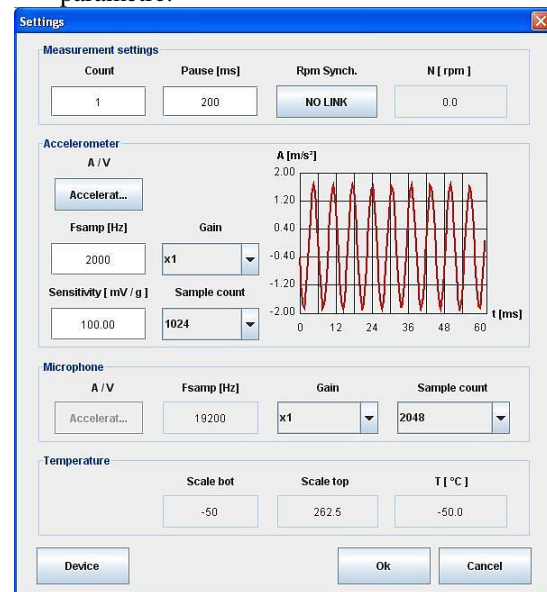
Na slici 8. prikazan je prozor u kome se vrše podešavanja vezana za merenja, sensor vibracija, sensor buke i temperature, gde se takođe mogu pročitati i trenutne vrednosti broja obrtaja i temperature.

Podešavanja vezana za merenja, slika 8:

- **Count** - broj uzastopnih merenja
- **Pause** – trajanje pauze između dva merenja (unosi se u milisekundama)
- **Rpm synch.** – mogućnost biranja jedne od vrednosti NO LINK, x16, x32. Kad je izabrano NO LINK omogućeno je unošenje vrednosti za *Fsamp*. Kod opcija x16, x32 *Fsamp* se računa se kao proizvod trenutnog broja obrtaja i umnožaka 16 ili 32.

Podešavanja vezana za merič ubrzanja (Akcelerometer) i mikrofona, slika 8:

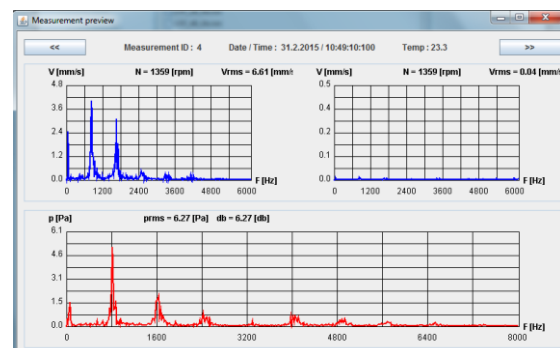
- **A/V** – aktivira/deaktivira se integracija ubrzanja u brzinu
- **Fsamp [Hz]** – frekvencija uzorkovanja signala
- **Sensitivity [mV/g]** – osetljivost senzora vibracija
- **Gain** – izbor pojačanja signala, veće vrednosti daju precizniji signal
- **Sample count** – broj tačaka koje se uzimaju tokom snimanja
- Dugme **Device** - prikazuje konekcijske parametre.



Slika 8. Prikaz prozora gde se vrše podešavanja vezana za merenja i senzore

## 2.5 Prikaz izmerenih rezultata

Na slici 9. prikazani su izmereni rezultati na jednom od oštećenih ležajeva. Pored izmerenih trenutnih vrednosti, mogu se prikazati i ranije snimljeni podaci. Na ovoj slici vide se dijagrami za V i P, a prikazane su i vrednosti za *Vrms*, *Prms*, broj obrtaja (N) i temperaturu (T).

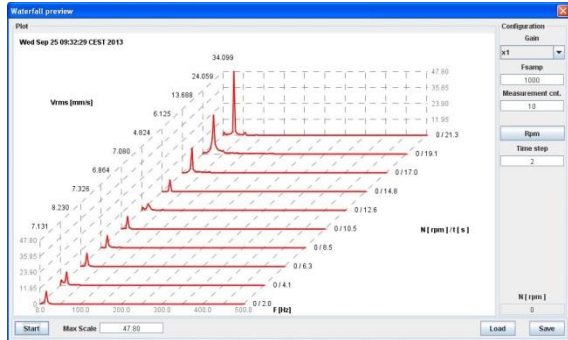


Slika 9. Prikaz izmerenih rezultata

Slika se crta po nivoima, prvo pozadina koju čine skale, oznake i merne jedinice, zatim mreža grafika i

na kraju podaci, vremenski ili spektralni dijagrami, i pojedine skalarne vrednosti.

Aplikacija ima mogućnost crtanja *Waterfall* dijagrama, gde se iznad  $y$  ose upisuje  $V_{rms}$



Slika 10. Prikaz Waterfall dijagrama

Fajlovi se čuvaju sa ekstenzijom CSV, što je standardni format koji sadrži tabelarne podatke. Prepoznaje ga veliki broj programa, tako da je pogodan za prenošenje podataka iz jedne aplikacije u drugu.

### 3. ZAKLJUČAK

U radu je prikazan razvijeni sistem koji predstavlja namenski koncipirano i razvijeno rešenje sa ciljem utvrđivanja kvaliteta ležajeva.

Može se izvesti zaključak da je za potrebe monitoringa i kontrole stanja ležajeva korisno vršiti periodična merenja i analizu što većeg broja relevantnih pokazatelja stanja ležajeva.

Prednost novorazvijenog uređaja VibroLog, koji je prikazan u radu, u odnosu na ostale uređaje je u

vrednost, a uz  $x$  osu relativno vreme od početka merenja, kao i broj obrtaja u tom trenutku, slika 10.

tome što pouzdano određuje više relevantnih pokazatelja stanja ležajeva, koji se drugim metodama i uređajima najčešće određuju posebno. To dodatno olakšava samu dijagnostiku i ubrzava proces pronalazanja problema u mehaničkom sistemu. Razvijeni uređaj je maksimalno orjentisan korisniku, lak je za korišćenje i dovoljno efikasan u otkrivanju defekata na ležajevima.

### LITERATURA

- [1] Patel V. N., Tandon N., Pandey R. K., Vibration Studies of Dynamically Loaded Deep Groove Ball Bearings in Presence of Local Defects on Races, ScienceDirect, Procedia Engineering 64 (2013), str. 1582 – 1591.
- [2] Živković A., Računarska i eksperimentalna analiza ponašanja kugličnih ležaja za specijalne namene, Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, 2012.
- [3] Savić B., Mehatrički aspekt istraživanja dinamičkog odziva kotrljajnih ležajeva sa promenom radnih parametara, Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka u Čačku.
- [4] Šumarac Pavlović D., Mijić M., Elektroakustika, elektronska knjiga, ETF Beograd.
- [5] SKF Vibration Sensors Catalog, PUB CM/P1 11604-14 EN April 2016.

# INFORMACIONI SISTEM ZA OBRADU PODATAKA JONOSFERSKOG SONDIRANJA (ISOPJS) IONOSPHERE SOUNDING DATA PROCESSING INFORMATION SYSTEM (ISDPIS)

Jovan Bajčetić<sup>1</sup>, Mladen Trikoš<sup>1</sup>, Ivan Tot<sup>1</sup>  
Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu<sup>1</sup>

**Sadržaj** – Detekcija i vizualizacija kompleksnih dugotrajnih, ali i kratkih, prolaznih perturbacija niske jonosfere (60-90 km nadmorske visine) u realnom vremenu moguća je samo uz pravilnu manipulaciju velike baze podataka (Big data) dobijene konstantnom akvizicijom merenih parametara. Efekti perturbacije koji se praktično odnose na intenzivne strukturne, fizičke promene visoke stratosfere, mezofere, kao i jonosfere, uglavnom su izazvani elektromagnetskim i emisijama čestica koje potiču iz aktivnih regiona Sunca. Ovde je prikazan pregled razvijenog seta skripti pisanih u Python programskom jeziku povezanih sa MySQL bazom podataka. Celokupan sistem za akviziciju i obradu podataka daje rešenje za detekciju i vizualizaciju varijacije amplitude merenog radio signala koja je indukovana poremećajima nastalim usled raznovrsnih izvora sa Zemlje i iz svemira.

**Abstract** - Detection and visualization of complicated long-lasting, as well as short, transient events detected in low ionosphere (60-90 km elevation) during perturbation events is possible only with Big data proper management. The perturbation effects on the high stratosphere, mesosphere, as well as the ionosphere are driven mainly by the electromagnetic and particle emissions coming from the active regions of the Sun. Here is presented an overview of the developed set of Python scripts and the MySQL database which all together give the information system solution for the detection and visualization of the acquired ionosphere sounding radio signal sudden amplitude variation induced by sources of Earth and Space weather disturbances.

## 1. UVOD

Osnovni parametar sredine koji utiče na prostiranje radio-signalu kroz jonosferu (60-800 km iznad nivoa mora) i koji najdirektnije odražava njeno stanje je koncentracija elektrona. Iznenađne i intenzivne varijacije ovog parametra su odraz akumulacije energije unutar ovog dela atmosfere i numerički se mogu predstaviti varijacijom koncentracije elektrona koja se može meriti pomoću jedne od široko prihvaćenih metoda [1], [2].

Radiosondiranje VLF/LF (Very Low Frequency/Low Frequency) radio talasima je jedna od opšteprihvaćenih metoda merenja. U odnosu na ostale (raketna i radarska merenja), VLF metodom je moguće vršiti konstantno merenje, s obzirom na to da su predajnici koji rade u ovom frekvencijskom opsegu konstantno u radu. Ova metoda je izuzetno povoljna za detekciju kratkotrajnih iznenadnih promena nastalih usled intenzivne jonizacije  $\gamma$ -bljeskovima [3]. Podaci prikupljeni merenjima u ovom

opsegu (3-300 kHz), kao što je prikazano u [4] i [5], omogućavaju modelovanje karakteristika niske jonosfere (60-90 km nadmorske visine) na srednjim geografskim širinama (23-66°) čime se stvaraju uslovi za detaljniju analizu efekata dodatne jonizacije. Korelacija tih merenja i prirodnih fenomena vezanih za njeno poreklo omogućava bolje razumevanje posledica poremećaja i moguće veze između niske jonosfere i prirodnih nepogoda [6].

## 2. ISDPIS (INFORMACIONI SISTEM OBRADE PODATAKA O JONOSFERI), EKSPERIMENT I PRIKUPLJANJE PODATAKA

U cilju adekvatnog prikupljanja, skladištenja i lakšeg pristupa velikoj bazi podataka, realizovan je informacioni sistem za obradu podataka jonosferskog sondiranja (Ionosphere Sounding Data Processing Information System – ISDPIS) sa ciljem automatizacije prikupljanja podataka, upozoravanja i vizualizacije otkrivenih događaja (Slika 1).

Izazov za ostvarenje ovog sistema predstavljala je otežana manipulacija velike količine podataka koji odražavaju promenu koncentracije elektrona u niskoj jonosferi, prikupljenih pomoću senzora frekvencijske raspodele snage radio signala (analizatora spektra). Akvizicija podataka za kasniju obradu i analizu vršena je kodom pisanim u Matlab programskom jeziku pomoću hardverske platforme programabilnog širokopojasnog analizatora spektra podešenog na frekvencijski opseg od 15 do 35 kHz.

Neobrađeni podaci se sekvencijalno snimaju u .mat datoteke gde svaka takva datoteka predstavlja strukturu koja odvojeno sadrži I/Q snimke toka podataka, pridružene podatke o vremenu snimka i generisane FFT (Fast Fourier Transformation) podatke. Raspodela snage u 20 kHz širokom propusnom opsegu sa rezolucijom od 200 Hz postiže se frekvencijom uzorkovanja od 56 Ms/s. Vremenska rezolucija snimanja je oko 3 snimka u sekundi, što dovodi do toga da količina prikupljenih podataka na ovaj način iznosi oko 250 MB dnevno, 7,5 GB mesečno ili 90 GB godišnje.

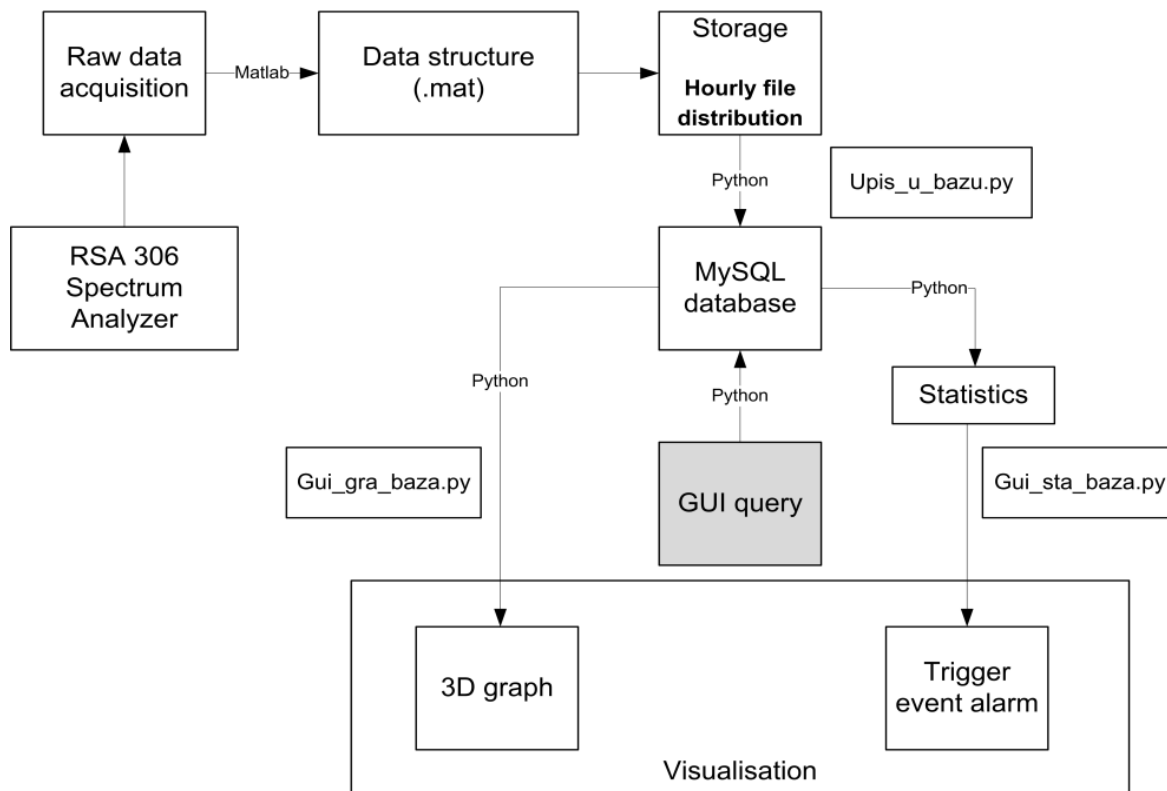
## 3. ISDPIS - OPIS I FUNKCIONALNOSTI

ISDPIS je informacioni sistem potpuno baziran na Python programskom jeziku sa modulima i funkcijama implementiranim kroz skripte koje sadrže kodove optimizirane za namensku obradu podataka. Iz .mat podataka, sistem na svaki sat importuje podatke u tabele MySQL baze podataka koje su konstruisane po uzoru na



snimljene strukture podataka. Tabele se sastoje od tri matrice – vreme (šest kolona: godina, mesec, dan, sat, minut i sekunda), I/Q podaci (200 kolona), kao i

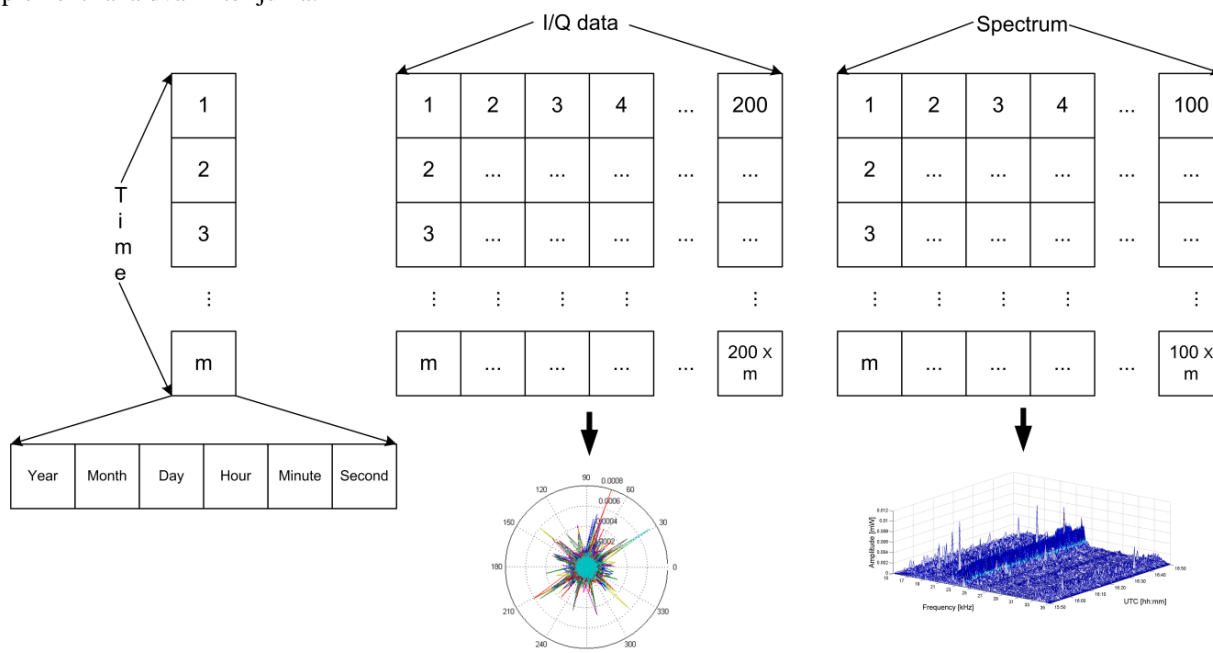
proizvedeni podaci o spektralnoj raspodeli snage (100 kolona), kako je prikazano na Slici 2.



Slika 1. ISDPIS (Ionosphere Sounding Data Processing Information System)

Sve matrice su dugačke oko 9000 redova ( $m \approx 9000$ ), dok se statistička analiza vrši paralelno kako bi se omogućilo pokretanje alarma u skladu sa datim parametrima detekcije. Parametri aktiviranja alarma se odnose na određeni događaj koji je definisan intenzitetom promene amplitude u određenom periodu vremena. Do sada su implementirana dva kriterijuma:

- Za kratkotrajne događaje, ova amplituda je definisana da bude najmanje 10 dB u vremenskom periodu od 1 sekunde;
- Varijacija amplitude bi trebalo da bude najmanje 2 dB u trajanju od jednog sata, tako da se događaj može smatrati dugotrajnim.

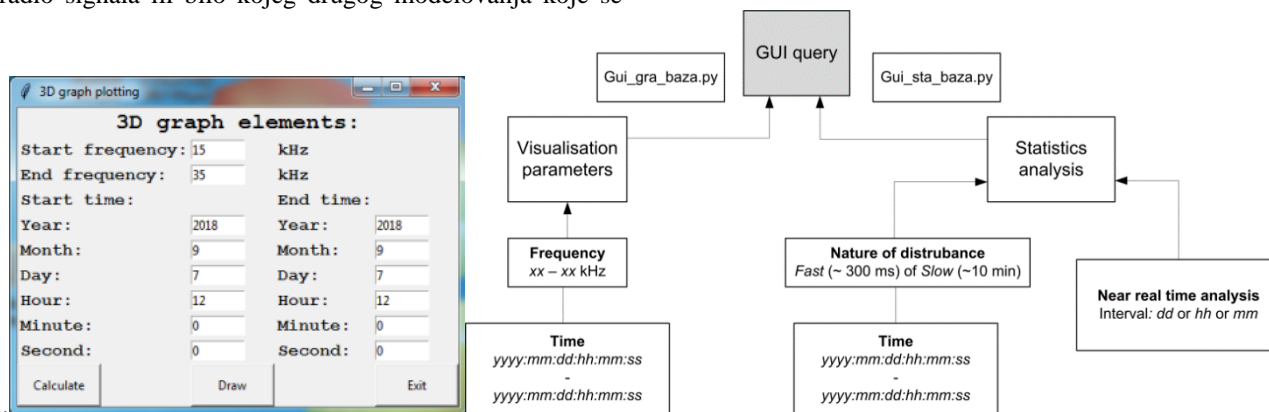


Slika 2. Struktura podataka i vizualizacija

S obzirom na činjenicu da su parametri okidanja alarma promenljivi, da model još nije u potpunosti operativan i nalazi se u fazi testiranja, parametri okidanja su u fazi podešavanja.

Nakon uvoza podataka u bazu, proces obrade i pregleda podataka je sledeća faza predstojeće obrade signala koja se, na primer može usmeriti na simulaciju prostiranja radio signala ili bilo kojeg drugog modelovanja koje se

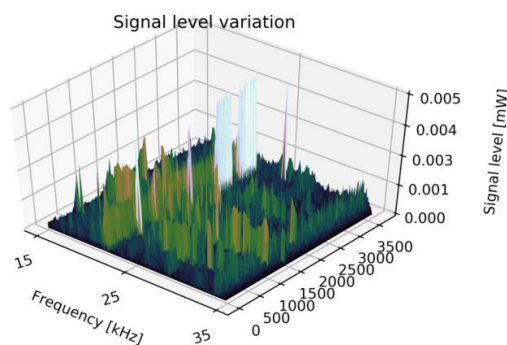
odnosi na prostiranje radio talasa kroz poremećenu jonizovanu sredinu (koncentracija elektrona, efektivni rekombinacioni koeficijent, brzine proizvodnje i gubitka elektrona, elektronska temperatura, itd.) [7], [8]. Da bi se mogli adekvatno vizualizovati podaci na računarima srednjih performansi, vrši se adaptacija podataka u okviru GUI (Graphic User Interface) skripte (Slika 3).



Slika 3. GUI upit i njegova struktura

U skladu sa događajima koji su aktivirali alarm, korisnik može suziti parametre vizualizacije na željeni vremenski i frekvencijski domen. Vizualizacija u ovom slučaju predstavlja vrlo koristan alat za donošenje odluke „na prvi pogled“ po pitanju da li je događaj pravi poremećaj elektronske koncentracije koji je iniciran prirodnom pojavom ili ne.

Primer vizualizacije stvarnog poremećaja uočljiv je na 3D waterfall dijagramu generisanog iz sirovih podataka (Slika 4).



Slika 4. 3D waterfall grafik merenog signala u periodu od 12:00 do 13:00 časova, 7. septembra 2017. godine

Međutim, ponekad je potrebno prethodno obraditi parametre vizuelizacije u skladu sa kriterijumima dužine vremenskog i širine frekvencijskog domena, uvažavajući performanse računara na kojem se vrši obrada i prikaz.

#### 4. ZAKLJUČAK

Nekoliko preduslova je potrebno ispuniti kako bi se velika baza podataka učinila lako dostupnom i adekvatnom za

pravilnu analizu podataka. Pre svega, potrebno je napraviti model baze podataka tako da bude što bolji odraz strukture podataka dobijenih akvizicijom. Zatim, uvoz podataka bi trebalo da bude automatizovan da bi se efikasno napravile i popunile strukture baza podataka.

Proces uvoza podataka u bazu je presudan da bi podaci bili dostupni za analizu u realnom vremenu. Adekvatan GUI u slučaju prikazanog informacionog sistema objedinjuje funkcionalnosti vremenskog i frekvencijskog filtriranja, kao i adaptacije u cilju lakše prezentacije i 3D vizualizacije željenog skupa podataka. Statistički modul ima važnu ulogu detekcije konkretnog događaja opisanog kroz empirijski formirane preduslove definisane kao određen intenzitet promene amplitude u definisanom vremenskom intervalu.

#### ZAHVALNICA

Ova studija je realizovana u okviru COST (European Cooperation in Science and Technology) projekta TD1403. Autori zahvaljuju Ministarstvu odbrane Republike Srbije kroz projekte VA-TT/3/18-20 i VA-TT/1/17-19. Za podatke dobijene merenjima obratiti se prvom autoru rada.

#### LITERATURA

- [1] K. G. Budden, The propagation of radio waves. New York: Cambridge University Press, 1984.
- [2] Martin Füllekrug et al. Array analysis of electromagnetic radiation from radio transmitters for submarine communication. Geophysical Research Letters, pp. 9143-9149, 2014.

- [3] Aleksandra Nina, Saša Simić, Vladimir A. Srećković, Luka Č. Popović, Detection of short- term response of the low ionosphere on gamma ray bursts, *Geophysical Research Letters*, vol. 42, Issue 19, pp. 8250-8261, 2015.
- [4] E. D. Schmitter. Modeling solar flare induced lower ionosphere changes using VLF/LF transmitter amplitude and phase observations at a midlatitude site. *Annales Geophysicae*, pp. 765-773, 2013.
- [5] A. Nina and V. M. Čadež. Detection of acoustic-gravity waves in lower ionosphere by VLF radio waves. *Geophysical Research Letters*, pp. 4803–4807, 2013.
- [6] Aleksandra Nina, Milan Radovanović, Boško Milovanović, Andjelka Kovačević, Jovan Bajčetić, Luka Č. Popović. Low ionospheric reactions on tropical depressions prior hurricanes. *Advances in Space Research*, pp. 1866-1877, Volume 60, Issue 8, 2017.
- [7] Jovan Bajčetić, Aleksandra Nina, Vladimir M. Čadež, and Branislav M. Todorović. Ionospheric D-region temperature relaxation and its influences on radio signal propagation after solar X-flares occurrence. *Thermal Science*, vol. 19, pp. S299-S309, 2015.
- [8] A. Nina, V. M. Čadež, and J. Bajčetić. Contribution of Solar Hydrogen Ly $\alpha$  Line Emission in Total Ionization Rate in Ionospheric D-region During the Maximum of Solar X-flare. *Serbian Astronomical Journal*, pp. 51-57, 2015.

# FORMALIZING DEVICE COORDINATION IN IOT SYSTEMS: THE SCOR CASE STUDY

Nenad Petrovic, Milorad Tosic, Valentina Nejkovic, Nenad Milosevic  
*Faculty of Electronic Engineering, University of Nis, Serbia*

**Abstract** - In recent years, the Internet of Things (IoT) has been identified as innovation driver in many areas. It enables the development of novel services and applications that were not imaginable before, relying on smart digital and physical things connected through communication technology. This emerging technology grows rapidly every day, but is bringing many challenges. One of the challenges is device coordination that is defined as harmonization of missions of different IoT devices in order to achieve a particular common goal efficiently. However, there are many open questions when it comes to coordination in IoT systems. In this paper, we consider the formalization of two important coordination aspects – coordination flow design and verification. As an outcome, we propose a domain-specific language for coordination flow definition and a model based on Petri nets for verification of the coordinated device missions targeting robotic IoT (RIoT) devices. As a case study, RAWFIE experiment coordination scenarios achieved relying on SCOR Framework (Semantic COordination for RAWFIE) using Visual Coordination Flow Editor based on the proposed modeling language and Petri net verification model are presented.

## 1. INTRODUCTION

The Internet of Things (IoT) is an emerging technology that enables building innovative services and applications that were not possible before by integrating and interconnecting a huge number of digital and physical objects with networking, sensing and processing capabilities. Using the means of communication, they are able to exchange information with each other and with other services over the internet in order to achieve their own objective. However, building new IoT services and applications is not an easy task, since we need to face many challenges such as interoperability, communication protocols diversity, context-awareness, discovery etc [1][2].

The operation of an IoT system is such that the objects working in the same environment often must be coordinated in order to achieve the system's common goal. Coordination consists of organizing the actions of the objects operating within a system in order to enable them to work together more efficiently [1-3]. Therefore, the coordination is of utmost importance in IoT systems. However, the coordination challenge in IoT systems is quite complex, as it implicitly involves all of the previously mentioned challenges [1]. IoT systems have to cope with enormous amount of sensor information, aggregate and integrate this information, distribute it to participants in different applications, and trigger the corresponding coordination scenario [2][3].

In this paper, the coordination is addressed, as it still represents an open issue, despite the efforts in this area [1][2]. The focus is on formalization - modeling and verification of coordination in IoT systems, as these two aspects are not addressed in existing publications as needed. As an outcome, we propose 1) a domain-specific language for coordination flow modeling and 2) a Petri net-based model targeting application within the coordination verification tools. Furthermore, we present proof-of-concept implementations of coordination flow modeling tool based on Node-RED<sup>1</sup> and Petri net code generator for coordinated mission verification using Signavio<sup>2</sup>, in context of RAWFIE<sup>3</sup>[4] robotic experimentation platform. When it comes to coordination mechanisms, the presented tools rely on our previously developed SCOR framework [5][6] that is responsible for generation of the coordinated missions.

## 2. BACKGROUND AND RELATED WORK

In this section, the existing systems that our research is build upon are presented and other related similar solutions considered.

RAWFIE [4] is a remote experimentation platform that offers different testbeds with ground, aerial and underwater vehicles or robots located at different places across Europe. These robotic devices are equipped with various sensors (temperature, LIDAR etc.) and they are able to move within the environment in order to collect the data from sensors.

Semantic COordination for Rawfie (SCOR) [5][6] is a semantic-driven framework for centralized unmanned vehicle mission coordination in RAWFIE platform's experimentation testbeds. The ontologies are used to represent the knowledge about device capabilities, constraints, domain expert knowledge and both the design-time (mission code) and experiment execution (sensor data) aspects that are taken into account during the generation of the coordinated device missions. In the case of user-driven coordination, there is a need to provide means for definition of the coordination flow by the experimenters. For that purpose, a modeling language is proposed and Visual Coordination Flow Editor is implemented. Furthermore, the verification of the coordinated missions created as Output of SCOR framework is performed using the Petri net mission representation also presented in this paper.

When it comes to coordination modeling languages, most of them require knowledge about the low-level

---

<sup>1</sup> <https://nodered.org/>

<sup>2</sup> <https://www.signavio.com/>

<sup>3</sup> <http://www.rawfie.eu/>

implementation details of the system, which represents a cognitive barrier to the potential users. Our goal is to provide the simplest possible formal specification of coordination flow, without requiring any knowledge about the actual implementation of coordination protocols and mechanism. From that perspective, the only solution we find similar to the proposed is Situation Event Definition Language (SEDL), presented in [3], where coordination specification is based on trigger activation when particular event occurs. However, we aim to achieve even more intuitive notation and enhance the user experience by providing a visual modeling tool.

Among the existing solutions that perform device mission coordination in IoT systems, most of them still lack the ability to check whether the generated coordination mission is well-defined. Therefore, there is a need to use some kind of formalism which gives us the ability to explicitly define how the coordinated mission is obtained from the original missions, what is the exact structure of the coordinated mission with goal to perform the verification. For this purpose, we decide to use Petri nets, as it has already been shown that they are appropriate approach when it comes to coordination models in various multi-agent systems [7-10]. Unlike industry standards, such as UML activity and BPMN diagrams, Petri nets have an exact mathematical definition of execution semantics.

### 3. COORDINATION FLOW MODELING LANGUAGE

Programming or specification computer language that targets a particular application domain is known as domain-specific language (DSL) [11]. If the considered problem belongs to the domain of the language, it is possible to solve that specific problem more conveniently compared to general purpose programming languages. However, in most cases, domain-specific languages are not expressive enough to solve problems outside the targeted application domain.

In context of this paper, the domain-specific languages are considered as means for both the coordination flow and original mission definition. Mission consists of actions an individual device has to perform in order to achieve the intended goal, while the coordination flow consists of specifications which actions have to be taken by the devices in order to achieve some common objective. For device mission definition in our case study, the existing Experiment Description Language (EDL)[12] is used (missions consist of waypoint traversal and sensor activations at discrete timepoints), while we define another domain-specific language for modeling of the coordination flow. The main idea of the proposed modeling language is based on fact that IoT system is driven by its environment, so the objects need to adapt to these changes in order to achieve the system's goal. In what follows, the description of coordination flow modeling language elements (shown in Figure 1) is given.

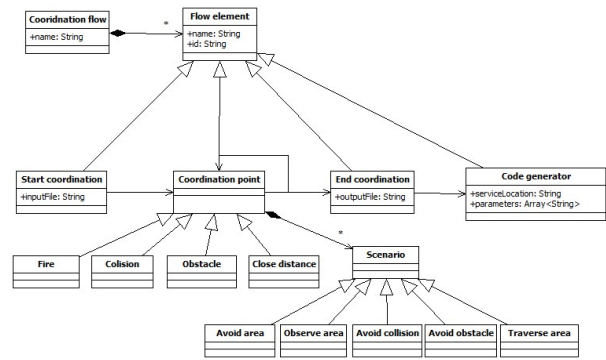


Figure 1. Coordination Flow Modeling Language presented as UML class diagram

*Coordination flow*: A cascade that consists of interconnected flow elements. This way, the specific coordination case is modeled by user.

*Flow element*: A primitive that is used to construct a coordination flow. There are different types of flow elements: *Coordination point*, *Start coordination*, *End coordination* and *Code generator*. In our implementation of the visual modeling, each flow element corresponds to a custom Node-RED node.

*Start coordination*: An element which opens a coordination flow. Here, the user needs to specify the file which is going to be considered as input of the coordination process. This element must be connected to a *Coordination point*.

*Coordination point*: This element specifies that the occurrence of a particular event within the device environment can lead to the coordination scenario realization. In user-driven coordination, the user needs to select a type of scenario which should be executed in case if that event is detected. Therefore, using this modeling element, the  $(event \rightarrow scenario)$  pairs are specified. It is possible to define a coordination flow that consists of many coordination points. The list of available scenarios depends of the specific platform where device coordination is performed. In case of RAWFIE platform testbeds, we have many subclasses of specialized coordination points. For example, *Fire* coordination point element is used to define coordination when fire occurs within a testbed, while *Collision* coordination point is used for the case when potential collision of unmanned vehicles is detected.

*Scenario*: A set of actions that has to be taken within the coordinated mission in case that the event defining the considered coordination point had been previously detected. A list of available coordination scenarios depends on the concrete coordination point. In our implementation, user can select one of the available scenarios in visual coordination flow editor by double clicking on the coordination point Node-RED node.

*End coordination*: An element which closes the coordination flow and also contains the name of the output file where the coordinated mission is going to be

stored. In order to perform the generation of the coordinated mission, it is necessary to connect this node to a *Code generator* element.

*Code generator*: A flow modeling element that elaborates the parameters of the coordination flow and calls the back-end of the coordination platform. Therefore, we need to specify the location of the coordination service and relevant parameters whose values will be forwarded. In our implementation, this element contains HTTP request Node-RED node that calls the SCOR platform's code generator via REST API.

#### 4. PETRI NET DEVICE MISSION COORDINATION MODEL

Petri net is a bipartite graph (optionally weighted) which consists of two types of nodes: places (conditions, states) and transitions (event occurrences and actions) connected by directed arcs. Places are usually represented as circles, while the transitions are represented as rectangular bars or boxes. Places may hold tokens. The state or marking of a net is its assignment of tokens to places. An arc connects a place to a transition or a transition to a place. Arcs are not allowed between nodes of same type. They can be weighted. A transition is enabled when the number of tokens in each of its input places is at least equal to the arc weight going from the place to the transition. Enabled transition may fire at any time. When fired, the tokens in the input places are moved to output places, according to arc weights and place capacities. This results in a new marking of the net, a state description of all places.

Petri nets are widely used tool for modeling and analysis of various systems. There are several factors which have contributed to their success: the graphical nature, the ability to model parallel and distributed processes in a natural manner, the model simplicity and solid mathematical foundation. Petri nets provide us ability to analyze and verify [13] the generated coordinated mission in order to check the consistency and avoiding the deadlock situations [10][13][14] and collision [10], simultaneously ensuring the reachability of all the final states for coordinated mission execution. For this purpose, several Petri net concepts and properties are exploited.

1) *Reachability*: The problem to decide, given a Petri net  $N$  and a marking  $M$ , where  $M \in R(N)$ . The reachability set  $R(N, \mu)$  of a net  $N$  is the set of all markings  $\mu'$  reachable from initial marking  $m$ . This task is solved by walking the reachability graph defined above, until either we reach the requested marking or find out that it definitely cannot be found. This is harder than it may seem at first: the reachability graph is generally infinite, and it is not easy to determine when it is safe to stop. Using this approach, we can detect erroneous states. However, for practical problems the constructed graph usually has far too many states to calculate.

2) *Boundedness*: A marked net is  $(k-)$  bounded if places never hold more than  $k$  tokens.

3) *Conservativity*: A marked net is conservative if the number of tokens is constant.

4) *Safeness*: A net  $N$  with initial marking  $\mu$  is safe if places always hold at most 1 token.

5) *Liveness*: A transition is deadlocked if it can never fire. A transition is live if it can never deadlock.

One of the benefits of Petri nets-based representation is the ability to leverage the previously mentioned properties in order to perform verification of the coordinated mission. There are many available tools used for that purpose, but we decide to use Signavio, due to its user-friendly interface, Petri net visualization and ability to import Petri nets using simple XML format, convenient for automatic code generation. In what follows, mission representation using Petri nets is described.

Let us assume that we need to coordinate  $n$  distinct devices  $device_1, device_2, \dots, device_n$ . Each of these devices has a set of attached sensors and actuators. For example,  $device_i$  has  $m^i$  sensors and  $k^i$  actuators:  $(device_i \rightarrow (sensor_1, sensor_2, \dots, sensor_m, actuator_1, actuator_2, \dots, actuator_k))$ . For each of these sensors and actuators we assign a distinct Petri net. Therefore, we assign  $m^i + k^i$  Petri nets to  $device_i$ . For movable devices, such as robots and unmanned vehicles, one more Petri net is assigned, where states correspond to waypoints visited during the route traversal. In case of systems where information about the time of events is available, up to  $m^i + k^i + 1$  previously defined Petri nets can be aligned according to points in time. Using the fork-join Petri net notation, we can obtain a unified representation of the complete mission, involving the states and transitions for all the sensor and actuators, as shown in Figure 2.

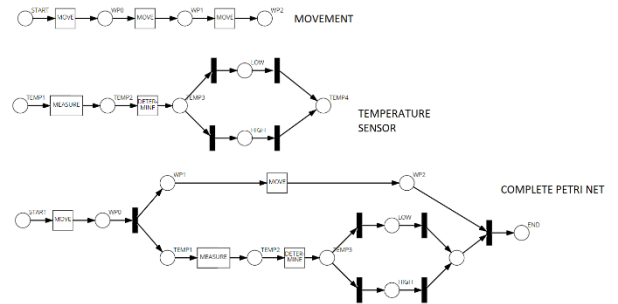


Figure 2. Petri net representation of device mission

##### A. Coordination definition based on Petri net mission representation

Based on this representation, we define the coordinated mission generation as a process of modification or addition of certain number of states within one or more Petri nets assigned to some of the devices involved in coordination process, in order to achieve the desired coordination scenario. According to this, we can distinguish two types of coordinated mission generation: *modificative* and *additive*. The state modification or addition in Petri nets is performed starting from the state  $s_c$  where the coordination point is detected. Let us assume

that we have in total  $p$  states:  $s_1, s_2, \dots, s_p$ . Modificative coordinated mission generation refers to a case when a certain number of states  $q$  starting from  $s_c$  has to be modified to states:  $s'_c, s'_{c+1}, \dots, s'_{c+q}$ , where  $c+q \leq p$ . On the other side, additive coordinated mission generation refers to a case when a certain number of states  $r$  starting from  $s_c$  has to be appended:  $s_{c+l}, s_{c+2}, \dots, s'_{c+r}$ , where  $r \geq l$ .

In what follows, examples from domain of unmanned vehicle coordination in RAWFIE platform for both cases are presented.

### B. Modificative coordination example

Let us consider two separate missions designed by experimenters unaware of each other and executed in sequence. Each mission involves one unmanned vehicle whose task is to traverse certain waypoints within the considered testbed and collect sensor data.

In the first mission, the unmanned vehicle measures temperature and detects sharp temperature rise around certain area. After that, the other experimenter launches the second mission. In this case, the modificative coordination is performed. The route of the second vehicle is modified, so it will avoid the high temperature area at a certain distance.

Petri net representation of the coordinated mission is considered. In Figure 3, the second mission before and after coordination is given. As it can be seen, the path of unmanned vehicle in Mission 2 consists of four waypoints. During the semantic analysis, it is concluded that waypoints  $WP1$  and  $WP2$  should be modified in order to avoid the potentially dangerous area. Therefore, in the coordinated mission,  $WP1$  and  $WP2$  are changed with  $WP1'$  and  $WP2'$ , which fulfill the condition that their distance from the detected flame is more or equal than a given distance  $d$ .

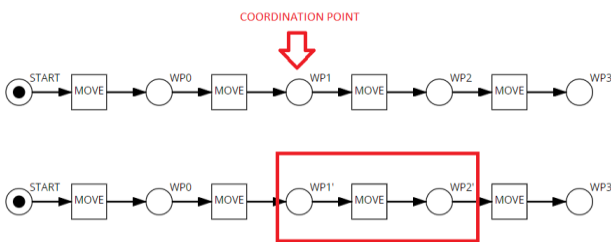


Figure 3. Petri net representation of Mission 2 before and after modificative coordination

### C. Additive coordination example

For additive coordination example let us consider a mission (denoted as Mission 1) where robot traverses the testbed

with temperature sensor activated. In case when high temperature is detected, another robot with camera is sent to observe the suspicious area at a certain distance (Mission 2). In Figure 4, the resulting Petri net of mission coordination process is shown. The Petri net of coordinated Mission 2 which contains the route definition and camera activation for the camera-equipped robot is appended to the Petri net of the first mission at coordination point, which is actually a state of high temperature.

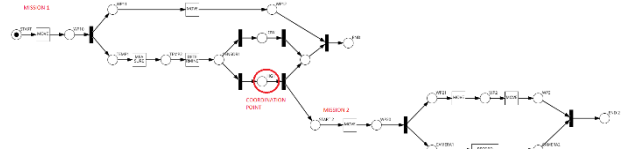


Figure 4. Petri net representation of additive mission coordination

## 5. IMPLEMENTATION OVERVIEW

In this section, the overview of the implemented system is provided (illustrated in Figure 5.).

First, the user models a coordination flow using the Visual Coordination Flow Editor (shown in Figure 6). The Visual Coordination Flow editor implements the modeling language for coordination flow design presented in this paper. The implementation is based on Node-RED. Node-RED is a browser-based visual flow editor relying on Node.js technology that lets users wire together hardware devices, APIs, and online services in novel and interesting ways using its drag-and-drop interface. It is highly flexible and extendable, giving the ability to create and import custom modeling elements (nodes). In our case, each of the custom nodes corresponds to a particular type of coordination flow element. The coordination flow elements are placed on the left part of user interface while the flow itself on the right (as shown in Figure 6). Flow element parameters (input file, output file, coordination scenario) are set by double-clicking on the element when placed within the flow and selecting/typing the desired value. Once the coordination flow modeling is the done, the coordination flow needs to be deployed to the Node-RED's Node.js server. In order to trigger the coordination process, it is necessary to click on the injection that is connected before the *Start coordination* node.

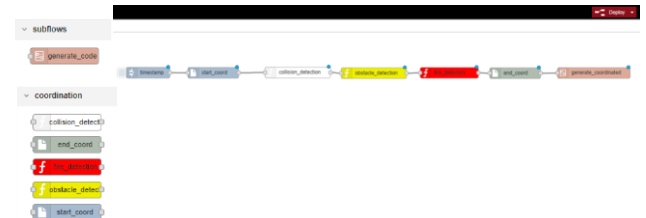


Figure 6. Coordination Flow Editor based on Node-RED

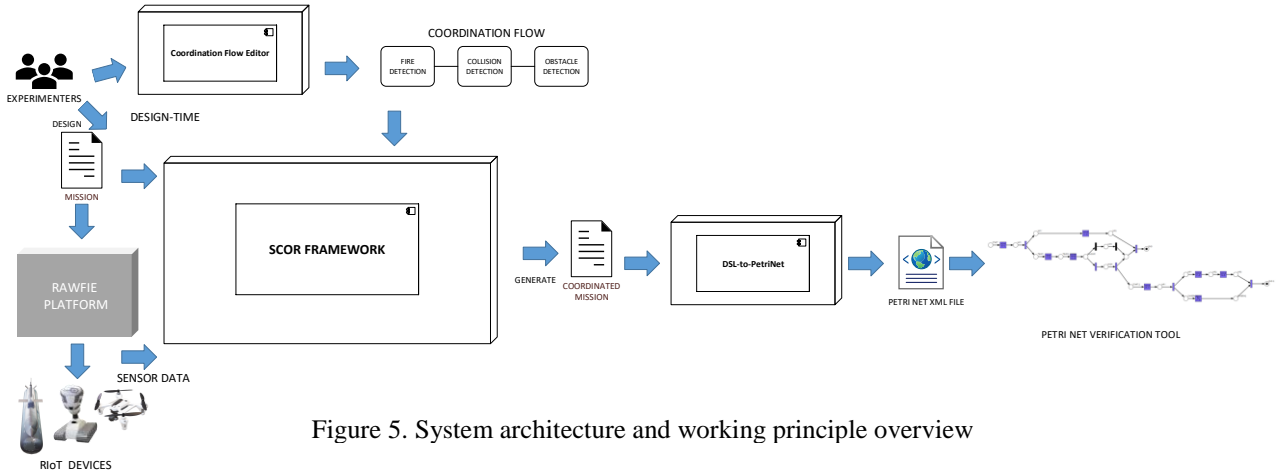


Figure 5. System architecture and working principle overview

After that, the coordination flow parameters are submitted to the SCOR framework that implements the coordination mechanisms and is responsible for the generation of the coordinated missions. Both the original mission definition (design-time) and sensor data obtained during the original mission execution (run-time) [5][6] using the RAWFIE platform are taken into account. In Listing 1, the algorithm of coordinated mission code generation based on the coordination flow model using SCOR framework is given.

---

*Input:* original mission, sensor data, coordination flow

*Output:* coordinated mission

*Steps:*

1. Retrieve all the coordination points from the coordination flow;
  2. Analyze original mission code;
  3. Analyze sensor data;
  4. For each of the coordination points
  5.     If(event ocured)
  6.         then generate scenario code;
  7. end for each
  8. end
- 

Listing 1. Pseudo-code of the coordinated mission generation algorithm based on coordination flow model

The coordinated mission is further sent to the DSL-to-PetriNet component that creates the Signavio-compatible XML file for the Petri net representation of the coordinated mission starting from the EDL file, using the algorithm described in Listing 2.

---

*Input:* Petri net XML file

*Output:* deadlock-true/false

*Steps:*

1. deadlock:=false;
  2. Put a token at starting place all the coordination points from the coordination flow;
  3. while(there is transition to be fired)
  4.     fire(transition);
  5. endwhile;
  6. if (number of tokens that did not reach the final state>0)
  7.     deadlock:=true
  8. endif;
  9. return deadlock
- 

Listing 3. Deadlock detection using Petri nets representation

Finally, the XML file is imported into Signavio in order to perform the verification and make sure that desired properties within the created Petri net hold. An example could be checking whether it is deadlock-free, as described in Listing 3. If a deadlock is detected, the user should be

warned before the execution to modify the coordination flow, as coordinated mission might not conclude properly.

---

*Input:* mission file

*Output:* Petri net mission representation for Signavio

*Steps:*

1. for each timepoint of the mission do
  2.     retrieve all the waypoint traversal and activations;
  3.     if(num(waypoints + activations at given timepoint)>1) and openFork=false
  4.         then
  5.             generate num(waypoints + activations at given) forks
  6.             openFork=true;
  7.         endif;
  8.     if(openFork is true) and num(waypoints + activations at given timepoint)>1)
  9.         then
  10.             Add place and transition to Petri net for each fork
  11.         else
  12.             if(openFork is true)
  13.                 then
  14.                     generate join of the forks;
  15.                     openFork=false;
  16.                 endif;
  17.             Add place and transition to Petri net for a single waypoint/activation
  18.         endif;
  19.     end for each
  20. end
- 

Listing 2. Pseudo-code of the Petri net generation algorithm starting from EDL mission

## 6. COORDINATION SCENARIOS

As a proof-of-concept, we have tested the developed language and verification model for several different cases of coordination in RAWFIE platform, relying on SCOR framework back-end.

In Table 1, an overview of the implemented coordination points and corresponding scenarios is given. The first column of Table shows the coordination points: fire, obstacle and collision detection. The second column shows the implemented scenarios for each of the coordination points. For example, if fire was detected within the testbed, the possible scenarios are: *Count people* and *Avoid flame*. In case if *Count people* is selected, a robot will be sent to the entrance of the area where fire was detected and another one near exit, while both of them will record the area using their cameras in order to count how many people are in danger and how many people were able to get out of



the building. Furthermore, it is possible to select the Avoid flame scenario, so paths of all robots will be modified to avoid the area where flame was detected at certain distance. The similar case is for obstacle scenario. In case of collision detection, it is possible to select the scenario just to avoid collision by modifying the robots' paths or also include the requirement that the robots need to be at certain minimal distance along their paths.

Table 1. Coordination points and scenarios implemented using SCOR platform

Coordination point	Scenario
Fire	Count people
	∨ Avoid flame
Obstacle	Avoid obstacle
Collision	Avoid collision
	∨ Avoid collision at distance

## 7. CONCLUSION AND FUTURE WORK

In this paper, two formalization aspects of IoT systems were considered – coordination flow modeling and verification. As an outcome, a visual coordination flow editor based on the proposed language specification was implemented and Petri net model for verification of coordinated missions. The developed language and verification model were tested for several different cases of coordination in RAWFIE platform, using the SCOR framework.

According to the initial testing, the approach seems promising when it comes to coordination of RAWFIE platform experiments in the considered scenarios. However, we would like to include more scenarios and provide support for other IoT systems (such as area surveillance systems) and experimentation platforms to confirm the effectiveness of the approach.

Moreover, our idea is to further work on Petri nets model and develop more sophisticated verification, taking into account larger number of features, use cases (beside deadlock detection) and analysis methods based on Petri net representation, as verification module is still a work in progress.

## ACKNOWLEDGEMENT

This work has received funding from the European Union's Horizon 2020 Framework Programme for Research and Innovation under the Grant Agreement No 645220, project RAWFIE (Road-, Air- and Water- based Future Internet Experimentation).

## REFERENCES

[1] Belkeziz, R. & Jarir, Z., "IoT Coordination: Designing a Context-Driven Architecture", 2017 13th International Conference on Signal-Image Technology & Internet-Based Systems (SITIS), pp. 1-8, 2017.

[2] Belkeziz, R. & Jarir, Z. "A survey on Internet of Things coordination", 2016 Third International Conference on Systems of Collaboration (SysCo), pp. 1-6, 2016.

[3] Cheng, B., Zhu, D., Zhao, S., & Chen, J., "Situation-Aware IoT Service Coordination Using the Event-Driven SOA Paradigm", *IEEE Transactions on Network and Service Management*, 13(2), pp. 349–361, 2016.

[4] High Level Design and Specification of RAWFIE Architecture [Online]. Available on: [http://www.rawfie.eu/sites/default/files/rawfie\\_-\\_d4.1\\_-\\_high\\_level\\_design\\_and\\_specification\\_of\\_rawfie\\_architecture.pdf](http://www.rawfie.eu/sites/default/files/rawfie_-_d4.1_-_high_level_design_and_specification_of_rawfie_architecture.pdf), last accessed 2018/09/23.

[5] Nejkovic, V., Petrovic, N., Milosevic, N. Tosic, M., "The SCOR ontologies framework for robotics testbed", 2018 26th Telecommunication Forum (TELFOR), Belgrade, pp. 1-4, 2018. doi: 10.1109/TELFOR.2018.8611841

[6] Petrovic, N., Nejkovic, V., Milosevic, N. Tosic, M., "A semantic framework for design-time RIOT device mission coordination", 2018 26th Telecommunication Forum (TELFOR), Belgrade, pp. 1-4, 2018. doi:10.1109/TELFOR.2018.8611845

[7] Palomeras, N., Ridao, P., Silvestre, C., & El-fakdi, A., "Multiple vehicles mission coordination using Petri nets", 2010 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 3531-3536, 2010.

[8] Ziparo, V. A., Iocchi, L., Lima, P. U., Nardi, D., & Palamara, P. F., "Petri Net Plans. Autonomous Agents and Multi-Agent Systems", 23(3), pp. 344–383., 2010.

[9] Wang, F. Y. Et al, "A Petri-Net Coordination Model for an Intelligent Mobile Robot", *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, vol. 21., no, 4, pp. 777-789., 1991.

[10] Kloetzer, M., Mahulea, C., & Colom, J.-M. , "Petri net approach for deadlock prevention in robot planning", 2013 IEEE 18th Conference on Emerging Technologies & Factory Automation (ETFA), pp. 1-4, 2013

[11] Bettini, L., "Implementing Domain-Specific Languages with Xtext and Xtend", Packt Publishing, 2016.

[12] Kolomvatsos, K., Tsiroukis M. and Hadjiefthymiades, S., "An Experiment Description Language for Supporting Mobile IoT Applications", FIRE Book, European Commission, River Publishers, 2016, pp. 461-486.

[13] Van der Aalst, W. M. P., & ter Hofstede, A. H. M., "Verification Of Workflow Task Structures: A Petri-net-baset Approach", *Information Systems*, 25(1), pp. 43–69., 2000.

[14] Hu, W., Zhu, Y., & Lei, J. (2011). The Detection and Prevention of Deadlock in Petri Nets. *Physics Procedia*, 22, pp. 656–659, 2011.

# PRIMENA INFORMACIONIH TEHNOLOGIJA U ŽELEZNIČKOM SAOBRAĆAJU

## APPLICATION OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN RAILWAY TRAFFIC

Dragica Jovanović<sup>1</sup>, Marko Bursać<sup>1</sup>, Zoran Bundalo<sup>1</sup>, Goran Tričković<sup>1</sup>  
*Visoka železnička škola strukovnih studija<sup>1</sup>*

**Sadržaj** – Moderni železnički saobraćajni sistemi moraju da ispune zahteve u vezi pouzdanosti i raspoloživosti. Takođe, visoki zahtevi za velikom bezbednošću i velikom brzinom železničkih mreža u 21 veku, određuju upotrebu informaciono komunikacionih tehnologija kao jedan od mogućih načina za ostvarenje toga. U ovom radu dat je pregled upotrebe informaciono komunikacionih tehnologija koje se koriste u železničkom saobraćaju.

**Abstract** - Modern rail transport systems must meet the reliability and availability requirements. Also, the high demands for high security and high speed rail networks in the 21st century determine the use of information communication technologies as one of the possible ways to achieve it. This paper presents an overview of the use of information communication technologies used in rail transport.

### 1. INTRODUCTION

Information and communication technology (ICT) has had a central role in railways right from its inception. Since the beginning, telephone and communication lines were carried along railway routes, as communication was crucial in railway operations. Even in modern times, improvement of railway services and operations is difficult without integration of strong IT (Intelligent Transport) systems. Railway systems have improved in various fronts with extensive usage of ICT. Some of the most important advancements are in fields of Security, Operations, Customer Services and access to railway services.

This paper presents an overview of the research of the use of information communication technologies used in railway transport.

### 2. ICT IN RAILWAY TRANSPORT

Accelerated development and extensive applications have led to the development of information technologies aimed at managing traffic and raising the level of security. The use of information systems in traffic systems is particularly relevant when using intelligent transport systems. Intelligent Transport Systems (ITS) is an integrated system that employs a wide range of communication, control, sensor and electronic technologies to help track and manage traffic flows, reduce congestion, provide optimum routes to travelers,

increase system productivity and save lives, time and money [1].

ITS covers and improves almost all aspects of transport engineering. According to [2], ITS is divided into four main branches based on their implementation in various aspects of transport management, ie, Advanced Passenger Information System (ATIS), Advanced Traffic Management System (ATMS), Advanced Public Transport System (APTS) and Emergency Management System (EMS).

The Advanced Passenger Information System (ATIS) employs a wide range of technologies, such as the Internet, telephones, mobile phones, television, radio, etc. to help passengers and drivers make decisions about optimal routes and available travel modes. ATIS provides information for drivers both on the road and before traveling. The availability of information prior to departure increases the driver's self-confidence in the use of highways and allows passengers to choose better transit routes [3].

Singh and Kumar [4] developed an advanced information system for passenger information in Hyderabad, India, in the ArcView GIS environment. The system includes modules with the possibility of GIS for the shortest path, the closest objects and bus lines. Zhang et al. [5] developed and tested a generic multimodal transport network model for ATIS applications in their study.

ATMS is one of the most prominent and most used ITS branches. According to [6] they included the use of artificial intelligence in traffic management and gave multiple architecture for intelligent traffic management systems. Zhang et al. [5] studied the efficiency of the Beijing Intelligent Traffic Management System (ITMS) and showed that ITS improves overall transport efficiency in Beijing.

In the field of APTMS [7]: describes the architecture of a computer system that follows the idea of an intelligent knowledge management system for public transport management. Hatem et al. [8] proposed a system that integrates Radio Frequency Identification (RFID) into the Wireless Sensor Network (VSN) for public transport management. Ganeshkumar and Ramesh [9] designed ERMIS for the city of Madurai, Tamil Nadu.

The most common applications of rail-based information technology are reflected in the development of GSM-R and ETCS applications (figure 1).

The European Commission has defined GSM for Railways (GSM for Railways, GSM-R) as the new digital radio for internal voice and data transmission, as well as the European Train Control System (ETCS) as a new control-command system [10].

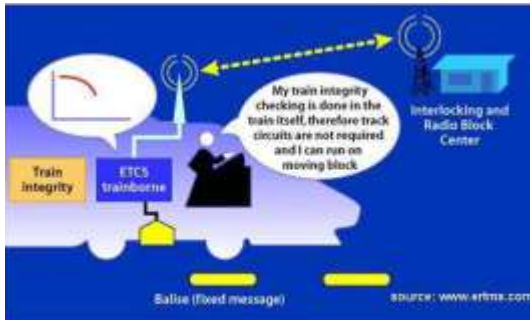


Figure 1. ETCS Level 3 [10]

The combination of ETCS and GSM-R is a new signaling and communication system, called the European Railway Traffic Management System (ERTMS), the ERTMS system includes two main functional aspects:

- command and control of the train to ensure the operation of trains in the network and
- traffic management to optimize the capacity of railways using advanced traffic and infrastructure management.

### 3. DIGITIZATION IN RAILWAY TRANSPORT

In the paper [11], authors define the process of digitization in the area of rail transport. The main technologies and solutions that have been set up in the digitalization process in the rail sector are Internet of Things (IoT), Cloud Computing, Big Data Analytics (BDA) and Automation and Robotics.

A Roadmap for Digital Railways published in March 2016 in collaboration between CER (Community of European Railway), CIT (International Rail Transport Committee), EIM (European Rail Infrastructure Managers) and UIC (International Union of Railways) specifies that the main areas of deployment of digital technologies in rail transport are:

- offering connected railways by providing reliable connectivity for safe, efficient and attractive railways
- enhancing customer experience by offering better and added value for customers
- increasing capacity by enhancing reliability, efficiency and performance of railways
- boosting rail competitiveness by making the most of transport data.

In the paper [12], the influence of mobile communications on the railway business is examined, and it comes to the conclusion that rail transport can be made more competitive in other modes of transport if users are allowed to carry out work tasks in the train, but also to have fun.

#### 3.1. Digital services for passengers

In the last five years, European railways have made most significant improvements in modelling a transparent communication with the passengers, evidenced by [11]:

- more informative and user-friendly websites
- mobile applications offering real-time information about vehicles in motion and allowing for ticket purchase and issue and other functionalities
- onboard infotainment services
- dynamic passenger and timetable information implemented at stations and stops.

A good example of a mobile application whose basic functionality has been enriched by adding station maps, commercial area listings as well as other services is ADIF (Railway Infrastructure Administration) on your mobile launched by the Spanish infrastructure manager.

In Germany, passengers can access the internet at over 135 stations, in DB Lounges and on board ICE trains. The entire ICE fleet of DB Long Distance is equipped with fast, multi-provider WiFi technology. Passengers can use WiFi free of charge in both first-class and second-class coaches. It is also available on all ICE international trains to France, within the Netherlands and to Austria. The free ICE Portal offers an overview of up-to-date information on journey and connecting trains, as well as a wide variety of audiobooks and games, books, films, the news section, daily newspapers, travel & discover, and Kids' World section.

In Russia, since October 2016 business and first class passengers onboard high-speed SAPSAN train service connecting Moscow to Saint Petersburg can access the internet and a portal with films, music, audiobooks and magazines. Additionally, the portal offers information about cultural events in both cities, a virtual tour of the train, a range of online courses and information about railways.

In Turkey, passengers onboard the high-speed Siemens Velaro D trains between Ankara – Konya and Ankara – Istanbul can access an internet, passenger assistance and entertainment services, called AlwaysConnected. In all of the mentioned cases, infotainment services (paid or free) were first offered to passengers in higher classes, followed by economy class.

In the paper [13], a model of the system for purchasing tickets via the Internet was presented. A typical three-layer structure is used in the system: the database layer, the application service layer, the user interface layer.

According to the authors, the efficiency of booking is improved, manual booking errors are reduced, facilitated management of rail passenger transport and customer booking.



Figure 2. Digital services for passengers [11]

According to [14], the railways use the European Reservation System (EPA). By accessing the railways to the EPA reservation system, it is possible to purchase travel documents in Serbia for any international connection in passenger rail transport, as well as passengers from abroad for directions to Serbia. The EPA reservation system allows you to book seats in trains that run on the railways of most of the European railways that have accessed this way of booking.

### 3.2. Mobility As A Service (MAAS)

Each of the new mobility models is connected, meaning that it provides instant access to the internet and ICT systems that offer real-time journey information, to plan onward journey, make reservations and purchase tickets. Such solutions, based on electronic platforms and applications, are called MOBILITY AS A SERVICE (MAAS). It analyses a number of possible journey scenarios, using different modes and means of transport: public and private, it offers booking and ticketing services and it provides for access to locations on route that are important for the traveller, at the same time monitoring the traffic, road works, incidents and accidents on line. This application is available online through mobile devices and it allows for the selection of the mode of transport, also available in real time, following the traveller's preferences, such as: the cost, the time, or carbon footprint left [11].

### 3.3. Digital services for rolling stock predictive maintenance

Siemens has worked on the development of services in predictive maintenance of rolling stock and infrastructure for a number of years. These include [11]:

- remote monitoring of location and condition of all vehicles in real time
- remote diagnostics
- root cause investigations of faults
- automatic data visualization
- algorithms for preventive fault analysis.

IoT can be used in railway traffic and for controlling and managing individual parts of the rail system [15]. The

central part of the system is a configurable control agent, a software module that gets up-to-date information (via GPS, various sensors, etc.) from the objects that it controls and checks for possible violations of security and safety regulations. The system can be useful in a variety of cases: fire breakdown, wheel unrolling, speeding, predicting possible traction, automatically stopping the train when approaching the station, automatic ramp control that regulates traffic at road crossing points with the rail. According to the authors, the presented system gave satisfactory results when testing in Egypt.

Authors in paper are developed an integration platform with big data analytics and technologies [16]. The increase in the number of connected devices affects the growth of the IoT platform. As for other terms related to IoT, there is still no standardization in the IoT platform, nor is its uniquely defined definition [17].

### 3.4. Automation and integration of train control systems

In rail transport, the development of autonomous systems has been spectacular mainly in the area of in public transport services, such as: driverless metro lines, light rail transit (LRT), people movers, and automated guided transit (AGT). In these systems, automation refers to the process by which responsibility for operation management of trains is transferred from the driver to the train control system. Following The International Electrotechnical Commission (IEC) standard 62290-1, there are four Grades of Automation (GoA). The highest, GoA 4 describes a system upgrade in which vehicles are run fully automatically without any operating staff onboard.

In the over 30 years since the launch of the first AUTOMATED METRO LINES, the growth rate for driverless metro has doubled in each decade – an exponential growth that is bound to quadruple in the coming decade. As of the beginning of 2018 there are almost 1,000 km of automated metro in operation, in 62 lines that together serve 41 cities in 19 countries. Current forecasts, based on projects approved for implementation, indicate that by 2025 there will be over 2,300 km of fully automated metro lines in operation.

The authors [18] give an overview of the use of the GPS system based on GPS positioning and sensor systems in order to increase safety at the crossing points.

India has developed an anti collision device called Raksha Kavachml under the technology partnership between Konkan Railway Corporation and Kernex Microsystems (India) Limited, in order to provide safety at level crossing gate at minimal cost.

A radio based level crossing control system [19] for the trains at medium routes (at a speed of 160km/hr approximately). The train computed the position for transmitting the signal to protect the level crossing. A rail-road collision avoidance system [20] and method that utilized impulse radio technology to effectively warn a person when there is a locomotive in their vicinity. A

signalling system for a rail road locomotive [21], allowing it to signal for crossings to activate signal light, bells etc. These devices are capable of performing certain internal checks such as low battery, burn out bulb. A warning system [22] for protecting pedestrian and motorist from approaching train. It includes vehicle detector system for decisive stucked vehicle in any area. It also comprises important information, a display unit for warning messages. It is a more reliable system as compared to earlier approaches.

#### 4. CONCLUSION

The application of information communication technologies enables advancement in the field of transport and mobility security, increasing productivity in the area of rail transport. The application of intelligent traffic systems based on information communication technologies enables greater safety, more efficient and more reliable traffic conduction.

These systems include a wide range of wireless and wired communications based on information and electronic technology. Intelligent railway systems include a variety of technologies such as: informatics, telecommunications, e-commerce, etc. Based on the above, we conclude that the application of ICT contributes to: 1) Increasing the efficiency of rail services, 2) Railway management, 3) Monitoring of traffic control including traffic circulation and traffic regulation, 4) Real time scheduling controls, 5) Reducing costs in rail transport, 6) Increasing traffic flow, 7) Safety systems, 8) Reducing the negative effects of driving schedule, 9) Track maintenance.

The main advantage of using intelligent control systems is the ability to coordinate the actions of all participants in the transport rail system and realize multicriterial decision-making in the management, diagnostics and scheduling of electrified transport. Intelligent devices are controllers that have the interface to work in global networks as well as wireless networks, and are programmed to use artificial intelligence techniques. Intelligent devices have the ability to collaborate with each other and coordinate their work to make better decisions.

#### REFERENCES

- [1] Dragica Jovanović, Marko Bursać, Zoran Bundalo, "Pregled korišćenja inteligentnih železničkih sistema," in YU info, Kopaonik, 2018.
- [2] Bhupendra Singh, Ankit Gupta, "Recent trends in intelligent transportation systems: a review," *Journal of Transport Literature*, vol. 9, no. 2, pp. 30-34, 2018.
- [3] Campbell, J. L., Carney, C., & Kantowitz, B. H., *Human Factors Design Guidelines for Advanced Traveler Information Systems (ATIS) and Commercial Vehicle Operation*, FHWARD-FHWARD, 2003.
- [4] Singh, V. & Kumar, P., "Web-Based Advanced Traveler Information System for Developing Countries," *Journal of Transportation Engineering*, vol. 9, no. 136, pp. 836-845, 2011.
- [5] Zhang, J., Liaoa, F., Arentzea, T., & Timmermans H., "A Multimodal Transport Network Model for Advanced Traveler Information Systems," *Procedia Computer Science*, pp. 912-919, 2011.
- [6] Hernandez, J.Z., Ossowski, S., & Garcya-Serrano A., "Multiagent Architectures for Intelligent Traffic Management Systems," *Transportation Research Part C*, pp. 473-506, 2002.
- [7] Molina, M., "An Intelligent Assistant for Public Transport Transport Management," *International Conference on Intelligent Computing*, vol. II, pp. 199-208, 2005.
- [8] Hatem, B. A., & Habib, H., "Bus Management System Using RFID In WSN," in *European and Mediterranean Conference on Information Systems (EMCIS)*, Abu Dhabi, 2009.
- [9] Ganeshkumar, B., & Ramesh, D., "Emergency Response Management and Information System (ERMIS) – A GIS Based Software to Resolve the Emergency Recovery Challenges," *Journal of Geomatics and Geosciences*, vol. 1, no. 1, pp. 1-13, 2012.
- [10] ERTMS White Paper, *European Railway Traffic Management System, GSM-R Core Marketing*, 2005.
- [11] Jana Pieriegud, *Digital transformation of railways*, Warsaw: Siemens, 2018.
- [12] P. Vuletić, i Ž. Bojović, "Inteligentni uređaji i mobilne komunikacije u poslovanju železnice," in *XLII Simpozijum o operacionim istraživanjima*, 2015.
- [13] Wang Zongjiang, "Railway Online Booking System Design and Implementation," *Physics Procedia*, vol. 33, pp. 1217-1223, 2012.
- [14] Zoran Pavlović, Aleksandra Vukmirović, Nebojša Drašković, "Uticaj naprednih internet tehnologija u e-poslovanju na zaposlene u železničkom saobraćaju," in *FBIM Transactions*, Belgrade, 2018.
- [15] O. Oransa, and M. Abdel-Azim, "Railway as a Thing New Railway Control System in Egypt Using IoT," in *Science and Information Conference*, London, 2015.
- [16] Snežana Mladenović, Ana Uzelac, Slađana Janković, Slavko Vesković, "IoT u železničkom saobraćaju – realnost i izazovi," in *XXXIV Simpozijum o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju - PosTel 2016*, Beograd, 2016.
- [17] Vivek Singhal, S.S. Jain, Manoranjan Parida, Shalini Kushwaha, Kanika Malik, "ICT Enabled Railway Level Crossing Prevention Techniques," 2017.
- [18] A.Thums, G.Schellhorn, W.Reif, "Safety Analysis of A Radio Based Crossing Control System Using Formal Methods," in *Transportations Systems*, 2000.
- [19] W.T Grisham, M. D. Roberts, "Railroad Collision Avoidance System and Method for Preventing Train Accidents," in *United States Patent*, 2001.
- [20] K. Michalek, "Railway Train Signalling System for Remotely Operating Warning Devices at Crossings and For Receiving Warning Device Operational," 1997.
- [21] Gerszberg ,T. Shen, "Wireless Railroad Grade Crossing Warning System," in *United States Patent*, 1999.

# RAZVOJ I ODRŽAVANJE SISTEMA DALJINSKOG UPRAVLJANJA VODOSNABDEVANJA PETROVCA NA MLAVI

Milan Životić<sup>1</sup>, Vlade Urošević<sup>2</sup>, Olga Ristić<sup>2</sup>

*Visoka škola tehničkih strukovnih studija Čačak<sup>1</sup>  
Fakultet Tehničkih Nauka u Čačku, Univerzitet u Kragujevcu<sup>2</sup>*

**Apstrakt** U ovom radu je prikazan savremeni sistem automatskog upravljanja, praćenja i nadzora vodosnabdevanja naselja Malo Laole i grada Petrovca na Mlavi. Sistem se sastoji od 3 PLC-a tajlandske marke „FATEK“, kontrolnog računara na kome je prikazan SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) sistem sa svim potrebnim podacima i mogućnošću menjanja, zadavanja nivoa, vrednosti, kao i sve pogodnosti primene savremenih tehnologija u sistemima za pripremu pitke vode.

**Abstract** This paper presents the modern system of automatic control, monitoring and control of the water supply of the settlement of Malo Laole and the city Petrovac na Mlavi. Roughly speaking, the system consists of 3 PLCs of the Thai brand "FATEK", a control computer displaying SCADA (System Monitoring and Data Acquisition) system with all the necessary data and the possibility of changing, setting the level, values, and all the benefits application of modern technologies in drinking water systems.

**Keywords** – PLC, SCADA, WinProLadder

## 1. Uvod

U savremenim postrojenjima vodosnabdevanja, radi postizanja željenog nivoa kvaliteta vode za piće, veoma je važno rešiti problem prenosa i razmene materijala, energije i informacija. Konstantan napredak savremenih računarskih sistema i stalan tehnološki razvoj, doprineli su razvoju sistema i uređaja kojim se izloženi zadaci relativno jednostavno ostvaruju.

U ovom radu je prikazan savremen sistem automatskog upravljanja, praćenja i nadzora vodosnabdevanja u naselju Malo Laole i grada Petrovca na Mlavi. Sistem je razvijen uz pomoć (SCADA) sistema za akviziciju, upravljanje i nadzor, sa više PLC-a. Program koji je korišćen je za programiranje i proveru rada PLC kontrolera je **WinProLadder**.

**SCADA** (Supervisory Control and data Acquisition) sistemi predstavljaju osnovu savremenih nadzorno-upravljačkih sistema koji se koriste u procesnoj industriji, telekomunikacijama, sistemima za proizvodnju i distribuciju električne energije, vode, gasa itd. U arhitekturi SCADA sistema nalazi se više računarskih mreža za povezivanje industrijskih računara i ulazno-izlaznih signala [1]. SCADA vrednosti dobija iz pogona, i to preko programabilnih logičkih kontrolera - PLC (eng. Programmable Logic Controller) koji su povezani sa sensorima i izvršnim organima. Uobičajeni analogni signali koje SCADA sistem nadzire (ili upravlja) su nivoi, temperature, pritisci, brzine protoka i brzine motora. Tipični digitalni signali za nadzor (upravljanje) su prekidači nivoa, prekidači pritiska, status generatora, releji i motori.

**PLC** - Prema standardima udruženja proizvođača električne opreme (*The National Electrical Association – NEMA*) **programabilni logički kontroler** (u daljem tekstu PLC) definisan je kao: "Digitalni elektronski uređaj koji koristi programabilnu memoriju za pamćenje naredbi kojima se zahteva izvođenje specifičnih funkcija, kao što su logičke funkcije, sekvenciranje, prebrojavanje, merenje vremena, izračunavanje, u cilju upravljanja različitim mašinama i procesima". Prvobitno PLC je zamišljen kao specijalizovani računarski uređaj koji se može programirati tako da obavi istu funkciju kao i niz logičkih ili sekvencijalnih elemenata koji se nalaze u nekom relejnom uređaju ili automatu. Postepeno, obim i vrsta operacija koju može da obavi PLC proširena je uključivanjem složenijih funkcija potrebnih za direktno digitalno upravljanje nekim sistemom. Međutim, nezavisno od repertoara funkcija, od samog početka projektovanja PLC-a, vodilo se računa o tome da on treba da radi u krajnje nepovoljnim klimo-tehničkim uslovima koji vladaju u industrijskom okruženju i da treba da bude dovoljno fleksibilan u smislu prilagođavanja različitim izmenama na procesu. Otuda je PLC projektovan kao izuzetno pouzdan modularan uređaj koji se veoma lako održava i programira. Pored toga, najveći broj metoda za programiranje PLC-a zasniva se na grafičkom metodi -lestvičasti logički dijagram (ladder programiranje) – koji je već dugi niz godina

u upotrebi u industriji pri projektovanju logičkih i sekvencijalnih relejnih uređaja.

**WinProLadder** je program za programiranje i proveru rada PLC kontrolera firme Fatek. WinProLadder je softverski paket zasnovan na Windows platformi koji prati standardne konvencije Windows okruženja, što ga korisniku čini lakšim za učenje i korišćenje, bez obzira da li je korisnik početnik ili iskusniji korisnik. Programsko okruženje za razvoj projekta je ostvareno preko hijerarhijskog stabla. Svi elementi u projektu mogu biti aktivirani direktno klikom miša na objekat stabla obezbeđujući brz pristup i opsežan pregled projekta u izradi. Omogućen je lak način unosa podataka koji objedinjuje i tastaturu i miša kao ulazne uređaje, tako da bez obzira da li se radi na terenu ili u kancelariji, softverom se upravlja lako i efikasno. Višestruki prozori u programu mogu da prikažu različite podgrupe programa u isto vreme. Moguće je obaviti kopiranje, isecanje, nalepljivanje, brisanje i poređenje među prozorima. WinProLadder pruža mogućnost izmene fleksibilne mreže Leder programa. Uz pomoć operacija kopiranja i brisanja, mogu se završiti složeni programi uz nekoliko pritiska tastera na tastaturi. Postoji i opcija za pretragu, kojom korisnik može potražiti željeni kontakt, registar ili funkciju. Takođe, postoji još puno opcija, a sve u cilju bržeg i jednostavnijeg korišćenja.

## 2.Struktura sistema

Sistem vodosnabdevanja se sastoji od izvorišta, tj. postrojenja za prečišćavanje pijaće vode u naselju Malo Lole, opština Petrovac na Mlavi, kao i dva sabirna rezervoara u Petrovcu na Mlavi. Izvorište u Malom Laolu snabdeva vodom Petrovac na Mlavi, kao i naselja Malo Laole i Veliko Laole. Iz izvorišta se pumpama (3 pumpe) voda šalje u rezervoare u Petrovac na Mlavi, koji se nalaze na visini od 56m u odnosu na najnižu tačku u gradu. Rezervoari su kapaciteta 1500 m<sup>3</sup>, u kojima se nalaze dve hidrostatičke sonde (pomoću kojih dobijamo nivo vode u rezervoaru) kao i ultrazvučni merač protoka sa analognim izlazom 4-20 mA. Takođe je veoma bitno da PLC koji se nalazi na lokaciji u Petrovcu bude u stalnoj konekciji sa PLC-om na lokaciji Malo Laole – izvorište, da bi se proces uspešno odvijao. Da bi se ovo postiglo, PLC iz Petrovca svakih 30 sekundi šalje impuls PLC-u na izvorištu. Ukoliko nema impulsa 30 sekundi, PLC na izvorištu čeka dodatnih 30 sekundi. Ukoliko ni nakon 60 sekundi nema impulsa, onda pumpe ne mogu biti uključene automatski, da ne bi doslo do preliivanja u rezervoaru.

### 2.1 SCADA sistem vodosnabdevanja

Sistemi za akviziciju, upravljanje i nadzor (SCADA) vodosnabdevanja obezbeđuju nadzor i upravljanje procesom prečišćavanja i transporta vode za piće u dva sabirna rezervoara sa jednog centralno lociranog mesta [2]. Podaci koji se prikupljaju preko SCADA sistema moraju se promeniti u signale, nakon čega se čitaju podaci koji zahtevaju Human Machine Interface (HMI).

**LOOKOUT** je čovek - mašina interfejs (HMI) softverski paket koji služi za automatizaciju u industriji. LOOKOUT funkcioniše pod Windows okruženjem i komunicira sa spoljnim ulazno-izlaznim uređajima putem hardverske kontrole. Tipična LOOKOUT aplikacija podrazumeva kontinualni proces monitoringa, nadzora i kontrole, odvojenost procesa, grupu aplikacija, RTU (daljinski telemetrijski sistem). Neke od bitnijih karakteristika su izdvojene:

**Hardware Connectivity-** LOOKOUT pruža prilagođene drajvere koji su potrebni za kontrolu PLC-a i RTU-a bez obzira na razlike koje postoje između proizvođača. LOOKOUT je puno-kompatibilan OPC server, koji dozvoljava punu konekciju putem industrijskih standarda.

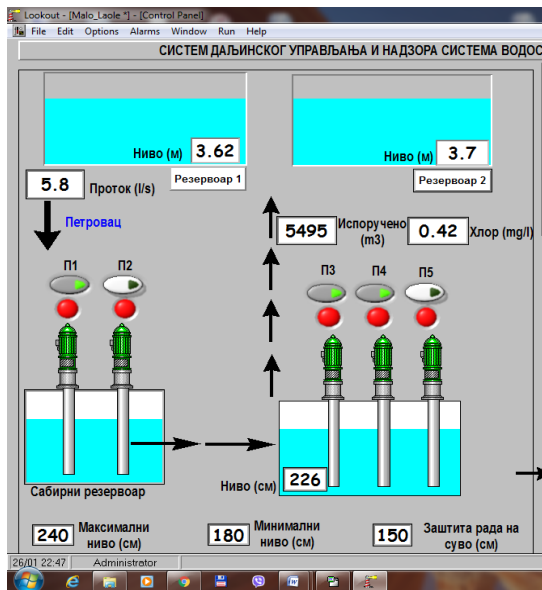
**Serijska komunikacija** - Omogućava određenu serijsku komunikaciju sa hardverom putem serijskih portova na kompjuteru. LOOKOUT nadgleda upotrebu serijskih portova.

**Grafici** - LOOKOUT poseduje opsežnu biblioteku standardnih grafika, a takođe i Image navigator (navigator slika) sa sopstvenom bibliotekom grafika, pomoću kojih je moguće napraviti sopstveni korisnički interfejs.

**Alarmi** - u LOOKOUT-u je moguće generisati, prikazati, logovati, filtrirati, grupisati, i štampati alarme.

**Multimedija** - LOOKOUT omogućava preslušavanje zvučnih zapisa. Takođe je moguće stvoriti animacije u boji na LOOKOUT panelu koristeći animator, Multistate i cevne objekte.

**Bezbednost** - LOOKOUT pruža bezbednosni sistem koji omogućava lokalnu i internet sigurnost. Moguće je konfigurisati mrežnu sigurnost, kontrolisati je i nadgledati. Moguće je odrediti nivo pristupa i kontrole svakom od operatera na mašini koja je umrežena.



Slika 1. LOOKOUT SCADA sistem

Na slici 1. je prikazan izgled ostvarenog rešenja za daljinski nadzor i upravljanje sistema vodosnabdevanja.

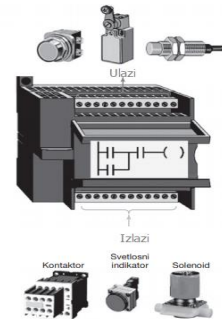
U okviru nadzora, na ovom ekranu operater dobija sve bitne informacije koje utiču na uspešan rad sistema, prikazuju se nivoi u rezervoarima, da li su i koje pumpe uključene, protok koji se ostvaruje prema gradu, količina vode koje je poslata sa izvorišta u rezervoare, koliko je voda hlorisana i slično.

U okviru upravljačkog dela, operater ima mogućnost paljenja i gašenja pumpi pomoću П прекидача, задavanja maksimalnog i minimalnog nivoa u izabranim rezervoarima i podešavanje pritiska u vodovodu.

## 2.2 FATEK PLC 32FB-s

Programabilni logički kontroler upravlja radom celokupnog sistema. Da bi se izvršila automatizacija nekog procesa potrebno je prikupiti podatke sa procesa i na osnovu njih definisati upravljačke akcije. Za prikupljanje ovih podataka, odnosno za povezivanje PLC-a sa ulaznim uređajima koristi se ulazni interfejs, dok se za povezivanje sa izlaznim uređajima koristi izlazni interfejs. Ulazni modul konvertuje logičke nivoe napona iz spoljnog sveta u logičke nivoe koje zahteva logička jedinica. Namena analognih izlaznih modula je konverzija digitalne izlazne informacije koju generiše PLC kontroler u analogni napon ili struju koja se koristi za upravljanje nekog specifičnog izlaznog uređaja. Digitalni (ili diskretni) izlazni modul obezbeđuje spregu PLC kontrolera i izlaznih uređaja koji zahtevaju on/off upravljanje. Digitalni izlazni moduli funkcionišu kao prekidači.

Na osnovu vrednosti naponskog signala koje dobija sa plovka koji se nalazi u rezervoaru, koji se dovodi na njegov analogni ulaz, aktivira se odgovarajući digitalni izlaz koji uključuje/isključuje pumpu.

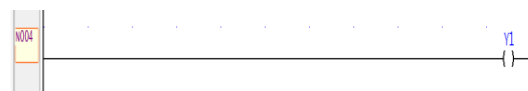


Slika 2. Tipični ulazno – izlazni uređaji

Na slici 2. Prikazali smo neke od tipičnih ulazno-izlaznih uređaja. Tu spadaju tasteri, prekidači, krajnji prekidači, fotočelije, presostati, termostati koji predstavljaju digitalne ulaze. Karakteristični analogni ulazni uređaji su termoelementi, otpornički termometri i drugi pretvarači električnih i neelektričnih veličina u standardne strujne i naponske signale. Izlazni uređaji kojima upravlja PLC na osnovu programa i stanja na ulazima mogu biti releji, kontaktori, elektromagnetni ventili, elektromotori, step motori, pneumatski cilindri i drugi slični uređaji.


## 2.3 WinProLadder programiranje PLC-a


Kod modularnih PLC-ova kakav je 32FB-s koji se koristi u ovom projektu potrebno je definisati I/O tabelu odnosno tabelu ulaznih i izlaznih signala. Na ovom PLC-u postoji jedan 16-bitni ulazni modul i jedan 8-bitni izlazni modul koji moraju biti adresirani da bi PLC mogao da koristi njihove ulaze i izlaze. Kreiranjem I/O tabele svaki modul dobija svoj broj (ukoliko se radi o specijalnom modulu kao što su na primer analogni moduli) i dodeljuje mu se deo ulazno-izlazne memorijske zone čime svaki ulaz ili izlaz dobija svoju adresu kojoj je moguće pristupati iz programa [3].




Slika 3. Normalno otvoren izlaz PLC-a

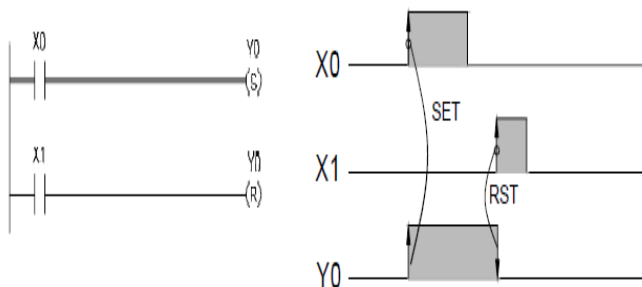
Ako posmatramo izlaze PLC-a, normalno otvoren izlaz kao što je prikazano na Slici 3. bi predstavljao kontakte releja koji će po dovođenju signala izvršiti spoj (provode struju). Kod normalno zatvorenog

izlaza  imaćemo obrnutu situaciju: po dovođenju signala kontakti releja će prekinuti spoj.

Isto tako pojmovi normalno otvoren  i

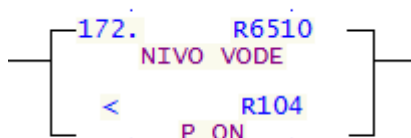


normalno zatvoren  odnose se i na ulaze PLC-a: normalno otvoren ulaz provodi signal samo kada je kontakt aktiviran a normalno zatvoren provodi signal samo kada nije aktiviran *Slika 4.*



*Slika 4. SET i RESET funkcije*

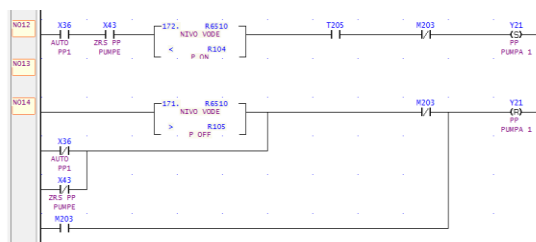
Princip rada ove funkcije je da sve dok ulaz X0 šalje potreban signal, tj nalazi se u nekom odgovarajućem stanju, izlaz Y0 će vršiti neku zadatu radnju. U trenutku kada se aktivira neki signal na ulazu X1, izlaz Y0 će prestati sa izvršavanjem naredbe.



*Slika 5. Funkcija komparacije*

Funkcija komparacije nam služi za upoređivanje dva broja, što će u našem sistemu vršiti poređenje zadatog nivoa vode sa trenutnim nivoom vode *Slika 5.*

**Primena** kontakta i funkcija koji se koriste u sistemu vodosnabdevanja prikazana je na *slici 6.*



*Slika6. Deo lestivičarskog dijagrama u WinProLadder-u*

Voda se iz sabirnog rezervoara šalje u rezervoar u kome se nalaze 3 pumpe ( P3, P4 i P5) koje vodu šalju dalje u rezervoare u Petrovac. Maksimalni nivo rezervoara je 240 cm i pumpe sabirnog rezervoara će se na tom nivou ugastiti. Minimalni nivo je zadat na 180 cm, i pumpe sabirnog rezervoara će se ponovo aktivirati kada nivo vode padne ispod 180 cm. Ovi nivou se lako mogu zameniti jednostavnim klikom na polje u kome je označen broj koji

predstavlja zadatu visinu nivoa u rezervoaru. Da bi ovo moglo ovako da funkcioniše, moraju se ispuniti neki uslovi. Uslovi koji moraju da se ispune prikazani su na *slici 6.*

Prvi uslov, u **NO12** liniji je da je pumpa uključena na automatski režim rada - X36, zaštita rada na suvom - X43(da nivo vode u sabirnom rezervoaru nije niži od 150cm), nakon toga se vrši komparacija nivoa vode sa minimalnim zadatim nivoom vode, ukoliko je nivo manji od zadatog od 180cm uslov je ispunjen, T205 koja predstavlja tajmer (odloženo paljenje da bi se nivo prebacio) i M204 virtuelni prekidač (prekidač P11 u SCADI) i pumpa P11 će se aktivirati. Bitno je napomenuti da svi uslovi moraju biti ispunjeni da bi doslo do izvršenja programa. U sledećoj liniji, **NO13**, pumpa će prestati sa radom ako se ispuni neki od sledećih uslova: da je nivo vode veći od zadatog nivoa od 240cm, da pumpa nije uključena na automatski režim(X36), da je nivo niži od nivoa zaštite rada na suvom (X43) i M204 (prekidač u SCADI nije uključen). Za razliku od uslova prilikom paljenja pumpe, kod gašenja je dovoljan samo jedan od ovih uslova da se ispuni, i aktiviraće se RESET funkcija. Može se desiti da dodje do ispunjenja uslova u SET funkciji kao i do ispunjenja jednog od uslova u RESET funkciji, u tom slučaju RESET ima prioritet u odnosu na SET i pumpe će se ugastiti.

### 3. Zaključak

Prikazani sistem za automatsko upravljanje, praćenje i nadzor vodosnabdevanja ima za cilj pouzdanost i kvalitet rada, da se omogući visok stepen automatizacije, operateru koji prati sistem je vizuelno predstavljen rad pojedinačnih delova sistema, prikaz podataka bitnih za upravljanje ovakvim postrojenjem, dok pojava alarma omogućuje bržu intervenciju i uklanjanje nastalih problema, što sveobuhvatno dovodi do veoma efikasnog rada.

### Literatura

- [1] G. Clarke, D. Reynders, Practical Modern SCADA Protocols, Elsevier, 2004
- [2] D. Enrenreich, Funkcionisanje i uštede postignute sa scada sistemskim rešenjima za vodovodne sisteme, Voda i sanitarna tehnika, 32(6) (2002) 15-19.
- [3] Vera V. Petrović, Upravljanje u realnom vremenu, Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Beograd 2013

# PROGRESSIVE WEB APPLICATIONS AND MAGENTO

## PROGRESIVNE WEB APLIKACIJE I MAGENTO

Dejan Beljić  
Ecommistry ltd

**Sadržaj** – U ovom radu, autor najpre razmatra najčešće probleme platformi E-Trgovine, sa fokusom na jednoj od najpopularnijih platformi, Magento-u. Zatim opisuje Progresivne Web Aplikacije (PWA) i njihovu integraciju sa Magentom kao i prednosti u odnosu na tradicionalne Web i mobilne aplikacije. Na kraju, dat je pregled tri PWA okvira koja su već spremna za integraciju sa Magentom.

**Abstract** - In this paper, author scrutinizes the most common problems in E-commerce platforms, with the focus on the one of the most popular E-commerce platforms – Magento. After that, he describes Progressive Web Applications (PWA) and their integration with Magento, as well as benefits of that integration in regard to traditional Web and native mobile applications. Finally, an overview of three the most popular PWA E-commerce ready platforms is given.

### 1. INTRODUCTION

Magento is an open-source E-commerce platform written in PHP. With more than 160.000 installations across the Internet, Magento is the second most popular E-commerce platform [1]. It has two versions – M1 released in 2008 and new, modern version M2, released in 2015. Traditional Magento E-commerce Web application, wherever is M1 or M2 version, has many problems common to almost all Web E-commerce platform.

First problem is in architecture since all Magento components are loose coupled. High level architecture of typical Magento Web application looks like this:

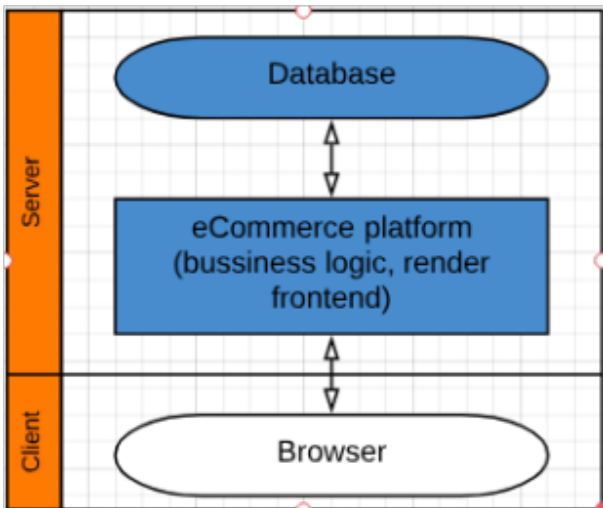


Figure 1. Typical E-commerce Web application high level architecture

Database layer is MySQL database. Magento communicate with database through persistence layer build on active record pattern as a strategy for persistence. In this strategy, the model object contains a resource model that maps an object to one or more database rows. The model objects, together with the business logic, forms domain layer. All requests to domain layer must go through service layer including requests from presentation layer [2]. Client, the browser, gets generated HTML, JS and CSS from Magento presentation layer.

More detailed Magento architecture looks like this:

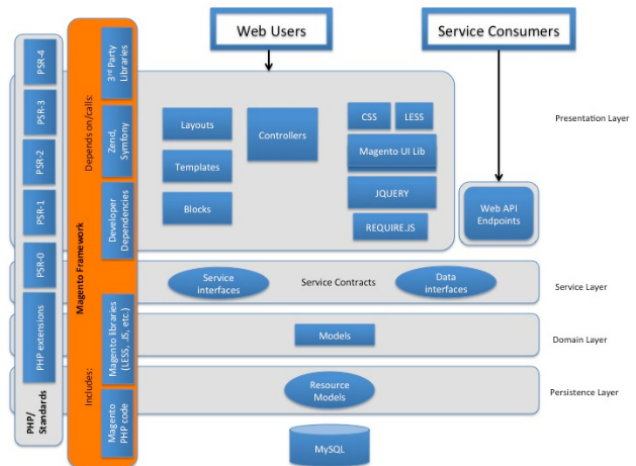


Figure 2. Magento 2 detailed architecture [2]

All four Magento layers, persistence, domain, service layer and presentation layers are using the same server resources. This lead to performance and scaling problem. For example, improving the capacity or performance of one layer, affects other layers too.

Coupled architecture indirectly lead to **responsive experiences** problem. Presentation layer is responsible for generation of code for all available devices – primary for desktop, than for mobiles and tablets which means that most of the current Magento Web applications are not really suited for mobile device. Low conversation rates and total revenue are direct consequences of responsive design. For example, 51% of US smartphone users cite they don't make purchases using their phone because they find it easier to buy on their desktop computer [3].

According to the [3], 46% of all E-commerce websites traffic is on desktop devices with conversation rate of 3.5% and online sales revenue of 64%. 49% of traffic is on mobile devices, with conversation rate of 1.7% and online revenue of 32%. The rest of 5% traffic is made by

mobile applications with conversion rate of 2.8% and 4% of online sales revenue.

The next big Magento problem, related to responsive experience is **mobile performance**. Responsive Web applications requires browser to download the same code to display a site on mobile as it would via desktop. This code weight increases mobile load times and can quickly drain data if a dedicated Internet connection isn't available.

[4], based on Google research report [5], shows that that average time it takes to fully load a mobile landing page is enormous 22 seconds and that 53% of visits are abandoned if a mobile site takes longer than 3 seconds to load.

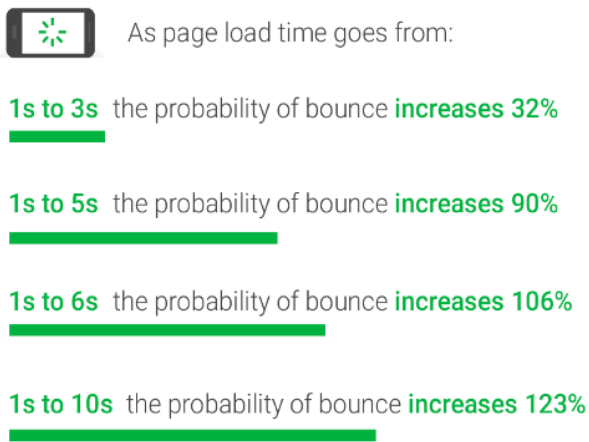


Figure 3. Mobile performance related to abandoned visits [4]

All this statistics applies to Magento Web applications too, especially during peaks when Magento requires additional resources – in this situation, mobile performances are even worse. In addition, Magento, as well as any other Web application, don't work well with poor Internet connection and in offline mode it doesn't work at all.

## 2. PROGRESSIVE WEB APPLICATIONS

Progressive web applications (PWAs) are web applications that load like regular web pages or websites but can offer the user functionality such as working offline, push notifications, and device hardware (camera, microphone, and GPS) access, traditionally available only to native mobile applications (purpose-built smartphone applications installed on a user's device through an application store such as Google Play). PWAs combine the flexibility of the web with the experience of a native mobile application [6]. The flexibility is achieved without a (profound) performance penalty but with a dramatic decrease in application size and significant increase in speed. PWAs are built on a JavaScript framework like React, Vue.js or AngularJS.

PWAs are defined by a set of concepts and keywords including progressive, responsive, connectivity

independent, app-like, fresh, safe, discoverable, engageable, installable, and linkable. [7]. PWA are poised to become the future of web applications [8].

Advantages of PWA applications compared with traditional, responsive Web applications and native mobile applications are:

	PWA	Native App	RWD
Works Offline	Yes	Yes	No
Push Notifications	Yes	Yes	No
Home Screen Icon	Yes	Yes	No
Branded Interface	Yes	Yes	No
Indexable	Yes	No	Yes
One place to enter content	Yes	No	Yes
Works across all devices	Yes	No	Yes
No download required	Yes	No	Yes

Table 1. PWA, native mobile and RWD application characteristics

Key benefits of PWA application over traditional Web application or native mobile app are:

- **Adaptable** to all kinds of devices: mobile, desktop, tablet and provides intuitive, responsive experiences to users.
- **Improved performance and functionality** – PWAs combine functionalities of both Web and native mobile applications, without losing performance but with a dramatic decrease in application size [9].
- Unlike Web applications, PWAs are **Re-engageable** – they have ability to monitor the operating system of a device and send push notifications allowing to consistently engage E-commerce customers.
- **Linkability** – just like any other Web application, PWAs has URL which can be shared.
- **Efficiency** – Unlike native apps, PWAs work on demand so don't unnecessary use devices resources when they are nor working.
- PWA supports the idea of **cross-platform development** – This means that there is a **single code base** which can be used in multiple devices. This decrease development costs, no need for specialized developers for each targeted platform,. It typically not only reduces the development effort but also enables a quicker time-to-market [10].
- **Works Offline** - PWAs can be loaded instantly and reliably, regardless of Internet connectivity.

### 3. PWA AND MAGENTO

The first and the most important requirement for Magento – PWA integration is so called headless Magento architecture. This architecture describes an E-commerce Web application, based on the Magento platform, which uses a different technology stack for the frontend.

Headless Magento architecture with comparison to coupled architecture looks like this:

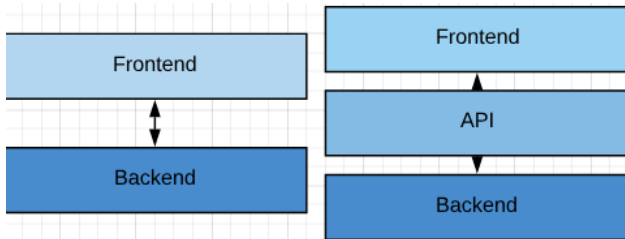


Figure 4. Coupled vs headless architecture

This architecture helps to reduce server load, as less processing is required on server side to render the frontend. A PWA runs on the user's browser requesting content as it is needed, while caching the responses in the user's browser and providing a lightning fast engaging user interface [11].

Until version 2.3, Magento didn't natively support headless architecture so using PWA required additional Magento extension which implemented API layer (see Figure 4). From version 2.3, Magento support headless architecture out of the box and allows PWA integration through GraphQL. GraphQL is an open-source data query and manipulation language for APIs, and a runtime for fulfilling queries with existing data [12].

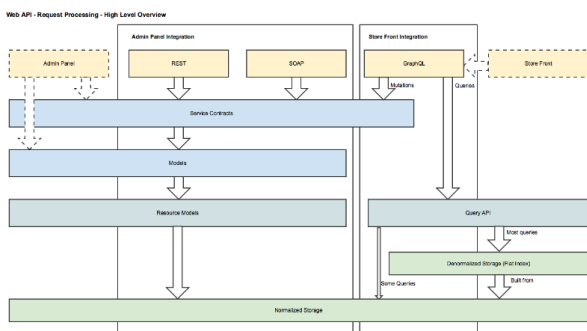


Figure 5. Magento architecture/GraphQL

Magento Service layer, using Service contracts expose REST, SOAP and GraphQL endpoints. REST and SOAP are still part of coupled architecture in order to support admin backend and backend integrations. Also Service contracts communicate with GraphQL and together they are building headless architecture which is used by PWA.

GraphQL can provide the highest value to storefront integrations - it can perform multiple requests to fetch all data required on the page. When requesting data, only required field can be specified without receiving all of

them. GraphQL has excellent introspection and auto-completion capabilities for an improved developer experience [2].

All together, PWA as storefront on the top of the headless architecture and Magento 2.3 as a API and backend look like this:

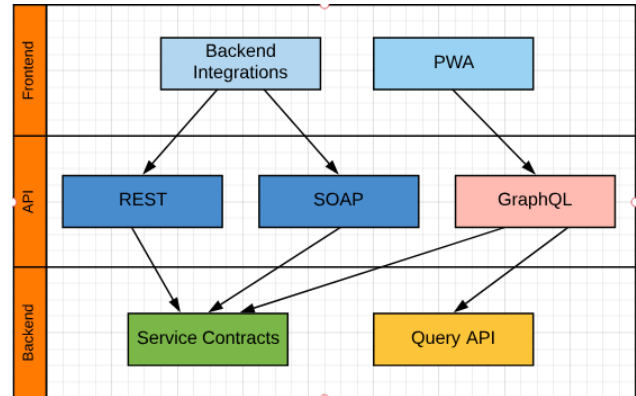


Figure 6. PWA-Magento architecture

### 4. MAGENTO PWA FRAMEWORKS

Although any PWA can be used with Magento, there are few PWA frameworks which have Magento ready components and sample applications.

The **Magento PWA Studio** project is a set of developer tools that allow for the development, deployment, and maintenance of a PWA storefront on top of Magento 2. It uses modern tools and libraries to create a build system and framework that adheres to the Magento principle of extensibility [13].

The Magento PWA Studio project is based on React, Redux, GraphQL and provides the following tools: pwa-buildpack - Contains the main build and development tools for a Magento PWA; peregrine - Contains a collection of UI components for a Magento PWA; Venia storefront - A proof of concept Magento 2 storefront built using the PWA Studio tools.

**Deity Falcon** is an open source, platform agnostic, PWA front-end library for building not only E-commerce applications on the top of the Magento but any type of website. It is based on React, GraphQL, node.js, Apollo server and client, etc.

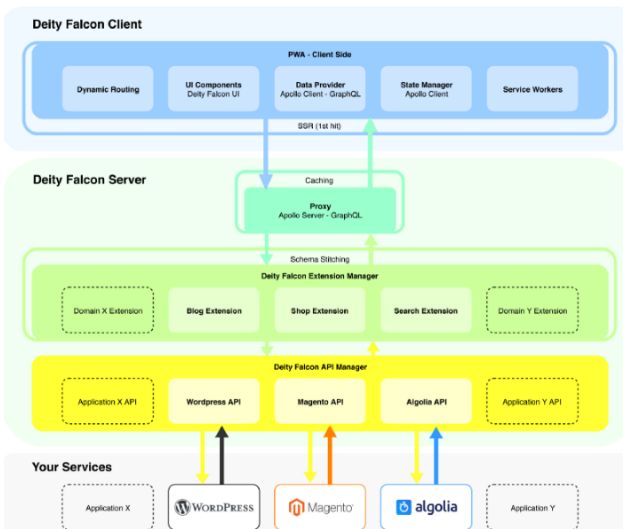


Figure 7. Deity Falcon architecture

Falcon Server acts as the API server which glues the whole platform together. It acts as the middleware layer between the front-end (browser) and the back-end services providing data like Magento, Wordpress, Algolia, Elastic Search etc.

The Deity Falcon Client is the front-end service responsible for handling front-end related tasks such as connecting with back-end, HTML rendering etc.

**Vue Storefront** is a full open source project, build on Vue.js framework. Vue Storefront is a PWA platform primary focused on integration with E-commerce opensource applications such as Magento, Prestashop or Shopware through the API.

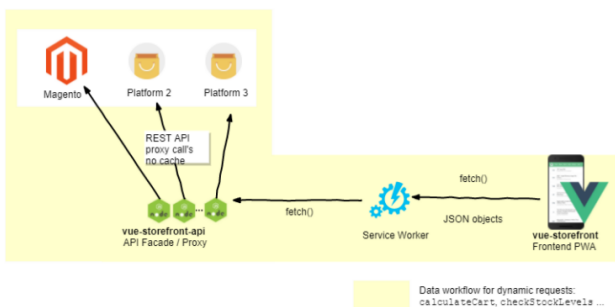


Figure 8. Vue Storefront architecture [10]

Google Lighthouse tool is used to compare operational software characteristics of traditional Magento Web application (Figure 9) and PWAs (Figures 10-12). Lighthouse is an open-source, automated tool which audits performance, accessibility, PWA, etc [15]. PWA Studio local instance is audited but Vue Storefront and Deity Falcon representative production instances are audited.

All three PWAs got better results:

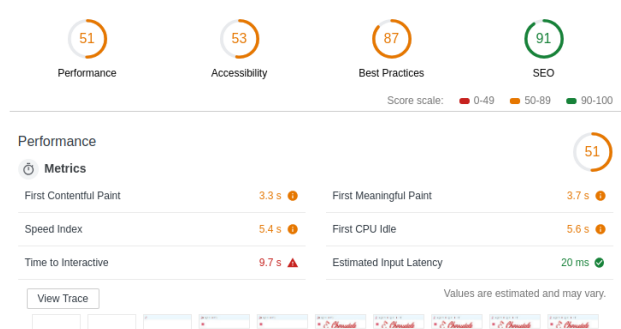


Figure 9. Traditional Magento Web application Lighthouse audit

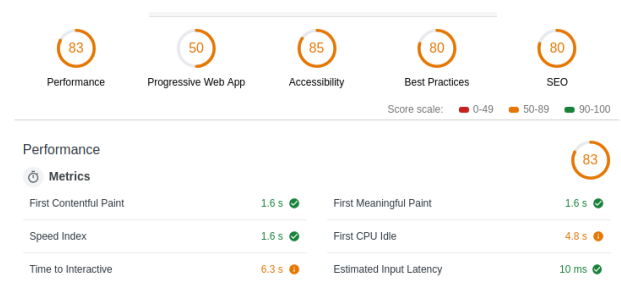


Figure 10. PWA Studio audit

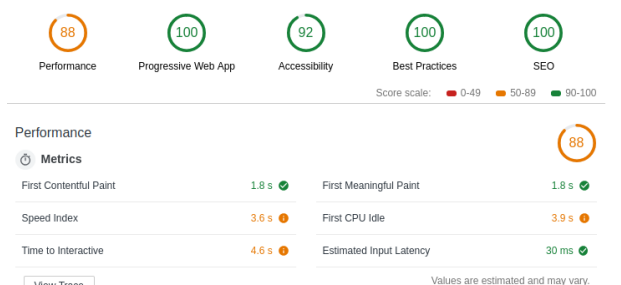


Figure 11. Vue Storefront Lighthouse audit

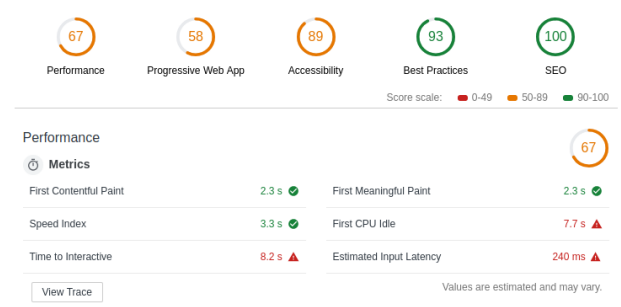


Figure 12. Deity Lighthouse audit

In terms of **functionality**, PWA platforms have the all features like Magento Web App they support (built in demo application or have supporting code or library). Feature is consider as supported if it exist and working well in demo application.

	<b>PWA studio</b>	<b>Vue Storefront</b>	<b>Deity</b>
Checkout	Yes	Yes	Yes
Product features (related products, reviews, etc)	Yes	Yes	Yes
Category features (sorting, paging, etc.)	Yes	Yes	Yes
Wishlist	Yes	Yes	Yes
Layered Navigation	Yes	Yes	Yes
Newsletter	Yes	Yes	Yes
Customer account	Yes	Yes	Yes
Search	Yes	Yes	Yes

Table 2. E-commerce features available in demo applications

The only problematic part is checkout – all PWA have some hybrid solution and they don't fully support all various payment methods such as Magento Web frontend.

In terms of **support and service**, all three PWA frameworks have community and commercial versions and companies supporting them. Vue Storefront has the greatest community (102 contributors, ~5000 commits) and large number of E-commerce agency offering consulting services, PWA Studio has one of the largest IT companies behind and as a part of Magento has the greatest development potential. Also, Magento has network of partner consulting agencies which can offer PWA implementation. Deity is startup but it is supported by top leading Magento agencies.

## 5. CONCLUSION

Progressive Web Applications have immense potential in Web and mobile development. Magento 2 has proven domination in E-commerce world. Together, they represent future of E-commerce.

PWA Studio, Vue Storefront and Deity have great potential as a PWA frameworks. PWA studio is a part of Magento so we can expect it's growth over time. Vue Storefront and Deity already have production Web shop built in their framework.

As future work, author intend to evaluate PWA Studio, Vue Storefront and Deity Falcon on the top of the Magento 2 using OSSpal methodology [16] similar as some open source eCommerce platforms evaluated in [17].

## REFERENCES

[1] Datanyze technographics, Online source: <https://www.datanyze.com/market-share/e-commerce-platforms/Alexa%20top%201M/>

[2] Magento DevDocs, Online source: <https://devdocs.magento.com/guides/v2.3/coding-standards/technical-vision/webapi.html>

[3] Eric Erway, Progressive Web Apps (PWA) with Magento, Reacticon v2, October 4, 2018

[4] MachMetrics Speed Blog, Online Source: <https://www.machmetrics.com/speed-blog/average-page-load-times-websites-2018/>

[5] Find Out How You Stack Up to New Industry Benchmarks for Mobile Page Speed, Online source: <https://think.storage.googleapis.com/docs/mobile-page-speed-new-industry-benchmarks.pdf>

[6] Progressive web applications, Online source: [https://en.wikipedia.org/wiki/Progressive\\_web\\_applications](https://en.wikipedia.org/wiki/Progressive_web_applications)

[7] Andreas Bjørn-Hansen, Tim A. Majchrzak and Tor-Morten Grønli, Progressive Web Apps: The Possible Web-native Unifier for Mobile Development, WEBIST 2017 - 13th International Conference on Web Information Systems and Technologies

[8] Chris Love, Progressive Web Application Development by Example, Packt Publishing, 2018

[9] Tim A. Majchrzak, Andreas Bjørn-Hansen, Tor-Morten Grønli, Progressive Web Apps: the Definite Approach to Cross-Platform Development?, Proceedings of the 51 st Hawaii International Conference on System Sciences | 2018

[10] James Lowe, Open-source, e-commerce, Progressive Web App for Magento 2 based on Vue.js, MagentoLive Australia 2018

[11] Ross McHugh, Progressive Web Apps & Magento, Online blog: [www.monsoonconsulting.com/blog/progressive-web-apps-magento](http://www.monsoonconsulting.com/blog/progressive-web-apps-magento), 2018

[12] GraphQL, Online source: <https://en.wikipedia.org/wiki/GraphQL>

[13] Magento PWA Documentation, Online source: <https://magento-research.github.io/pwa-studio/>

[14] Anthony I. Wasserman, Xianzheng Guo, Blake McMillian, Kai Qian, Ming-Yu Wei, and Qian Xu, OSSpal: Finding and Evaluating Open Source Software, Carnegie Mellon University, USA,

[15] Google Lighthouse, Online source: <https://developers.google.com/web/tools/lighthouse/>

[16] Tânia Ferreira, Isabel Pedrosa and Jorge Bernardino, Evaluating Open Source E-commerce Tools using OSSpal Methodology, Proceedings of the 20th International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS 2018)

[17] Anthony I. Wasserman, Xianzheng Guo, Blake McMillian, Kai Qian, Ming-Yu Wei, and Qian Xu, OSSpal: Finding and Evaluating Open Source Software, Carnegie Mellon University, USA

# AUTOMATSKI SISTEM ZA EVIDENCIJU PRISUSTVA NASTAVI KORIŠĆENJEM ARDUINO PLATFORME I ANDROID APLIKACIJE

Robert Pinter, Mikloš Pot, Sanja Maravić Čisar, Zlatko Čović  
Visoka tehnička škola strukovnih studija u Subotici

**Sadržaj** – Uobičajeni način evidentiranja prisustva studenata časovima putem beleženja na papir ili korišćenjem softvera, kao na primer Excel tabela, je spor proces. Služi prvenstveno nastavniku kako bi evidentirao one studente koji ne dolaze na časove. Prikupljeni podaci služe kao motivacioni alat koji radi na principu negativnog bonusa. Ako student ne dolazi redovno na nastavu, biva kažnjen tako što ne dobija predispitne poene, ili ne stiče uslov za izlazak na ispit. Za redovno prisustvo dobija se tek „utešni“ bonus-nekoliko predispitnih poena. U ovom radu autori prikazuju jedno rešenje koje omogućava automatizaciju evidentiranja studenata prisutnih na času. Predloženo rešenje omogućava da proces postane brz i efikasan, a sve se odvija sa minimalnim sigurnosnim rizicima. Sistem koji je opisan u radu sastoji se iz dva dela. Prvi deo je hardversko softverski sistem koji automatizuje evidentiranje prisutnih i omogućava detaljan pregled prisustva studenta u toku školske godine po predmetima. Drugi deo aplikacije je sistem koji na osnovu evidencije, primenom tehnika gemifikacije motiviše studente da redovno prisustvuju školskim aktivnostima.

**Abstract-** The usual way to record students' attendance by using Excel or application sheets is a slow process. The attendance data is usually used primarily as a bonus-based motivation tool. If a student does not attend regular classes, he/she will not receive the pre-determined points or he/she wont be allowed to attend on the final exam. For regular attendance he/she gets only a "comforting" bonus. In this paper, authors present a project that automates the students' attendance. This is done on fast, safe and effective way. The system presented in the paper consists of two parts. The first part is a hardware software system that automates the recording of attendees and provides a detailed overview of the student's presence during the school year. The second part of the application is a system that, based on records, use gamification techniques to motivate students to attend regular school activities.

## 1. UVOD

Evidentiranje prisustva ljudi nekim aktivnostima je zadatak koji se svakodnevno javlja. Na primer, na radnom mestu svaki dan je potrebno znati ko je od zaposlenih prisutan. Takođe, u obrazovnim institucijama, od osnovne škole do fakulteta, neophodno je imati svakodnevnu evidenciju za svakog učenika za svaki pojedinačni čas. Ukoliko času prisustvuje veliki broj učenika, uobičajen

način koji podrazumeva prozivanje imena i beleženja na papir ko je prisutan, može da oduzme znatan deo vremena predviđenog za nastavu.

Akadska sloboda na fakultetima i visokim školama daje studentima mogućnost da ne prisustvuju predavanjima. Razlozi za različiti pristup studenata prisustvu nastavi mogu biti mnogi. Studenti koji su zainteresovani za gradivo, koji su akademski veštiji ili su više usredsređeni na svoje studije, gotovo sigurno da će pohađati časove češće od studenata koji su manje zainteresovani, ili manje fokusirani na studije. Moguće je da studenti ne pohađaju nastavu zato što bi učili relativno malo ako bi to učinili - ako je nastava lošeg kvaliteta, ili zato što su već savladali materijal koji se izučava na predmetu, ili zato što mogu bolje naučiti gradivo za isto to vreme, ali na neki drugi način (na primer putem Interneta). Mnoga iskustva pokazuju da je za uspešan obrazovni proces jedan od najvažnijih koraka baš redovno pohađanje i praćenje nastave.

U kontekstu da na učenje/studiranje negativno utiče izostanak sa časova, mora se napomenuti da će mnogi studenti ionako biti odsutni jer pogrešno veruju da pohađanje nastave nije važno za ishod učenja. Na osnovu dostupne literature o odnosu između prisustva nastavi i postignuća na ispitu, evidentno je da postoje empirijski dokazi koji ukazuju na to da je dolazak na časove važan element akademskog učinka i napredovanja. Romer smatra da izostajanje sa nastave ima negativan uticaj na postignuće učenika [1]. Alen i Weber sugerišu da odnos između pohađanja nastave i rezultata ispita ne mora biti jednak, ili konstantan. Uticaj kriterijuma „pohađanje nastave“ na rezultate ispita verovatno će biti mnogo jači što je nivo pohađanja nastave manji, a uticaj ovog kriterijuma se smanjuje sa porastom prisustnosti časovima [2]. Colbi je objavio rezultate studije koja je ispitivala odnos prisustva nastavi i uspeha na ispitu unutar jednogodišnjeg preddiplomskog modula. Njegovi rezultati pokazali su snažnu vezu između pohađanja nastave i krajnjeg ishoda ispita [3]. Purcell je u svojoj studiji pokazao jaku korelaciju između pohađanja predavanja i rezultata ispita. Svako povećanje od 10% učešća studenata na predavanjima poboljšalo je ispitne rezultate za oko 3% [4]. Rezultati istraživanja Narule i Nagara pokazuju da prisustvo ima pozitivan uticaj na učeničke rezultate u kursivima vezanim za IT [5].

## 2. MOTIVACIJA ZA ISTRAŽIVANJE

U ovom biće prikazan elektronski sistem čiji zadatak je automatizovano evidentiranje prisustva na časovima. Elektronski način i automatizacija su bitni iz ugla brzog i

efikasnog izvršenja zadatka. Taj zadatak nije trivijalan. Nastavnik deo vremena predviđenog za predavanje mora da koristi za evidentiranje prisustva studenata. Nakon evidentiranja, prikupljenje podatke mora da arhivira sa ostalim podacima. Pregled aktivnosti za jednog studenta na nivou semestra bez digitalizacije podataka zahteva znatan utrošak vremena. Količina vremena koju zahteva evidentiranje i pregled podataka povećava se sa brojem studenata koje treba evidentirati.

Elektronsko evidentiranje prisustva omogućava brzo generisanje izveštaja za pojedinca za prisustvo na nekim od predmeta. Podatke sačuvane u bazi mogu koristiti nastavnici, menadžment institucije, ali takođe mogu da budu korisni i za same studente. Nastavnici prikupljene podatke mogu koristiti da bi uticali na nastavni proces studenta motivišući ga dodatnim poenima u zavisnosti u kom procentu je bio prisutan nastavi. Broj prisustva se najčešće koristi kao alat/mogućnost da se kazni, ili nagradi student, na primer mali broj prisustva može znači gubitak prava za izlazak na ispit, ali i dodatne poene u kategoriji „redovno pohađanje nastave”.

Podaci u bazi o prisustvu studenata menadžmentu ustanove mogu biti korisni pošto se njihovom analizom može zaključiti na primer:

- na kojem predmetu postoji problem koji se tiče prisutnosti studenata nastavi. Podatak o tome može se povezati sa sistemom provere kvaliteta nastave;
- fluktuacija broja studenata i problemi na koje oni nailaze;
- da li se časovi održavaju po rasporedu nastave.

Brzo generisanje aktuelnog pregleda stanja prisustva časovima, omogućava brzu reakciju usmerenu ka studentu u pokušaju da se otklone smetnje zbog kojih ne prisustvuje nastavi. Na Visokoj tehničkoj školi strukovnih studija u Subotici (VTŠ), svake godine do prvog ispitnog roka u januaru mesecu, otprilike 1/4 brucoša „nestane” iz procesa školovanja. Sistem koji bi na dnevnoj bazi pružao podatke o prisustvu, odnosno neprisustvovanju časovima, mogao bi da detektuje studente koji ne dolaze na nastavu jer im je, na primer, praćenje nastave zbog manjeg predznanja iz date oblasti teško. Najčešći uzrok za nemogućnost praćenja nastave i odustajanje je taj što se studenti upisuju iz srednjih škola različitih profila, od kojih neki nisu kompatibilni sa studijskim programima ustanove. Tako na primer, upisuju se studenti koji su završili srednju medicinsku, ili hemijsku školu koji nemaju dovoljno predznanja da mogu uspešno da nastave svoje školovanje na studijskim programima u oblasti tehničko-tehnoloških nauka. Ako bi se nedostatak predznanja mogao nadoknaditi putem kratkih kurseva, stekli bi se uslovi da se i ti studenti uspešno uključe u obrazovni proces.

### 3. PRIKAZ SISTEMA ZA ELEKTRONSKO EVIDENTIRANJE

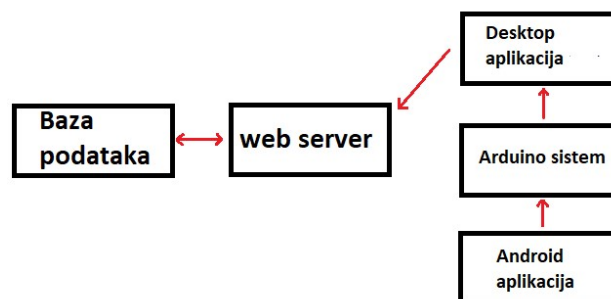
Projekat elektronskog sistema za evidentiranje nastao je nakon analize nekoliko sistema slične namene. Sledi

kratak prikaz mogućnosti analiziranih sistema i načini identifikacije koji se kod njih primenjuju. Na Teksaskom državnom univerzitetu (*Texas State University*) koristi se veb aplikaciju za prikaz aktivnosti pojedinca u kampusu. Za identifikaciju se koristi ID kartica i čitač kartice [6]. Drugi primer je *Creatrix Campus Attendance Management System* koji pored identifikacije studenata u raznim prostorijama (na različitim aktivnostima), vrši analizu kretanja i aktivnosti pojedinca. Na osnovu šema aktivnosti, odnosno izostanaka, sistem automatski predlaže mere za poboljšanje statusa, postavlja ciljeve za studente, sve sa krajnjom namerom da se pojedinac motiviše da redovno dolazi na nastavu [7]. *Northern Arizona University* koristi RFID metodu za identifikaciju studenata. Očitavanje kartica se vrši pomoću čitača koji su instalirani u prostorijama u kojima studenti obavljaju svoje aktivnosti (predavanja, vežbe, laboratorijske vežbe, računarske sale). Ovaj način identifikacije je brz, efikasan i omogućava rad sa velikim brojem studenata [8].

Predhodno opisane sisteme karakterišu veliki troškovi implementiranja. Da bi sistem funkcionisao, potrebni su čitači kartica po prostorijama, kartica za svakog studenta i centralni informacioni sistem koji čuva i prikazuje podatke (server sa bazom podataka). Troškovi implementacije sistema na *Northern Arizona University* bili su reda veličine 85 000\$ [8].

Pri projektovanju sistema za beleženje prisustva studenata nastavi na VTŠ, pored glavnih funkcija evidentiranja, snimanja i prikaza podataka, trebalo je ispuniti i uslov da sistem bude jeftin za realizaciju i održavanje. Taj cilj je postignut na sledeći način:

- identifikacija prisustva se vrši putem mobilnog telefona, te su tako izbegnuti troškovi nabavke ID, NFC ili RFID kartica;
- identifikaciju potvrđuje mikroprocesorski sistem čija cena je manja od 30 eura. Uređaj ima male dimenzije, lako ga je poneti na čas i funkcioniše u prostorijama gde nema internet pristupa;
- za veb server i bazu podataka koriste se besplatna softverska rešenja.



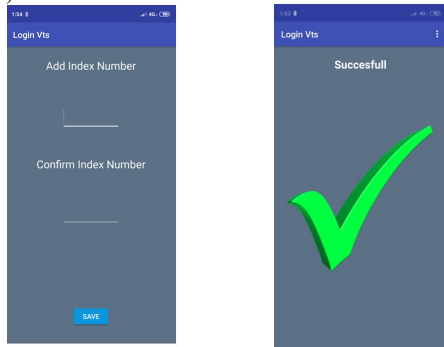
Slika 1. Blok šema sistema

Elektronski sistem za evidenciju prisustva časovima se sastoji iz nekoliko celina:

**Android aplikacija.** Putem aplikacije na mobilnom telefonu student se može prijaviti, odnosno identifikovati



na sistem. Sama identifikacija je veoma jednostavna i vrši se klikom na dugme. Kada aplikacija pošalje podatke o studentu na Arduino sistem, korisnik dobija potvrdu o uspešnoj identifikaciji. Aplikacija šalje samo osnovne podatke od kojih je najvažniji broj indeksa. Podaci o korisniku koji se identifikuje mobilnim uređajem zadaju se pri instalaciji aplikacije i nakon toga se ne mogu menjati (Slika 2.)



Slika 2. Dva interfejsa Android aplikacije

**Arduino platforma.** Arduino NANO mikroprocesorska platforma ima sledeće karakteristike:

- 12 digitalnih ulaza/izlaza D2-D13
- 8 analognih ulaza A0 ~ A7
- 1 TTL serijski port - RX / TX
- 6 PWM port, D3, D5, D6, D9, D10, D11
- koristi Atmel Atmega328P-AU mikrokontroler.

Arduino i mobilna aplikacija komuniciraju putem blutut (*Bluetooth*) veze. Arduino nema ugrađeni hardver za blutut, pa se sistemu morao dodati modul HC-05. Karakteristike ovog modula su sledeće:

- Blutut protokol: Bluetooth 2.1+ EDR standard
- Frekvencija: 2.4GHz ISM band
- Modulacija: GFSK(Gaussian Frequency Shift Keying)
- Brzina: asinhrona 2.1Mbps(Max)/160kbps, sinhrono 1Mbps/1Mbps

Slike 3. i 4. prikazuje Arduino NANO mikroprocesor i blutut modul.



Slika 3. Arduino NANO



Slika 4. Bluetooth modul

**Desktop aplikacija** za upravljanje Arduino mikroprocesorom. Na računaru nastavnika instalirana je

aplikacija pomoću koje se upravlja Arduino platformom. Proces evidentiranja prisutnih studenata radi se na sledeći način:

- Arduino mikroprocesor se priključuje na računar nastavnika, na jedan od USB portova.
- Nastavnik pokreće aplikaciju, podešava svoje podatke (ime i naziv predmeta), računar uspostavlja vezu sa Arduinoom.
- Nastavnik klikom na dugme **Start** započinje proces evidentiranja studenata. Dok se ne klikne na **Stop** dugme, sistem će se konektovati sa aplikacijama koje se izvršavaju na mobilnim uređajima studenata.
- Studenti pokreću aplikaciju na svojim mobilnim uređajima i klikom na dugme započinju proces prijave na sistem. Pošto se blutut konekcijom istovremeno mogu povezati samo dva uređaja, povezivanje svih studentskih mobilnih uređaja sa Arduinoom vrši se sekvencijalno. Da bi se proces identifikacije izvršio bez prekidanja, potrebno je upariti mobilne uređaje studenata sa Arduino sistemom. To je kratka procedura koja se radi samo jednom na samom početku semestra.
- Nakon uspešnog primanja podataka, aplikacija na računaru nastavnika prikazuje imena studenta u listi;
- Nastavnik klikom na **Stop** dugme zaustavlja proces evidentiranja. Klikom na dugme **Slanje** prikupljene podatke šalje serverskoj aplikaciji.
- Sistem za manje od jednog minuta može identifikovati do 30 prisutnih (njihove mobilne uređaje) u krugu od 10 metara. Relativno mali domet blutut konekcije sprečava studente u nameri da prevare sistem tako što bi potvrdili svoje prisustvo iz neke druge prostorije unutar škole, a ne one u koj se održava čas. Upravljanje desktop aplikacijom je lako i brzo.

**Veb aplikacija.** Serverska aplikacija prima podatke i snima ih u bazu. Aplikacija omogućava logovanje nastavnika i administratora. Nastavnik pristupa podacima koji su vezani za njegove predmete, dok administrator vrši opšte poslove oko dodavanja ili izmene predmeta, nastavnika, studenata itd. Nastavnik koji se ulogovao, pristupa podacima svih studenata na jednom određenom predmetu i oni se prikazuju tabelarno. Redovi se odnose na studente, a kolone na nedelju nastave. Iz tabele se može videti ko je od studenata bio evidentiran na času, odnosno prisustvo svih studenata u predhodnim nedeljama nastave. Za svakog studenta prikazuje se slika te je zbirnim brojem prisutnih lako izvršiti kontrolnu da li se neko od studenata identifikovao i umesto kolege koji u tom trenutku ne prisustvuje času (ali je ostavio svoj mobilni telefon da bi ga sistem zabeležio). Tabela služi i za naknadno ručno evidentiranje prisustva. Ova opcija je korisna u slučajevima kada se neko od studenata nije uspeo evidentirati na času, ili nema mobilni sa Android sistemom.

#### 4. MODUL ZA GEMIFIKACIJU

Predloženi sistem za evidentiranje prisustva sa svojim opisanim funkcijama automatizuje proces koji su

nastavnici radili kao sastavni deo svojih nastavnih aktivnosti. Cilj projekta međutim nije bio samo da se statistički prikaže dolazak, odnosno nedolazak studenta na časove, već i da se menadžmentu škole obezbede aktuelni podaci o aktivnostima studenata. Ove opcije sistema su u skladu sa Bolonjskom deklaracijom. Jedna od najvažnijih reformi koja je pokrenuta ovom Deklaracijom je bila stvaranje evropskog prostora visokog obrazovanja (*European Higher Education Area - EHEA*) koji bi bio konkurentan i atraktivan za studente i nastavnike. EHEA uključuje uvođenje novih nastavnih metoda i preporučuje njihovo korišćenje umesto tradicionalnih, kao na primer:

- kontinualna evaluacija znanja na dnevnoj bazi, koristeći mogućnosti koje nude Internet, komunikacione i informacione tehnologije i tutorstvo [9];
- praktična nastava - studenti uče i stiču iskustva kroz izradu projekata, timskog rada, odlaska na praksu itd.

U ovom kontekstu, za studenta stalno prisustvo na predavanjima nije jedini način sticanju znanja i veština. Kao što je ranije navedeno, postoje mnogi faktori zbog kojih će pojedini studenti izabrati da uče van škole, na primer oni žele veću kontrolu nad svojim učenjem, pa koriste edukacione materijale sa Interneta ili učeći od svojih kolega. Uzimajući u obzir specifične karakteristike ovih studenata u pogledu učenja, može se reći da bi za njih obaveza prisustva časovima imala negativan efekat na ishod učenja. Ali, kako je u pregledu literature iz ove oblasti navedeno, dokazano je da postoji veza između redovnog pohađanja nastave i rezultata učenja, te je potrebno razviti sistem koji će motivisati studente da uče, nezavisno od toga da li to rade samostalno ili redovnim prisustvom časovima.

Gemifikacija, sistem bodovanja jedan je od načina da se svi studenti pokušaju motivisati da budu aktivniji u nastavnom procesu. Ideja koja je implementirana u ovaj projekat je kreiranje takozvane top- ili rang liste studenata. Lista se formira na osnovu:

- broja prisustva na svim predmetima na datoj godini studija za jednog studenta;
- bodova koje student može steći sa svim dodatnim aktivnostima za koje nastavnik smatra da je potrebno bodovati.

„Top lista” sadrži ime studenta, zbirni broj bodova koje je sakupio na predhodno opisana dva načina i tzv. bedževa (Slika 5). Pozicija na listi može se poboljšati sakupljanjem bodova, a to je moguće uraditi:

- redovnim prisustvom nastavi, gde će elektronski sistem identifikovati studenta i za svako prisustvo dodeliti određeni broj poena;
- aktivnostima koje definiše nastavnik i za koje se mogu dobiti poeni. Bedževi su vizuelizacija poena koje su nastavnici dodelili studentu za ove aktivnosti.

Rank	Student Name	Points	Badge
1.	Vukov Stefan	28 572 630 points	Gold star badge
2.	Fleis Žolt	12 363 208 points	Silver star badge
3.	Perić Ivana	3 779 136 points	Bronze star badge
4.	Mirković Strahinja	1 889 568 points	Gold star badge
5.	Gadžunović Nikola	1 889 568 points	Gold star badge

Slika 5. Top lista

## 5. ZAKLJUČAK

Predloženi sistem za evidentiranje prisustva časovima koji automatizuje, ubrzava i digitalizuje podatke o prisustvu pojedinaca na časovima, koristan je kako za obrazovnu instituciju tako i za studente, na primer:

- nastavniku smanjuje vreme potrebno za administraciju prisustva časovima, te mu tako ostaje više vremena za edukaciju studenata. Na osnovu podataka nastavnik može uticati na studente koje ređe prisustvuju nastavi;
- menadžmentu škole omogućava uvid u kretanje broja studenata i bolju kontrolu nastavnog procesa. Podaci su korisni radi detekcije slabih karika u nastavnom procesu. Na primer, na prvoj godini studija, nedolazak studenata na časove može biti razlog nekompatibilnosti gradiva iz srednje škole i onog u visokom obrazovanju. Nemogućnost praćenja nastave zbog manjka predznanja lako se može korigovati, pod uslovom da student nije odlučio da napusti dalje školovanje. Evidentiranje može poslužiti i za kontrolu kvaliteta nastave;
- studentu se kroz tehnike i elemente gemifikacije, pored uspeha (ocena) studiranja, pruža još jedna mogućnost da pokaže svoje osobine, veštine, sposobnosti itd. Gemifikacija kao alat, ima za cilj da motivise studenta da aktivno učestvuje u nastavnom procesu.

Elektronski sistem za evidentiranje nalazi se još u fazi testiranja koje će se obaviti u letnjem semestru školske 2018/2019 godine za dva predmeta. Pošto je u ovom projektu veliki akcenat na modulu za gemifikaciju, prvo treba testirati kako funkcionišu elementi i tehnike kojima se žele motivisati studenti da redovno dolaze na nastavu. Na primer, zvuči trivijalno, ali treba analizirati da li veličina broja poena u top listi ima uticaj na motivaciju studenata. Da li je isto ako je maksimalan broj poena na top listi 20 ili 2000? Veći broj poena bi se dobio običnim množenjem osnovnih poena, razlika između studenata bi bila u procentima ista, ali se efekat prikazivanja rezultata sa „većim brojem” ne može marginalizovati. Drugo interesantno pitanje, na koje se tek nakon primene aplikacije može odgovoriti, je kako broj bedževa, njihova

vrsta, dizajn i slično utiče na motivaciju studenata da ih pokušaju sakupiti. Mali broj bedževa, daje bolji pregled učinka/aktivnosti za studenta, ali isto tako omogućuje samo grubi prikaz razlika u aktivnostima za koje su dobijeni.

Najveći izazov za uspešnu primenu sistema, nisu greške u programskom kodu ili dizajnu aplikacija, već u zakonu o privatnosti podataka. Korišćenje imena studenata na stranici sa top listom koja je javno dostupna putem Interneta, nije dozvoljeno bez njihove saglasnosti. Problem se može jednostavno rešiti ako su studenti saglasni da se njihovo ime može prikazati na veb stranici u top listi. Međutim, postoji bojazan da će određeni procenat studenata ipak odbiti predlog. Pozicija na listi koja ne sadrži sve studente na datoj godini, na datom smeru, sigurno neće imati isti motivacioni efekat na studente, pogotovo ne na one koji nisu na listi.

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

Ovaj rad nastao je u sklopu projekta pod imenom "Razvoj elektronskog sistema za praćenje prisustva studenata na časovima", i brojem 142-451-2743/2018-02-2. Projekat je finansiran od strane Pokrajinskog sekretarijata za visoko obrazovanje i naučnoistraživačku delatnost AP Vojvodine.

#### **LITERATURA**

- [1] Romer, D. (1993). Do Students Go to Class? Should They? *Journal of Economic Perspectives*, 7(3), 167-174. doi:10.1257/jep.7.3.167
- [2] Allen, D. O., & Webber, D. J. (2010). Attendance and Exam Performance. *Research in Post-Compulsory Education*, 15(1), 33-47. doi:<https://doi.org/10.1080/13596740903565319>
- [3] Colby, J. (2005). Attendance and Attainment - a comparative study. *Innovation in Teaching and Learning in Information and Computer Sciences*, 4:2, 1, 4(2), 1-13. doi:10.11120/ital.2005.04020002
- [4] Purcell, P. (2007). Engineering Student Attendance at Lectures: Effect on Examination Performance. *International Conference on Engineering Education*. Coimbra, Portugal. Retrieved January 22, 2019
- [5] Narula, M., & Nagar, P. (2013). Relationship Between Students' Performance and Class Attendance in a Programming Language Subject in a Computer Course. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 2(8), 206-210. Retrieved January 22, 2019, from <http://d.researchbib.com/f/2nnJcwp21wYzAioF9xo2AmY3OupTIIpl9OqJq1p3DIZQRmY1LIFGtlZQRmZGthpTEz.pdf>
- [6] [http://www.its.txstate.edu/departments/classroom\\_technology/attendance\\_tracking.html](http://www.its.txstate.edu/departments/classroom_technology/attendance_tracking.html)
- [7] <http://www.creatrixcampus.com/blog/top-10-advantages-automated-student-attendance-system#sthash.2LjXa4Cg.dpuf>
- [8] Mary Catherine O'Connor, Northern Arizona University to Use Existing RFID Student Cards for Attendance Tracking, May 24, 2010, <http://www.rfidjournal.com/articles/view?7628>
- [9] [https://www.researchgate.net/publication/274836901\\_Student-Centered\\_Learning\\_Environments\\_Foundations\\_Assumptions\\_and\\_Design](https://www.researchgate.net/publication/274836901_Student-Centered_Learning_Environments_Foundations_Assumptions_and_Design), Retrieved January 5, 2019

# SIMULACIJA PROSTORNOG HAOSA MIMO NELINEARNIH KASKADNIH SISTEMA U PROGRAMSKOM PAKETU MATLAB

## SIMULATION OF SPATIAL CHAOS IN MIMO CASCADE NONLINEAR SYSTEMS USING MATLAB

Biljana Samardžić<sup>1</sup>, Bojana Zlatković<sup>2</sup>  
*Univerzitet u Nišu, Prirodno - matematički fakultet<sup>1</sup>*  
*Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu<sup>2</sup>*

**Sadržaj** – Dinamika MIMO nelinearnih kaskadnih sistema je analizirana u ovom radu. Jedna od karakteristika ovih sistema je mogućnost pojave prostornog haosa. U radu je izvršena simulacija bifurkacionog i Ljapunovog dijagrama i faznih portreta MIMO7 nelinearnog kaskadnog sistema pisanjem M-fajlova u okviru programskog paketa Matlab.

**Abstract** – The dynamics of MIMO cascade nonlinear systems is analyzed in this paper. One of the characteristics of these systems is the possibility of spatial chaos appearance. Simulation of bifurcation and Lyapunov diagrams and phase portraits of MIMO7 cascade nonlinear system is performed using Matlab M-files.

### 1. UVOD

U savremenoj teoriji determinističkog haosa pokazano je da vrsta kretanja kod nelinearnih sistema zavisi od znaka Ljapunovih eksponenata, [1]. Ovi eksponenti se definišu na sledeći način:

$$\lambda_i = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t} \ln |m_i(t)|, \quad i = 1, \dots, n \quad (1)$$

gde su  $m_i(t)$  sopstvene vrednosti matrice sistema, dok je  $n$  red sistema. Ako je  $\lambda_1 > 0$ ,  $\sum \lambda_i < 0$  u sistemu nastaje haos.

Haotično kretanje je teorijski najpre analizirano za diskretne nelinearne sisteme, odnosno, iterativne procese sledećeg tipa, [1]:

$$\mathbf{x}_{k+1} = f(r, \mathbf{x}_k) \quad (2)$$

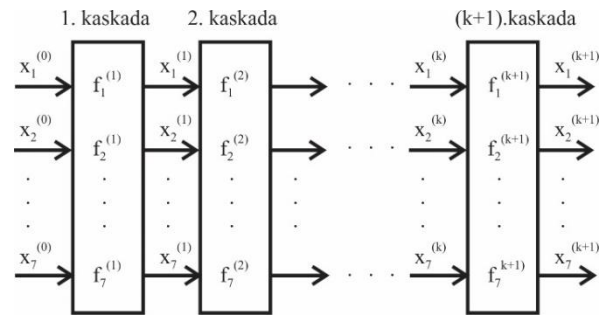
gde je  $r$  kontrolni parametar,  $\mathbf{x}_k$  je vektor stanja. Pri određenoj vrednosti parametra  $r$ , dolazi do bifurkacije. Ukoliko se taj parametar dovoljno poveća, može doći (zavisno od funkcije  $f$ ) do haotičnog kretanja.

Treba naglasiti da se u slučaju (2) radi o diskretnom sistemu, gde je  $k$  diskretno vreme. Dakle, u ovom slučaju iteracija se odvija u vremenu. Teorija determinističkog haosa, razvijena za ovakve sisteme, može se primeniti i na SISO (Single Input Single Output) kaskadno povezane nelinearne sisteme, [2, 3]. U ovom slučaju iteracija nije vremenska, već prostorna, naime, svaka kaskada u sistemu predstavlja jednu iteraciju. Zato se u ovim kaskadnim sistemima uvodi novi pojam prostornog haosa. Ovaj tip haosa javlja se i

u MIMO (Multiple Input Multiple Output) nelinearnim kaskadnim sistemima, [4-6]. U ovom radu na primeru MIMO7 sistema, čije kaskade (podsystemi) imaju po sedam ulaza i sedam izlaza, biće prikazana simulacija bifurkacionih i Ljapunovih dijagrama kao i faznih portreta u programskom paketu Matlab.

### 2. MIMO7 NELINEARNI KASKADNI SISTEM

Na slici 1 prikazan je blok dijagram MIMO7 nelinearnog kaskadnog sistema.



Slika 1. MIMO7 nelinearni kaskadni sistem

Svaka kaskada sistema sa slike 1 opisana je sledećim skupom jednačina:

$$\begin{aligned} x_1^{(i+1)} &= f_1^{(i+1)}(x_1^{(i)}, \dots, x_7^{(i)}) = x_2^{(i)} \\ x_2^{(i+1)} &= f_2^{(i+1)}(x_1^{(i)}, \dots, x_7^{(i)}) = x_3^{(i)} \\ &\vdots \\ x_6^{(i+1)} &= f_6^{(i+1)}(x_1^{(i)}, \dots, x_7^{(i)}) = x_7^{(i)} \\ x_7^{(i+1)} &= f_7^{(i+1)}(x_1^{(i)}, \dots, x_7^{(i)}) = -l_1 x_7^{(i)} - l_2 x_6^{(i)} - \dots - l_7 x_1^{(i)} \end{aligned} \quad (3)$$

gde  $l_j = l_j(\mathbf{x}^{(i)})$ ,  $j = \overline{1,7}$ ,  $i = \overline{0,k}$  su u opštem slučaju nelinearne funkcije čiji je argument ulazni vektor svake kaskade  $\mathbf{x}^{(i)} = [x_1^{(i)}, \dots, x_7^{(i)}]$ ,  $i = \overline{0,k}$ . Ovaj kaskadni sistem ima ukupno  $k + 1$  kaskadu. Svaka kaskada ima 7 ulaza i 7 izlaza. Izlazni vektor  $(i + 1.)$  kaskade je  $\mathbf{x}^{(i+1)} = [x_1^{(i+1)}, \dots, x_7^{(i+1)}]$  dimenzije  $1 \times 7$  i on je u isto vreme ulazni vektor  $(i + 2.)$  kaskade. Broj  $i + 1$  u zagradama je redni broj kaskade. Skup funkcija  $f_m^{(i+1)}(x_1^{(i)}, \dots, x_7^{(i)})$ ,  $m = \overline{1,7}$ ,  $i = \overline{0,k}$  je isti za svaku kaskadu. Funkcije  $f_m^{(i+1)}(x_1^{(i)}, \dots, x_7^{(i)})$ ,  $m = \overline{1,6}$ ,  $i = \overline{0,k}$  su linearne, samo je funkcija

$f_7^{(i+1)}(x_1^{(i)}, \dots, x_7^{(i)}), i = \overline{0, k}$  nelinearna. Dakle, svaka kaskada predstavlja jedan nelinearan podsistem.

## 2. SIMULACIJA BIFURKACIONIH DIJAGRAMA

Praktična analiza pojave prostornog haosa MIMO7 sistema može se izvršiti simulacijom bifurkacionog dijagrama. Za razliku od SISO nelinearnih kaskadnih sistema, [2, 3], kod kojih se bifurkacioni dijagrami dobijaju na osnovu modela sistema u ustaljenom stanju, kod MIMO sistema simulacija bifurkacionih dijagrama se vrši na osnovu realnih modela, [5, 6]. U slučaju SISO sistema sa malim brojem kaskada, [2, 3], mogli smo na jednom zajedničkom bifurkacionom dijagramu da posmatramo zavisnost izlaza svih kaskada od kontrolnog parametra. Međutim, u slučaju MIMO sistemima sa velikim brojem kaskada, npr.,  $(k + 1) = 5000$ , praćenje dinamike celog sistema, pomoću bifurkacionih dijagrama, bazira se na posmatranju svih izlaza zadnje kaskade  $\mathbf{x}^{(k+1)} = [x_1^{(k+1)}, \dots, x_7^{(k+1)}]$  u funkciji kontrolnog parametra  $l_7$  (tj., promenljivog koeficijenta modela (3)). Vrednosti ostalih parametara su:  $l_1 = -(x_1^{(i)})^2 + \frac{25}{16}$ ,  $l_2 = l_3 = l_4 = l_5 = 1.1$ ,  $l_6 = 0.9$ . Ulazi u prvu kaskadu su:  $x_i^{(0)} = 0, i = \overline{1, 6}$  i  $x_7^{(0)} = 0.17$ .

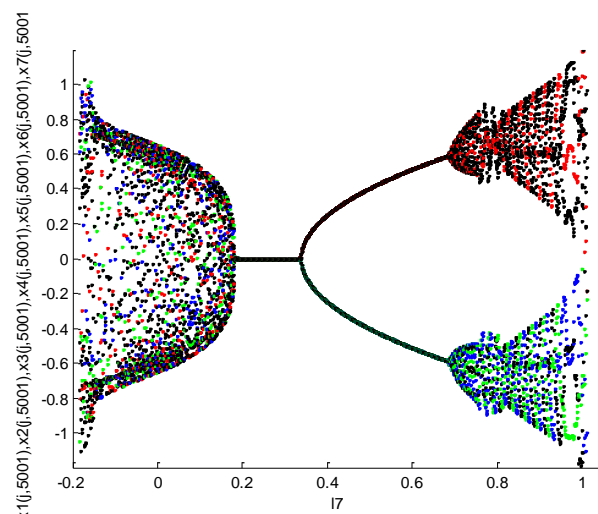
Simulacija bifurkacionog dijagrama MIMO7 nelinearnog kaskadnog sistema je izvršena u Matlabu korišćenjem sledećeg M-fajla:

%MIMO7 bifurkacioni dijagram

```
x1=zeros(1291,5001);
x2=zeros(1291,5001);
x3=zeros(1291,5001);
x4=zeros(1291,5001);
x5=zeros(1291,5001);
x6=zeros(1291,5001);
x7=zeros(1291,5001);
l1=zeros(1291,5001);
l7=[-0.19:0.001:1.1]';
l2=1.1;
l3=1.1;
l4=1.1;
l5=1.1;
l6=0.9;
for j=1:1291,
x1(:,j)=0;
x2(:,j)=0;
x3(:,j)=0;
x4(:,j)=0;
x5(:,j)=0;
x6(:,j)=0;
x7(:,j)=0.17;
l1(:,j)=-x1(:,j).^2+25/16;
end;
for j=1:1291,
for i=2:5001,
x1(j,i)=x2(j,i-1);
x2(j,i)=x3(j,i-1);
x3(j,i)=x4(j,i-1);
x4(j,i)=x5(j,i-1);
```

```
x5(j,i)=x6(j,i-1);
x6(j,i)=x7(j,i-1);
x7(j,i)=-(-x1(j,i-1).^2+25/16).*x7(j,i-1)-l2.*x6(j,i-1)-
l3.*x5(j,i-1)-l4.*x4(j,i-1)-l5.*x3(j,i-1)-l6.*x2(j,i-1)-
l7(j).*x1(j,i-1);
l1(j,i)=-x1(j,i-1).^2+25/16;
end;
hold on
plot(l7(j),x1(j,5001),'k',l7(j),x2(j,5001),'b',l7(j),x3(j,5001),
'r',l7(j),x4(j,5001),'g',l7(j),x5(j,5001),'k',l7(j),x6(j,5001),'k',
l7(j),x7(j,5001),'k')
xlabel('l7')
ylabel('x1(j,5001),x2(j,5001),x3(j,5001),x4(j,5001),x5(j,5001),x6(j,5001),x7(j,5001)')
hold off
end;
```

Na slici 2 prikazan je bifurkacioni dijagram ispitivanog MIMO7 sistema. Može se uočiti da se za  $l_7 = 0.34$  javlja prva bifurkacija i da se za  $l_7 \in [0.34, 0.692]$  na bifurkacionom dijagramu formiraju dve nezavisne grane. Za  $l_7 = 0.693$  dolazi do novog granjanja bifurkacionog dijagrama i postepenog prelaska sistema u prostorni haos. Sistem postaje nestabilan za  $l_7 > 1.005$ . Za  $l_7 \in [0.181, 0.33]$  sistem je stabilan na šta ukazuje postojanje samo jedne grane na slici 2. Sistem MIMO7 se nalazi u oblasti oscilatorne i haotične dinamike za  $l_7 \in [-0.1818, 0.181]$ . Za  $l_7 < -0.1818$  sistem postaje nestabilan.



Slika 2. Bifurkacioni dijagram MIMO7 nelinearnog kaskadnog sistema

## 3. SIMULACIJA LJAPUNOVIIH DIJAGRAMA

Da bismo izveli obrazac za izračunavanje Ljapunovih eksponenata sistema datog na slici 1, pratićemo promenu dinamike MIMO7 sistema usled malih promena vrednosti koeficijenta  $l_7$  pri konstantnim vrednostima ulaza u prvu kaskadu, tj. u MIMO7 sistem,  $\mathbf{x}^{(0)} = [x_1^{(0)}, \dots, x_7^{(0)}]$ ,  $x_i^{(0)} = \text{const}, i = \overline{1, 7}$ . Prvo ćemo za  $l_7 = a, a = \text{const}$ . odrediti za dati ulaz u prvu kaskadu, vrednost izlaznog vektora MIMO7 sistema:

$$\mathbf{x}_a^{(k+1)} = [x_{1a}^{(k+1)}, \dots, x_{7a}^{(k+1)}] \quad (4)$$

Zatim ćemo izračunati izlaz iz kaskadnog MIMO7 sistema za  $l_7 = a + \Delta a, \Delta a \ll a$ . Dobiće se sledeći izlazni vektor MIMO7 kaskadnog sistema:

$$\mathbf{x}_{(a+\Delta a)}^{(k+1)} = [x_{1(a+\Delta a)}^{(k+1)}, \dots, x_{7(a+\Delta a)}^{(k+1)}] \quad (5)$$

Elemente vektora Ljapunovih eksponenata MIMO7 nelinearnog kaskadnog sistema u oznaci

$$\mathbf{L} = [\lambda_1, \dots, \lambda_7], \quad (6)$$

naći ćemo na osnovu sledećeg izraza:

$$\lambda_i = \frac{\log\left(\frac{|x_{i(a+\Delta a)}^{(k+1)} - x_{ia}^{(k+1)}|}{\Delta a}\right)}{k+1}, \quad i = \overline{1,7} \quad (7)$$

Istaknućemo ponovo da je broj kaskada  $k + 1$  velik. Iz izraza (7) se uočava da je broj izračunatih Ljapunovih eksponenata  $\lambda_i, i = \overline{1,7}$  jednak broju izlaza MIMO7 sistema sa slike 1. Ljapunovi dijagram se dobija tako što se na njegovu apcisu nanose vrednosti promenljivog koeficijenta  $l_7$ , a na ordinatu vrednosti Ljapunovih eksponenata  $\lambda_i, i = \overline{1,7}$ . Prostorni haos u sistemima opisanim jednačinom (3) nastaje u slučaju kada je bar jedan od Ljapunovih eksponenata veći od nule,  $\lambda_i > 0$ .

Simulacija Ljapunovog dijagrama MIMO7 nelinearnog kaskadnog sistema je izvršena u Matlabu korišćenjem sledećeg M-fajla:

```
%Ljapunov dijagram MIMO7 nelinearnog kaskadnog
% sistema
x1=zeros(1291,5001);
x2=zeros(1291,5001);
x3=zeros(1291,5001);
x4=zeros(1291,5001);
x5=zeros(1291,5001);
x6=zeros(1291,5001);
x7=zeros(1291,5001);
l1=zeros(1291,5001);
l7=[-0.19:0.001:1.1]';
l2=1.1;
l3=1.1;
l4=1.1;
l5=1.1;
l6=0.9;
dt=0.0001;
for j=1:1291,
x1(:,1)=0;
x2(:,1)=0;
x3(:,1)=0;
x4(:,1)=0;
```

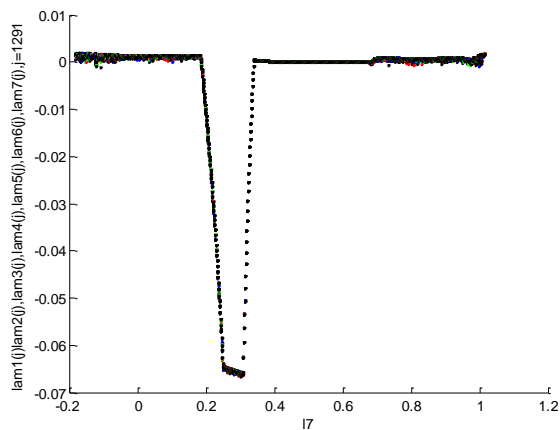
```
x5(:,1)=0;
x6(:,1)=0;
x7(:,1)=0.17;
l1(:,1)=-x1(:,1).^2+25/16;
end;
for j=1:1291,
for i=2:5001,
x1(j,i)=x2(j,i-1);
x2(j,i)=x3(j,i-1);
x3(j,i)=x4(j,i-1);
x4(j,i)=x5(j,i-1);
x5(j,i)=x6(j,i-1);
x6(j,i)=x7(j,i-1);
x7(j,i)=-(-x1(j,i-1).^2+25/16).*x7(j,i-1)-l2.*x6(j,i-1)-
l3.*x5(j,i-1)-l4.*x4(j,i-1)-l5.*x3(j,i-1)- l6.*x2(j,i-1)-
l7(j).*x1(j,i-1);
end;
d1(j)=x1(j,5001);
d2(j)=x2(j,5001);
d3(j)=x3(j,5001);
d4(j)=x4(j,5001);
d5(j)=x5(j,5001);
d6(j)=x6(j,5001);
d7(j)=x7(j,5001);
end;
for j=1:1291,
l7(j)=l7(j)+dt;
end;
for j=1:1291,
x1(:,1)=0;
x2(:,1)=0;
x3(:,1)=0;
x4(:,1)=0;
x5(:,1)=0;
x6(:,1)=0;
x7(:,1)=0.17;
l1(:,1)=-x1(:,1).^2+25/16;
end;
for j=1:1291,
for i=2:5001,
x1(j,i)=x2(j,i-1);
x2(j,i)=x3(j,i-1);
x3(j,i)=x4(j,i-1);
x4(j,i)=x5(j,i-1);
x5(j,i)=x6(j,i-1);
x6(j,i)=x7(j,i-1);
x7(j,i)=-(-x1(j,i-1).^2+25/16).*x7(j,i-1)-l2.*x6(j,i-1)-
l3.*x5(j,i-1)-l4.*x4(j,i-1)-l5.*x3(j,i-1)- l6.*x2(j,i-1)-
l7(j).*x1(j,i-1);
end;
g1(j)=x1(j,5001);
g2(j)=x2(j,5001);
g3(j)=x3(j,5001);
g4(j)=x4(j,5001);
g5(j)=x5(j,5001);
g6(j)=x6(j,5001);
g7(j)=x7(j,5001);
end;
for j=1:1291,
lam1(j)=log((g1(j)-d1(j))/dt)/5001;
lam2(j)=log((g2(j)-d2(j))/dt)/5001;
lam3(j)=log((g3(j)-d3(j))/dt)/5001;
```

```

lam4(j)=log((g4(j)-d4(j))/dt)/5001;
lam5(j)=log((g5(j)-d5(j))/dt)/5001;
lam6(j)=log((g6(j)-d6(j))/dt)/5001;
lam7(j)=log((g7(j)-d7(j))/dt)/5001;
end;
for j=1:1291,
    hold on
    plot(l7(j),lam1(j),'k',l7(j),lam2(j),'b',l7(j),lam3(j),'r',l7(j),lam4(j),'g',l7(j),lam5(j),'k',l7(j),lam6(j),'k',l7(j),lam7(j),'k')
        xlabel('l7')
        ylabel('lam1(j),lam2(j),lam3(j),lam4(j),lam5(j),lam6(j),lam7(j),j=1291')
        hold off
end

```

Na slici 3 prikazan je Ljapunov dijagram ispitivanog MIMO7 sistema. Za  $l_7 \in [0.693, 1.005]$  i  $l_7 \in [-0.1818, 0.181]$  Ljapunovi eksponenti su veći od nule, dinamika MIMO7 sistema postaje haotična.



Slika 3. Ljapunov dijagram MIMO7 nelinearnog kaskadnog sistema

#### 4. SIMULACIJA FAZNIH PORTRETA

Dinamika MIMO7 nelinearnog kaskadnog sistema može da se analizira i pomoću faznih portreta, [4-6]. U slučaju MIMO7 sistema fazni portreti se predstavljaju u faznom hiper prostoru  $(x_1, x_2, \dots, x_7)$ , gde je  $x_i$ ,  $i = \overline{1,7}$  vektor svih  $i$ -tih kaskadnih izlaza. Ovi fazni portreti prikazuju dinamiku svih kaskada na istoj slici kada su u pitanju kaskadni MIMO2 i MIMO3 sistemi. U slučaju MIMO7 sistema posmatraju se projekcije faznog hiper prostora na odgovarajuće trodimenzionalne fazne prostore.

Simulacije projekcija faznih portreta MIMO7 nelinearnog kaskadnog sistema na fazni prostor  $(x_1, x_5, x_7)$  je izvršena u Matlabu korišćenjem sledećeg M-fajla:

```

% Fazni portret MIMO7 sistema-projekcija
x1=zeros(5001,1);
x2=zeros(5001,1);
x3=zeros(5001,1);
x4=zeros(5001,1);
x5=zeros(5001,1);
x6=zeros(5001,1);
x7=zeros(5001,1);

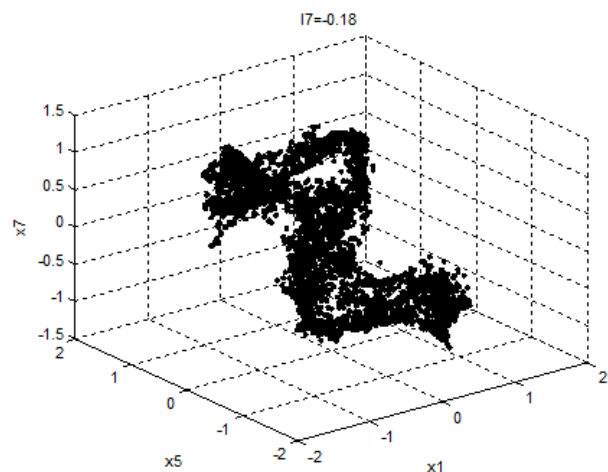
```

```

x1(1)=0;
x2(1)=0;
x3(1)=0;
x4(1)=0;
x5(1)=0;
x6(1)=0;
x7(1)=0.17;
l2=1.1;
l3=1.1;
l4=1.1;
l5=1.1;
l6=0.9;
l7=-0.18;
l1(1)=-x1(1).^2+25/16;
for i=2:5001,
    x1(i)=x2(i-1);
    x2(i)=x3(i-1);
    x3(i)=x4(i-1);
    x4(i)=x5(i-1);
    x5(i)=x6(i-1);
    x6(i)=x7(i-1);
    x7(i)=-l7.*x1(i-1)-l6.*x2(i-1)-l5.*x3(i-1)-l4.*x4(i-1)-
    l3.*x5(i-1)-l2.*x6(i-1)-(-x1(i-1).^2+25/16).*x7(i-1);
end;
plot3(x1(:),x5(:),x7(:),'k'),grid
xlabel('x1')
ylabel('x5')
zlabel('x7')

```

Na slikama 4-9 prikazani su rezultati simulacije projekcija faznih portreta za karakteristične vrednosti promenljivog koeficijenta  $l_7$ . Ove vrednosti su izabrane na osnovu bifurkacionog dijagrama sa slike 2. Uočava se na bifurkacionom dijagramu da se sistem MIMO7 za  $l_7 = -0.18$  nalazi u oblasti prostornog haosa, što je potvrđeno i na slici 4, na kojoj je prikazana projekcija čudnog prostornog atraktora na fazni prostor  $(x_1, x_5, x_7)$  za  $l_7 = -0.18$ .



Slika 4. Projekcija prostornog haosa – čudni prostorni atraktor

Projekcija prostornog graničnog skupa za  $l_7 = 0.1$  data je na slici 5. Prostorni granični skup čini skup međusobno razdvojenih tačaka u faznom prostoru, koje su tako raspoređene da se aproksimativno može reći da čine

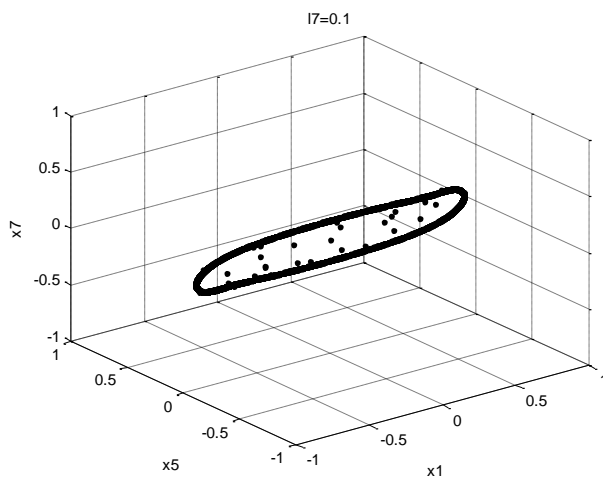
zatvorenu krivu liniju. Dve sukcesivne tačke zatvorene krive ne moraju da predstavljaju izlaze dve susedne kaskade.

Vrednosti parametra  $l_7 = 0.25$  na bifurkacionom dijagramu odgovara tačka koja leži na jednoj grani dijagrama što ukazuje na stabilnost MIMO7 sistema. To je potvrđeno i slikom 6 koja predstavlja fazni portret projekcije prostornog stabilnog fokusa.

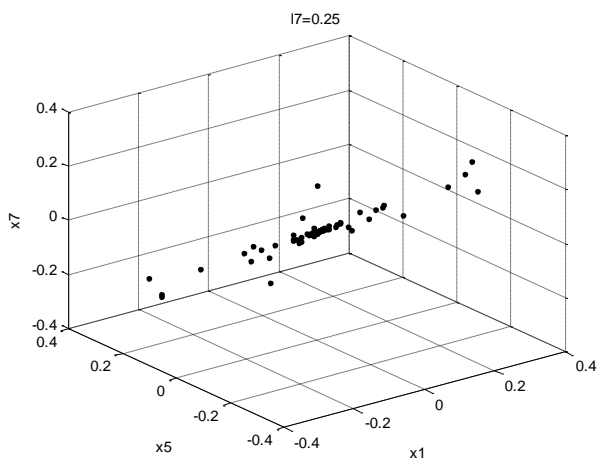
Projekcija dva prostorna fokusa za  $l_7 = 0.45$  prikazana je na slici 7. Ovoj projekciji na slici 2 odgovaraju dve tačke koje za istu vrednost parametra  $l_7 = 0.45$  leže na dve različite grane bifurkacionog dijagrama.

Projekcija dva prostorna granična skupa za  $l_7 = 0.75$  data je na slici 8. Izlazi neparne kaskada formiraju jedan a izlazi parne kaskada drugi prostorni granični skup.

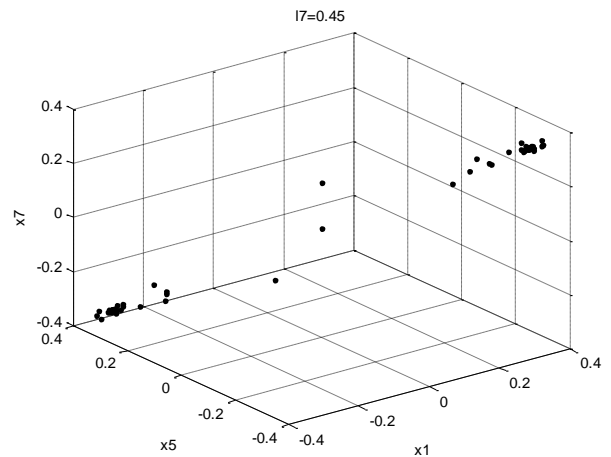
Na slici 9 za  $l_7 = 1.005$  prikazana je projekcija višestrukog prostornog haosa— dva čudna prostorna atraktora. Izlazi neparne kaskada formiraju jedan, a izlazi parne kaskada drugi čudni prostorni atraktor.



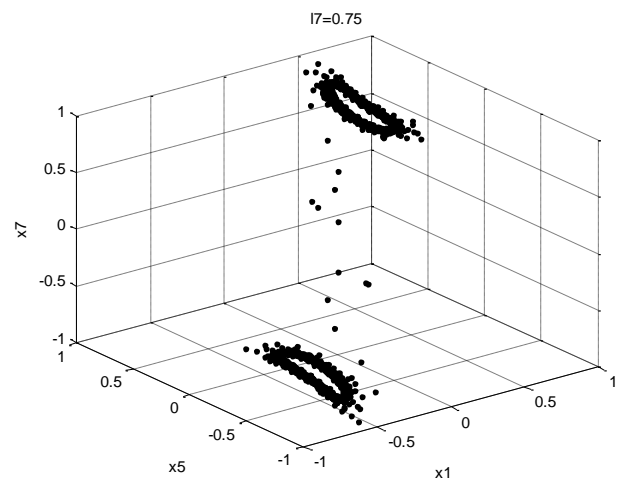
Slika 5. Projekcija prostornog graničnog skupa



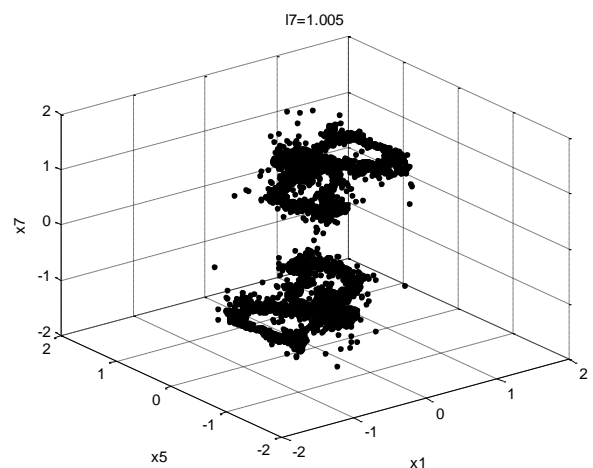
Slika 6. Projekcija prostornog stabilnog fokusa



Slika 7. Projekcija dva prostorna fokusa



Slika 8. Projekcija dva prostorna granična skupa



Slika 9. Projekcija višestrukog prostornog haosa— dva čudna prostorna atraktora

### 3. ZAKLJUČAK

U radu su prikazana tri načina simulacije nastanka prostornog haosa primenom programskog paketa Matlab:

1. bifurkacioni dijagram,



2. Ljapunov dijagram i
3. fazni portreti.

Potvrđeno je podudaranje dobijenih rezultata na osnovu bifurkacionog i Ljapunovog dijagrama sa projekcijama prostornih faznih portreta na primeru MIMO7 nelinearnog kaskadnog sistema.

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

Autori se zahvaljuju podršci Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije realizovanoj kroz projekte 43014 ("Unapređenje sistema monitoringa i procene dugotrajne izloženosti stanovništva zagađujućim supstancama u životnoj sredini primenom neuronskih mreža", od 2011. god.) i ON171025 ("Električni proboj gasova, površinski procesi i primene", od 2011. god.).

#### **LITERATURA**

- [1] Moon, F. C., Chaotic and fractal dynamics, An introduction for Applied scientists and engineers, John Wiley & Sons, INC, 1992.
- [2] B. Samardzic and B. M. Zlatkovic, "Simulation of bifurcation and escape-time diagrams of cascade-connected nonlinear systems for rubber strip transportation," *Nonlinear Dynamics*, Vol 67, No. 2, pp. 1105 – 1113, 2012.
- [3] B. Samardžić and B. M. Zlatković, "Analysis of spatial chaos appearance in cascade connected nonlinear electrical circuits," *Chaos, solitons and fractals: the interdisciplinary journal of Nonlinear Science, and Nonequilibrium and Complex Phenomena*, Vol. 95, pp. 14–20, 2017.
- [4] Zlatkovic, B. M.; Samardzic, B.: "Analysis and control of spatial limit sets and spatial chaos appearance in MIMO cascade connected nonlinear systems", *Asian journal of control*, doi:10.1002/asjc.1860, 2019.
- [5] B. M. Zlatkovic, B. Samardzic: "Multiple spatial limit sets and chaos analysis in MIMO cascade nonlinear systems", *Chaos, solitons and fractals: The Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science, and Nonequilibrium and Complex Phenomena*, 119(2019), pp. 86 – 93, 2019, doi.org/10.1016/j.chaos.2018.12.014.
- [6] Samardžić, B., Zlatković, B.: "Modified Pyragas method for multiple spatial limit sets and chaos control in MIMO cascade nonlinear systems", *Facta Universitatis, Series: Automatic Control and Robotics*, Vol 17, No. 3, pp.165-176, 2018. doi:https://doi.org/10.22190/FUACR1803165S

# JEDNOSTAVNI ARDUINO PLC ŠILD

## SIMPLE ARDUINO PLC SHIELD

Neđeljko Lekić, Zoran Mijanović  
*Elektrotehnički fakultet, Univerzitet Crne Gore*

**Sadržaj** – U ovom radu predstavljen je jednostavni Arduino PLC šild. Osnovna namjena šilda je da Arduino Uno razvojnoj ploči obezbijedi PLC funkcionalnost. Predloženi šild obezbjeđuje ulazno-izlazne portove u skladu sa industrijskim standardima. Šild obezbjeđuje ukupno 28 ulaznih i izlaznih portova, ostavljajući slobodnim komunikacione i nekoliko PWM portova Arduino Uno razvojne ploče. Šild je jeftin za realizaciju.

**Abstract** - In this paper the simple PLC shield is presented. The basic purpose of the shield is that provide PLC functionality to the Arduino Uno development board. The proposed PLC Shield provides input-output ports in accordance with industry standards. The shield ensures 28 input and output ports, leaving free RX, TX and several PWM ports of the Arduino Uno development board. The shield is cheap for realisation.

### 1. UVOD

Arduino je najpopularnija elektronska prototipna platforma otvorenog-koda za kreiranje najrazličitijih elektronskih uređaja i sistema. Arduino razvojno okruženje može se instalirati na Windows, Macintosh i Linux operativnom sistemu. Programiranje u Arduino razvojnom okruženju se dobro prihvata od strane početnika, a pruža i značajne prednosti iskusnim korisnicima. Zahvaljujući orijentaciji ka otvorenom kodu, kao i velikom broju korisnika i već urađenih projekata, Arduino razvojna platforma ima veoma dobru podršku [1].

Arduino UNO R3 je najpopularnija prototipna razvojna ploča, zasnovana na upotrebi ATmega328P mikrokontrolera. Može se smatrati jednom od prvih mikrokontrolerskih razvojnih ploča. Arduino UNO ploča sadrži sve neohodne činioce za omogućavanje što jednostavnijeg rada sa mikrokontrolerom. Između ostalog obezbjeđuje napojno kolo, programerski interfejs, kao i lako dostupne ulazno izlazne pinove. Zahvaljujući masovnosti upotrebe cijena Arduino UNO R3 razvojne ploče je sve niža [2].

Danas postoje mnoge modularne razvojne ploče, poznate kao šildovi, koje se mogu dodati na osnovnu Arduino UNO R3 razvojnu ploču s ciljem proširenja njene funkcionalnosti. Među njima su posebno interesantni komunikacioni šildovi, koji omogućuju povezivanje Arduino UNO ploče u sistem, odnosno na različite tipove komunikacionih mreža, naravno i Internet. Tako postoje Ethernet, Wi-Fi, GSM/GPRS, 3G/4G i drugi šildovi. Osim komunikacionih postoji i puno drugih šildova, ka npr. relejni šild, LCD šild, NFC/RFID šild, kamera šild itd [3].

U ovom radu predlažemo jedan jednostavni i jeftini šild koji Arduino UNO razvojnoj ploči pridodaje PLC funkcionalnost i omogućuje njenu primjenu u industrijskom okruženju.

PLC je osnovna komponenta u oblasti industrijske automatizacije [4]. Ipak, industrijske aplikacije realizovane upotrebom PLC-a su i dalje veoma skupe, kako za kupovinu, tako i za održavanje. Većoj cijeni doprinosi i potreba za veoma specifičnim vještinama, koje se zahtijevaju od softverskih dizajnera i koje su usko vezane za tip PLC opreme. Za praćenje procesa, često je potrebno pribaviti skupe hardverske komponente i skupe softverske razvojne alate.

S druge strane, Arduino UNO je vrsta univerzalnog programabilnog kontrolera. Iako u osnovi predstavlja samo "jezgro" i predviđen je za opštu namjenu, sa malo dodatnog hardvera može postati nešto veoma slično PLC-u. U dodatni hardver prvenstveno se ubrajaju interfejsi sposobni da transformišu signale industrijskih senzora u signale nisko-naponske logike. U dodatni hardver spadaju i interfejsi koji su u mogućnosti da transformišu izlazne signale nisko-naponske logike u industrijske upravljačke signale za kontrolu aktuatora.

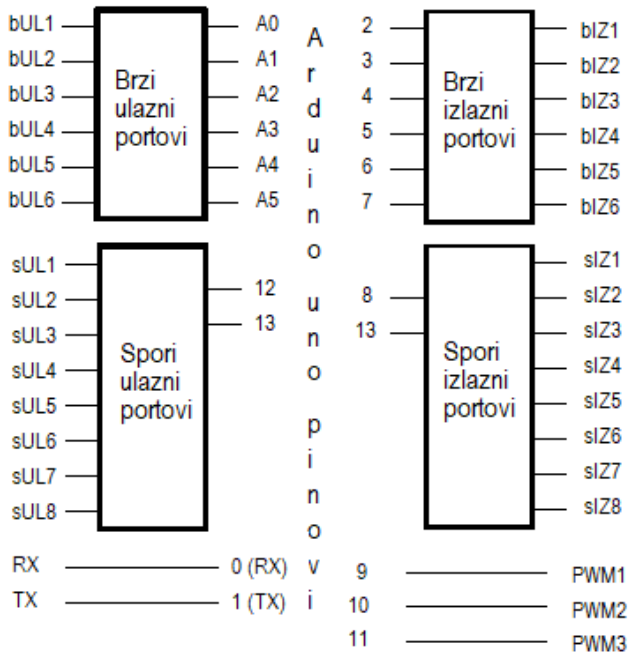
Predloženi PLC šild je jednostavan i jeftin za realizaciju. Obezbeđuje interfejse za prilagođenje ulaznih i izlaznih portova industrijskim standardima i povećava broj raspoloživih ulazno izlaznih portova. Detaljniji opis šilda dat je u nastavku rada.

### 2. OPIS PLC ŠILDA

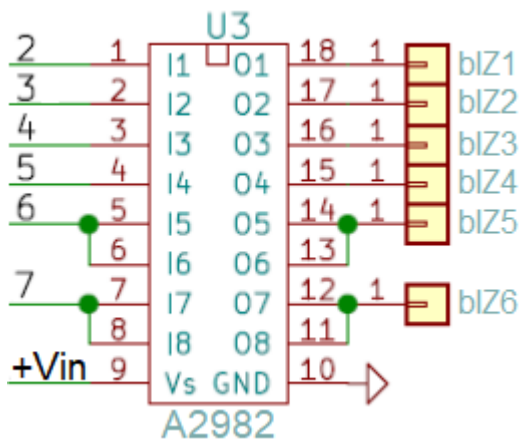
Blok šema PLC šilda prikazana je na slici 1. Iz blok šeme se može uočiti da PLC šild obezbjeđuje 14 izlaznih i 14 ulaznih digitalnih portova.

Izlazni portovi šilda su u stanju da pogone opterećenja koja zahtijevaju značajno veće napone i struje, nego što to mogu direktno da obzabijede pinovi Arduino uno razvojne ploče. Od 14 izlaznih portova 6 je tzv. "brzi" i 8 je tzv. "sporih" izlaznih portova.

Električno šema dijela PLC šilda za realizaciju 6 "brzi" izlaznih portova, prikazana je na slici 2. Brzi portovi su dobijeni direktnim spajanjem Arduino uno pinova 2 do 7 na ulaze, I1 do I8, integrisanog kola A2982 [5]. A2982 predstavlja interfejs za povezivanje logike nisko naponskog nivoa i većih strujnih opterećenja, poput relea, solenoide, ventila, lampi, LED, koračnih i servo motora, itd. Kolo se sastoji iz 8 kanala izvornih pogona koji su u mogućnosti potrošaču obezbijediti napon napajanja do oko 50V i struju do 500mA (slika 3 i slika 4). U cilju povećanja strujnog kapaciteta, u slučaju BIZ5 i BIZ6 izlaza, po dva izvorna pogona su vezana u paralelu.



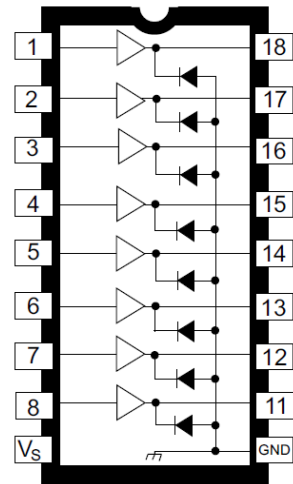
Slika 1. Blok šema PLC šilda.



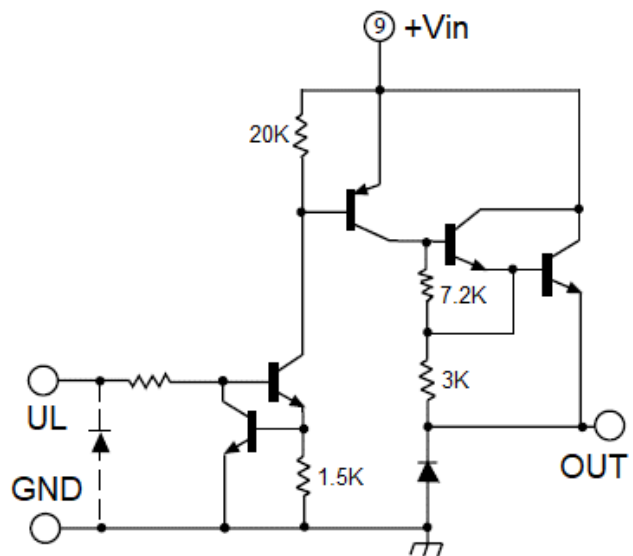
Slika 2. Električna šema dijela PLC šilda za realizaciju 6 "brzih" izlaznih portova.

Svaki izvorni pogon kola A2982 sadrži otpornik za ograničenje ulazne struje, kao i zamajnu diodu. Izlaz izvornog pogona se pobuđuje visokim naponskim nivoom na ulazu (slika 3 i slika 4).

Električna šema dijela PLC šilda za realizaciju 8 "sporih" izlaznih portova prikazana je na slici 5. U šemi sa slike 5, osim kola A2982 postoji i integrirano kolo 74HC164. 74HC164 je osmobitni pomjerački registar, ivicom-trigerovan, sa serijskim ulazom i paralelnim izlazom [6] (slika 6). Svaki bit registra je povezan sa posebnim izlazom kola. Podaci se upisuju serijski kroz jedan od dva ulaza (A ili B). Ulazi mogu biti povezani zajedno, kao na slici 5, ili neupotrijebljeni ulaz mora biti povezan na visoki naponski nivo.



Slika 3. Unutrašnjost A2982 kola [5].

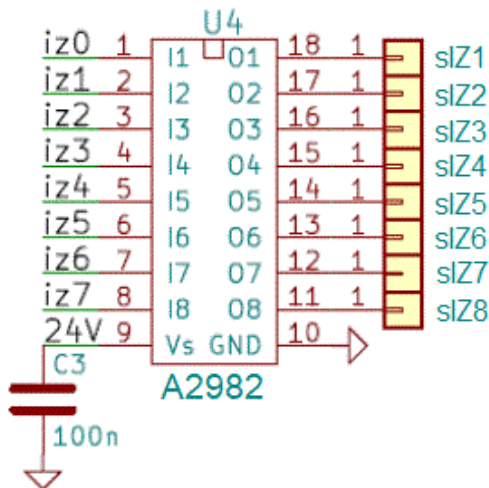
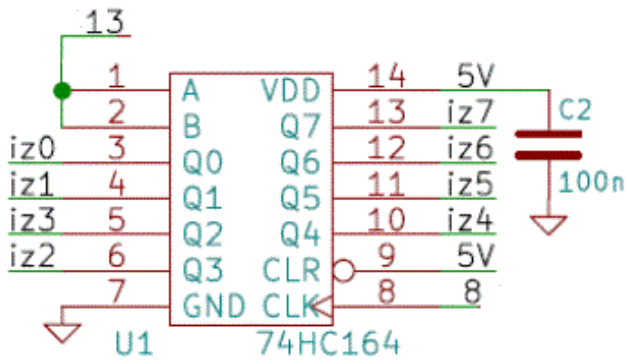


Slika 4. Električna šema jednog izvornog pogona [5].

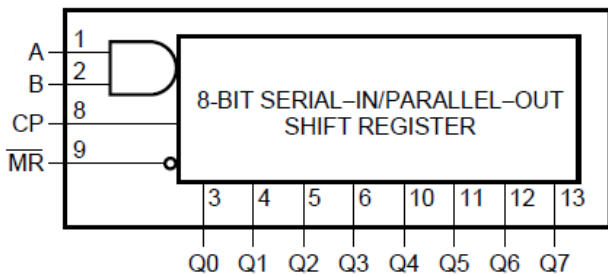
Zahvaljujući primjeni 74HC164 pomjeračkog registra dobijeno je 8 izlaznih portova uz upotrebu samo 2 pina Arduino razvojne ploče. Na ovaj način na šildu je dobijen veći broj izlaznih portova nego što je angažovano Arduino pinova. Izlazni portovi se nazivaju "spori", jer da bi se postavilo njihovo stanje, moraju se upisati podaci u pomjerački registar, što zahtijeva određeno vrijeme. Ovoga nema kod 6 izlaznih portova sa slike 2, te se oni stoga nazivaju "brzim". U nekim primjenama umjesto 74HC164, bolje je upotrijebiti 74HC595 (sa izlaznim registrom).

Slično kao u slučaju izlaznih PLC portova i ulazni PLC portovi su podijeljeni na tzv. 6 "brzih" i 8 tzv. "sporih" ulaznih portova.

Električna šema dijela PLC šilda za realizaciju 6 "brzih" ulaznih portova, prikazana je na slici 7. "Brzi" portovi realizovani su tako što su ulazni signali (+24V/0V), preko razjelnika napona, dovedeni direktno na Arduino pinove. Za slučaj potrebe vrijednosti otpornika u razdjelnicima mogu se prilagoditi drugačijim naponskim nivoima ulaznog signala.

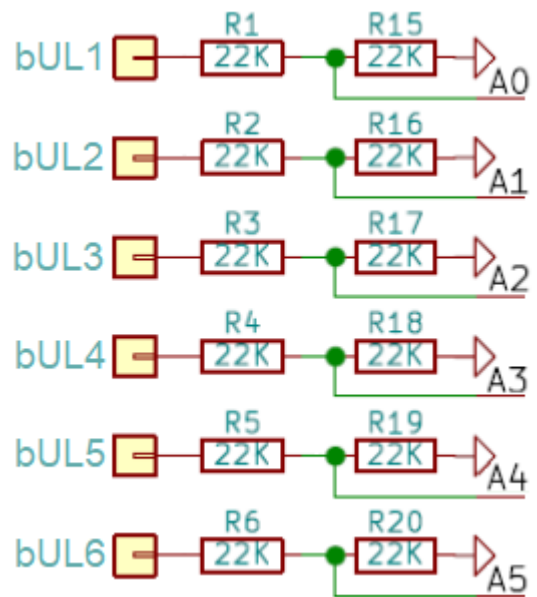


Slika 5. Električna šema dijela PLC šilda-a za realizaciju 8 "sporih" izlaznih portova.

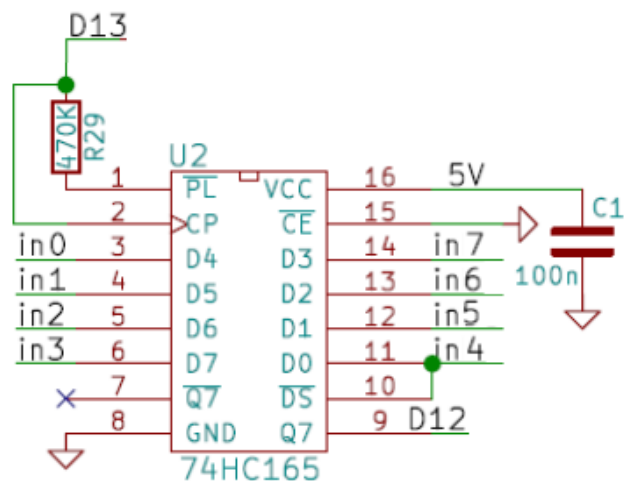
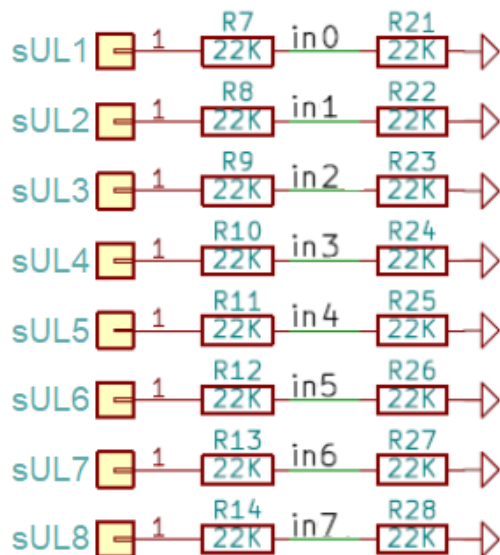


Slika 6. Funkcionalni dijagram 74HC164 kola [6].

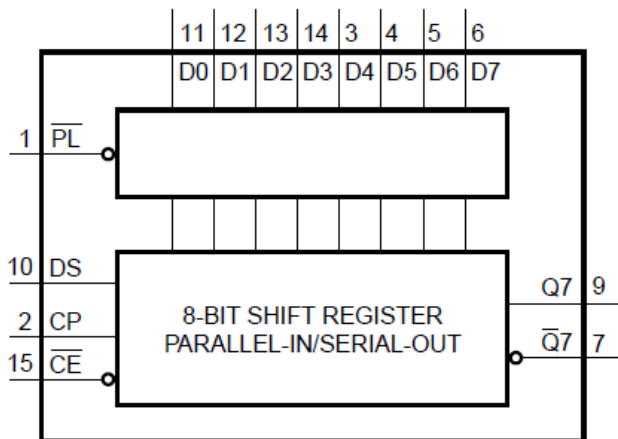
Električna šema dijela PLC šilda za realizaciju 8 "sporih" ulaznih portova prikazana je na slici 8. U šemi sa slike 7, osim mreže razdjelnika napona, postoji i integrisano kolo 74HC165 [7]. 74HC165 je osmobitni pomjerački registar sa komplementarnim seriskim izlazima (Q7 i /Q7). Upisivanje podataka u registar može se obaviti paralelno i serijski, dok se očitavanje podataka iz registra može obaviti jedino serijski (slika 9). Kada je PL (parallel load) ulaz na niskom naponskom nivou, podaci sa D0 do D7 asinhrono se upisuju se u registar. Kada je PL ulaz na visokom naponakom nivou, podaci ulaze u registar serijski preko Ds ulaza i pomjeraju se za jedno mjesto udesno (Q0 → Q1→Q2, itd.) sa svakom rastućom ivicom u CP signalu. Ovom prilikom preko izlaza Q7 moguće je očitati podatke iz registra.



Slika 7. Električna šema dijela PLC šilda za realizaciju 6 "brzih" ulaznih portova.



Slika 8. Električna šema dijela PLC šilda-a za realizaciju 8 "sporih" ulaznih portova.



Slika 9. Funkcionalni dijagram 74HC165 kola [7].

Zahvaljujući upotrebi 74HC165 pomjeračkog registra dobijeno je 8 ulaznih portova uz angažovanje samo 2 pina Arduino razvojne ploče. Na ovaj način omogućeno je dobijanje većeg broja ulaznih portova šilda, nego što je u tu svrhu upotrijebljeno Arduino pinova. Štoviše, Arduino pin 13 je korišten za rad kako sa "sporim" izlaznim tako i "sporim" ulaznim portovima, što je ukupan broj upotrijebljenih Arduino pinova dodatno umanjilo za jedan. Ulazni portovi se nazivaju "spori", jer da bi se očitao njihovo stanje, mora se serijskim putem preuzeti sadržina 74HC165 pomjeračkog registara, što zahtijeva određeno vrijeme. Ovoga nema kod 6 ulaznih portova sa slike 6, te se oni stoga nazivaju "brzim".

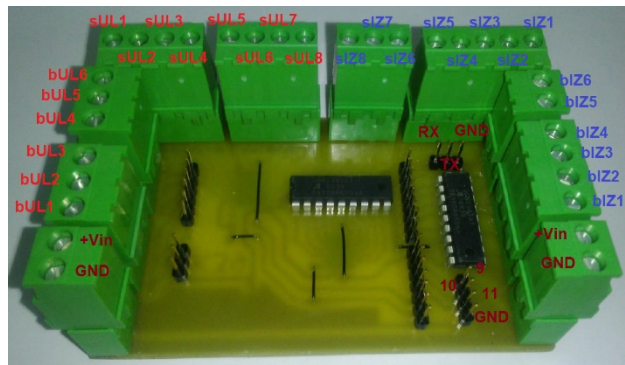
Na početku je istaknuto da je ovako realizovan PLC jeftin. To je postignuto korišćenjem jeftinih komponenti (74HC164 i 74HC165 se mogu nabaviti za manje od 0.2EUR/kom) i jednoslojne štampane ploče od nekoliko EUR. S druge strane, dobilo se značajno povećanje broja portova. U praksi se najčešće koriste PLC-ovi upravo ovog kapaciteta (sa ovim brojem portova). Postojanje "sporih" izlaznih portova ne ograničava značajno primjenu ovakvog PLC-a jer se, opet, u praksi pretežno pogone spori izvršni organi (signalizacije, releji, ventili, itd.). "Spori" ulazni portovi, sa 16 $\mu$ s vremenom očitavanja, takođe ne predstavljaju značajno ograničenje, imajući u vidu da se ciklus odabiranja obično kreće od 1ms do 10ms.

Realizovani PLC šild prikazan je na slikama 10 i 11. Na slici 10 prikazana je prednja strana realizovanog šilda, sa naznakom što koji priključak predstavlja. Na slici 11 prikazan je izgled šilda sa strane štampe.

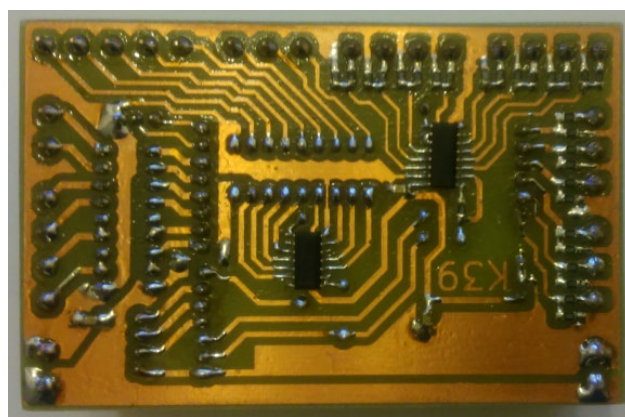
### 3. ZAKLJUČAK

U radu je predstavljen jednostavni i jeftini, Arduino UNO PLC šild. Detaljnije je opisana struktura šilda, kao i način realizacije "brzih" i "sporih" ulaznih i izlaznih portova. Naglašeno je da je uvođenjem tzv. "sporih" portova, broj portova šilda znatno nadišao broj, u tu svrhu angažovanih, pinova Arduino UNO razvojne ploče. Štoviše, komunikacioni (RX i TX) pinovi su ostali slobodni, što je ostavilo mogućnost povezivanja Arduino uređaja u sistem. Nekoliko slobodnih PWM portova mogu pogoniti

dodatne L298 H mostove za upravljanje DC motorima, koračnim motorima i slično.



Slika 10. Izgled prednje strane realizovanog PLC šilda, sa naznakom što koji priključak predstavlja.



Slika 11. Izgled PLC šilda sa strane štampe.

### LITERATURA

- [1] Hughes, J. M., Arduino: A Thechical Reference, O'Reilly Media, United States, 2016.
- [2] Monk S., Programming Arduino: Getting Started with Sketches, Second Edition, McGraw-Hill, New York, 2016.
- [3] Monk S., The TAB Book of Arduino Projects: 36 Things to Make with Shields and Proto Shields, McGraw-Hill, New York, 2015.
- [4] Petrizella F. D., Programmable Logic Controllers, McGraw-Hill, New York, 2016.
- [5] Banks, J. and S. J. Carson, Discrete-Event System Simulation, Prentice-Hall, New Jersey, 1984.
- [6] [https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/Allegro%20PDFs/2981\\_2982\\_Rev2012.pdf](https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/Allegro%20PDFs/2981_2982_Rev2012.pdf)
- [7] [https://assets.nexperia.com/documents/data-sheet/74HC\\_HCT164.pdf](https://assets.nexperia.com/documents/data-sheet/74HC_HCT164.pdf)
- [8] [https://assets.nexperia.com/documents/data-sheet/74HC\\_HCT165.pdf](https://assets.nexperia.com/documents/data-sheet/74HC_HCT165.pdf)

# ANALIZA ITERACIJA NEH HEURISTIKE ZA PROBLEM REDOSLEDA DELOVA U LINIJI

## AN ANALYSIS OF NEH HEURISTICS ITERATIONS FOR THE PERMUTATION FLOWSHOP PROBLEM

Miloš Danilović, Oliver Ilić  
Fakultet organizacionih nauka u Beogradu

**Sadržaj** – Problem redosleda delova u liniji, u literaturi poznat kao flowshop problem, je jedan od najčešće proučavanih problema u teoriji raspoređivanja i planiranja. Čuvena NEH konstruktivna heuristika za rešavanje ovog problema, zahvaljujući svojoj efikasnosti, jednostavnosti i kvalitetnim rezultatima, predstavlja polaznu tačku svih najboljih do sada objavljenih heuristika iz ove oblasti. U ovom radu je izvršena analiza iteracija NEH heuristike sa ciljem definisanja postupaka za njeno poboljšanje. Korišćen je novi postupak za enumeraciju permutacija koji ima strogu korelaciju sa iteracijama NEH heuristike. Na taj način je omogućeno da se definiše postupak koji, na osnovu date permutacije, jednoznačno određuje sve korake NEH heuristike kojima se od početne permutacije, dobja posmatrana permutacija. Ovo dalje, jednoznačno definiše sve korake NEH heuristike u kojima je napravljen pogrešan izbor u odnosu na optimalan pravac formiranja permutacije. Ovako dobijeni rezultati su dragoceni za buduća istraživanja u pravcu formiranja novih algoritama za posmatrani problem.

**Abstract** – The flowshop problem is one of the most frequently studied problem in the theory of scheduling and planning. The famous NEH constructive heuristics for solving this problem, thanks to its efficiency, simplicity and quality results, is the starting point for all published heuristics in this field. In this paper an analysis of NEH heuristics iterations was performed in order to define procedures for its improvement. A new procedure for the enumeration of permutations is used, which has a strict correlation with the iterations of NEH heuristics. In this way, it is possible to define a procedure that, based on the given permutation, uniquely determines all the steps of NEH heuristics, which produce the observed permutation from the initial permutation. This further, uniquely defines all NEH steps in which the wrong choice of the optimal direction of permutation formation has been made. The results thus obtained are valuable for future research towards the formation of new algorithms for the observed problem.

### 1. UVOD

Problem redosleda delova u liniji, može da se formuliše na sledeći način [1]: svaki od  $n$  delova iz skupa  $j = \{1, 2, \dots, n\}$  je raspoloživ u početnom nultom trenutku i treba da bude obrađen na  $m$  mašina  $M_1, M_2, \dots, M_m$  po tom redosledu. Ni jedna mašina ne može da obrađuje više od

jednog dela istovremeno, ni jedan deo ne može da se istovremeno obrađuje na više od jedne mašine, kada započne da se obrađuje, deo se kompletira bez prekidanja (*no-preemption*), sva pripremna vremena su uključena u vreme obrade dela i nema ograničenja skladištenja između mašina. Problem, koji se najčešće označava kao  $F|prmu|C_{max}$  je određivanje redosleda delova koji treba da se obavi na svakoj mašini, tako da *makespan*,  $C_{max}$ , odnosno vreme završetka obrade poslednjeg dela na  $M_m$  bude minimalno. Ukoliko je  $m$  fiksirano, odgovarajući problem se označava sa  $Fm|prmu|C_{max}$ . Permutaciona (*prmu*) verzija flowshop problema, PFSP (*Permutation Flow Shop Problem*), podrazumeva da je na svakoj mašini usvojen isti redosled delova.

Ključni prodor u naporima za rešavanje PFSP je napravljen objavljivanjem NEH konstruktivne heuristike od autora Nawaz, Enscore i Ham [2], koja je opšte prihvaćena kao najbolja heuristika za rešavanje  $F|prmu|C_{max}$  ([3], [4] i [5]). Skoro sve poznate metaheuristike kao što su metode lokalne pretrage [6], grananja i ograničavanja, simuliranog kaljenja, tabu pretrage, genetskih algoritama, sistema mravljih kolonija, *particle swarm* optimizacije i druge, koriste i NEH heuristiku za dobijanje početnog rešenja.

U fazi inicijalizacije NEH određuje prioritetni redosled uređenjem delova prema nerastućim vrednostima njihovih ukupnih vremena obrade na svim mašinama. U fazi umetanja, prvi neraspoređeni deo se umeće na najbolju poziciju trenutno uređenih delova. Izbor najbolje pozicije na koju se umeće neraspoređeni deo je najosetljiviji deo postupka. Kada se ovaj deo umetne na određenu poziciju, međusobni redosled do tada raspoređenih delova ostaje nepromenjen do kraja postupka. Očigledno poboljšanje NEH heuristike podrazumeva paralelno praćenje više permutacija trenutno raspoređenih delova. U radovima [7], [8], [9], [10] i [11] je predložen, primenjen i analiziran generalizovani konstruktivni algoritam GCA, koji uvodi paralelno praćenje više sekvenci u iteracijama konstruktivnog algoritma. U ovim radovima je dokazano da ovaj pristup otvara različite pravce unapređenja NEH algoritma.

U ovom radu je sprovedena analiza iteracija u NEH algoritmu sa ciljem da se uoče trenuci umetanja na pogrešne pozicije. Ovo je omogućeno korišćenjem novog postupka za enumeraciju permutacija. Ova enumeracija direktno preslikava iteracije NEH algoritma na oznake

permutacija. Na primeru *Tailard*-ove test instance ta-002 je prikazan postupak definisanja pogrešnih umetanja, poređenjem sa oznakama optimalnog redosleda za ovu instancu. Na osnovu ovog rezultata su jednoznačno definisani argumenti GCA kojima se dobija rešenje jednako optimalnom rešenju.

Rad je organizovan na sledeći način. U delu 2 su date definicije problema i definicija GCA. Postupak za generisanje permutacija analogan koracima u NEH algoritmu je predstavljen u delu 3. U delu 4 je opisan novi postupak za enumeraciju permutacija i njegova veza sa postupkom za generisanje permutacija. Postupak za analizu strukture iteracija NEH algoritma na primeru instance ta-002 je prikazan u delu 5. Na osnovu ove analize je definisan GCA postupak kojim se dobija optimalno rešenje za instancu ta-002. Zaključna razmatranja su data u delu 6 ovog rada.

## 2. DEFINICIJE POJMOVA

Za dati niz delova  $\pi := (\pi(1), \dots, \pi(n))$ , neka  $P_{i, \pi(j)}$  označava vreme obrade  $\pi(j)$ -tog dela na  $i$ -toj mašini,  $i = 1, \dots, m$ ;  $j \in \{1, \dots, n\}$ , i neka  $C(i, \pi(j))$  označava vreme, proteklo od početnog trenutka  $t = 0$  do završetka  $\pi(j)$ -tog dela na  $i$ -toj mašini. Ova notifikacija može da se, u slučajevima koji ne stvaraju zabunu, skрати na  $P_{i, j}$  i  $C(i, j)$ . Odgovarajuće  $m \times n$  matrice su ulazna matrica  $P = \|P_{i, j}\|$  i *makespan* matrica za dato  $\pi$ ,  $C[\pi] = \|C(i, \pi(j))\| \xrightarrow{\text{скраћено}} C = \|C_{i, j}\|$ . *Makespan* je tada  $C_{\max}[\pi] = C_{m, \pi(n)}$ .

U daljem tekstu termin **skup** se koristi za neuređeni skup čiji su elementi predstavljeni unutar velikih zagrada, dok se termin **sekvencа** odnosi na uređene skupove čiji su elementi predstavljeni unutar malih zagrada. Prema tome,  $S^m = (1, 2, \dots, m)$  označava sekvencu prvih  $m$  pozitivnih prirodnih brojeva u rastućem redosledu, dok  $A^m = \{a_1, \dots, a_m\}$  označava skup od  $m$  različitih pozitivnih prirodnih brojeva. Neka je:

- $\mathcal{T}$  je proizvoljna permutacija različitih, pozitivnih prirodnih brojeva;
- $\Pi(A^m)$  je sekvencа svih permutacija elemenata iz  $A^m$ . Ova definicija podrazumeva da je početno uređenje elemenata iz  $A^m$  poznato. Međusobno uređenje permutacija unutar  $\Pi(A^m)$  zavisi od primenjenog načina generisanja permutacija;
- $\pi_{A^m}^m$  je proizvoljna permutacija iz  $\Pi(A^m)$ . Slovo  $m$  iz superskripta se odnosi na dužinu permutacije  $\mathcal{T}$  dok subskript  $A^m$  označava da je  $\mathcal{T}$  generička permutacija od  $A^m$ . Kako je slovo  $m$  u ovoj oznaci redundantno, oznaka može da se piše u skraćenom obliku  $\pi_{A^m}^m = \pi_A^m$  kad god ovo skraćenje ne prouzrokuje konfuziju;

- $\pi_A^{m, i}$  je  $i$ -ta permutacija iz  $\Pi(A^m)$ ,  $i = 1, \dots, m!$ ;
- $\pi_A^m(j)$  je prirodni broj na  $j$ -toj poziciji u  $\pi_A^m$ ;
- $\rho^k[\pi]$  je proizvoljna pod-sekvencа od  $\mathcal{T}$  sa  $k$  elemenata. Važno je da se napomene da je uređenje elemenata u  $\rho^k[\pi]$  isto kao i u  $\mathcal{T}$ ;
- $\rho^k[\pi](j)$  je prirodan broj na  $j$ -toj poziciji u  $\rho^k[\pi]$ ;
- $\text{ext}^k[\pi]$  je pod-sekvencа od  $\mathcal{T}$ , dobijena kada se svi elementi veći od  $k$  uklone iz  $\mathcal{T}$  (npr.  $\text{ext}^4[(3, 7, 2, 8, 4, 9, 1, 6, 5)] = (3, 2, 4, 1)$ ).

Ukoliko je u prethodnim oznakama slovo  $A$  izostavljeno, permutacije se odnose na  $S$ , tako da skraćena oznaka postaje, npr.  $\Pi^m = \Pi(S^m)$ ;  $\pi^m = \pi_S^m$ .

*Definicija 1: Indeks* od  $k$  u  $\mathcal{T}$ ,  $\text{indx}(\mathcal{T}, k)$ , je pozicija broja  $k$  u  $\mathcal{T}$  ( $\text{indx}((5, 1, 3, 7, 2), 7) = 4$ ).

*Definicija 2: Kompozicija permutacija*  $\pi_A^a$  i  $\pi^m$  je  $\pi_A^a \circ \pi^m$ , pri čemu je:

$$\pi_A^a \circ \pi^m = (\pi_A^a(\pi^m(1)), \dots, \pi_A^a(\pi^m(m))), \quad a \geq m$$

Na primer,  $\pi_A^5 = (7, 1, 5, 2, 3)$ ,  $\pi^3 = (2, 3, 1)$ ,  $\pi_A^5 \circ \pi^3 = (1, 5, 7)$ .

*Definicija 3: Indeksna kompozicija permutacija*  $\pi^{m, 1}$  i  $\pi^{m, 2}$  je  $\pi^{m, 1} \bullet \pi^{m, 2}$ , pri čemu je:

$$\pi^{m, 1} \bullet \pi^{m, 2} = (\text{indx}(\pi^{m, 2}, \pi^{m, 1}(1)), \dots, \text{indx}(\pi^{m, 2}, \pi^{m, 1}(m)))$$

Na primer,  $\pi^{5, 1} = (4, 1, 5, 2, 3)$ ,  $\pi^{5, 2} = (2, 3, 1, 5, 4)$ ,

$$\pi^{5, 1} \bullet \pi^{5, 2} = (5, 3, 4, 1, 2).$$

*Definicija 4: k-particija* skupa  $A^m$ ,

$$PRT^k(A^m) = (PRT_1^{m_1}(A^m), \dots, PRT_k^{m_k}(A^m)) = (A_1^{m_1}, \dots, A_k^{m_k})$$

je sekvencа od  $k$  nepraznih podskupova,  $A_i^{m_i}$ , od  $A^m$  takvih da je svaki element od  $A^m$  u jednom i samo jednom od tih podskupova (tj.  $A^m$  je disjunktna unija tih podskupova). Definicija važi i u slučajevima kada je bilo koji od skupova  $A^m, PRT_1^{m_1}(A^m), \dots, PRT_k^{m_k}(A^m)$  sekvencа.

*Definicija 5:*  $\rho_1$  i  $\rho_2$  su **disjunktne** sekvence ukoliko nemaju zajedničkih elemenata.

*Definicija 6: Konkatenacija disjunktних sekvenci*

$\rho_1^{a_1}, \dots, \rho_k^{a_k}$  je sekvencа  $(\rho_1^{a_1}, \dots, \rho_k^{a_k})$ , dobijena dodavanjem svake od sekvenci, jedne za drugom.

**Definicija 7: Potez umetanja**  $v(j, l)$  umeće prirodan

broj  $j$  na poziciju  $l$  sekvence  $\rho^k$ , gde je  $j \notin \rho^k; l \leq k+1$ . Neka  $\mathbf{ins}(\rho^k, j, l)$  označava rezultujuću sekvencu od  $(k+1)$  elemenata. Prema tome, potez  $v(j, l)$  formira sekvencu  $\rho^{k+1}$  iz  $\rho^k$  na sledeći način:

$$\rho^k \xrightarrow{v(j,l)} \mathbf{ins}(\rho^k, j, l) = \rho^{k+1} = (\rho^k(1), \dots, \rho^k(l-1), j, \rho^k(l), \dots, \rho^k(k)).$$

Konstruktivne tehnike grade rešenje korak po korak, proveravajući dopustivost rešenja i vrednost ciljne funkcije. U svakom koraku se jedan novi objekat umeće u trenutno parcijalno rešenje, te se u literaturi ovakve heuristike često nazivaju i **heuristike umetanja** (*insertion based constructive heuristics*). Ove heuristike se, po pravilu, sastoje iz **faze inicijalizacije** i ciklusa u **fazi umetanja**. U fazi inicijalizacije, funkcija selekcije  $f_1(PR^n)$  određuje prirodan broj  $e_1$  iz  $S^n$ , koji će biti pridodat parcijalnom rešenju  $x$ . Faza umetanja ima  $n-1$  iteraciju, tako da je, na početku  $k$ -te iteracije,  $S^n$  podeljen na dva podskupa:

$$PRT^2(S^n) = (PRT_1^k(S^n), PRT_2^{n-k}(S^n)) = (A_1^k, A_2^{n-k})$$

U svakoj  $k$ -toj iteraciji faze umetanja sprovode se dva tipa selekcije: selekcija  $f_2(PR^n, k, A_2^{n-k})$  broja  $e_{k+1}$  iz

$A_2^{n-k}$  koji se uklanja iz  $A_2^{n-k}$  i selekcija  $f_3(PR^n, k, e_{k+1}, \rho^k[A_1^k])$  pozicije  $l$  u  $\rho^k[A_1^k]$  na koju će  $e_{k+1}$  biti umetnut. Sprovedeno umetanje jednoznačno određuje uređenje brojeva u  $\rho^{k+1}[A_1^{k+1}]$ .

Jednoznačni zaključak je da funkcije selekcije  $f_1, f_2$  i  $f_3$  jednoznačno definišu prototip konstruktivnih heuristika. Razlike između algoritama potiču samo od različitih definicija funkcija. U većini objavljenih radova, svaka od ovih funkcija vraća prirodan broj, pri čemu  $f_1$  i  $f_2$  ovaj broj dobijaju slučajnim izborom. Funkcijski algoritam, GCA, [7], može da se definiše kao funkcija:

$$x \leftarrow GCA(PR^n, F, C, g, f_1, f_2, f_3).$$

U nekim heuristikama  $f_1$  određuje početnu permutaciju  $\pi^n$  od  $S^n$ , označenu kao **prioritetno uređenje**, i vraća prvi element od  $\pi^n$ . U tim heuristikama, u  $k$ -toj iteraciji,  $f_2$  vraća  $\pi^n(k+1)$ . U cilju jednostavnosti izlaganja, u daljem tekstu će se usvojiti ovi oblici funkcija  $f_1$  i  $f_2$ :

$$\pi^n(1) \leftarrow f_1(PR^n) \text{ i } \pi^n(k+1) \leftarrow f_2(PR^n, k, A_2^{n-k}).$$

Ove pretpostavke ne umanjuju opštost GCA, pošto bilo koji drugi metod selekcije broja  $e_k$  može jednostavno da se konvertuje u ovaj tip GCA formulacije. S druge strane, uvedene pretpostavke omogućuju da se početno  $\pi^n$  zameni sa  $S^n$ . Konkretno, proizvoljna permutacija  $\pi^n$  može da se preslika na  $S^n$  preko:

$$S^n = (\mathbf{indx}(\pi^n, \pi^n(1)), \dots, \mathbf{indx}(\pi^n, \pi^n(n))).$$

Prema ovome, umesto operacija nad elementima sekvence, operiše se sa pozicijama tih elemenata u sekvenci. Bilo koja permutacija  $\pi^n$  elemenata iz  $\pi^n$

se jednoznačno preslikava na permutaciju  $\pi^n \bullet \pi^n$  elemenata iz  $S^n$ . Na primer, za  $\pi^5 = (3, 1, 4, 5, 2)$  i  $\pi^5 = (2, 4, 1, 3, 5)$ , preslikana permutacija iz  $S^n$  je:

$$\pi^5 \bullet \pi^5 = (\mathbf{indx}(\pi^5, 2), \mathbf{indx}(\pi^5, 4), \mathbf{indx}(\pi^5, 1), \mathbf{indx}(\pi^5, 3), \mathbf{indx}(\pi^5, 5)) = (5, 3, 2, 1, 4).$$

Predložene pretpostavke pojednostavljuju particiju skupa  $S^n$  na:

$$PRT^2(S^n) = (\pi^k, (k+1, \dots, n)),$$

i preciziraju da je  $e_k = k$ . Na taj način  $\pi^n$  i  $f_3$  jednoznačno definišu GCA. Ovo omogućuje da se formalizacija GCA predstavi kroz formalizaciju funkcije

$f_3$ . Drugim rečima, prototip konstruktivne heuristike je predstavljen kroz formalizaciju funkcije  $f_3$ . U opštem slučaju, za dati problem  $P = (F, C, g)$ , GCA određuje, prema izrazu (1), rešenje  $x$  za instancu  $PR^n$ , tj.

$$x \leftarrow GCA(PR^n, P, f_1, f_2, f_3).$$

### 3. GENERATOR PERMUTACIJA - PERMGEN

Glavna prepreka za praktičnu implementaciju heuristika kombinatorne optimizacije je ogromna kardinalnost dopustivog skupa, koja komplikuje prebrojavanje i uređenje elemenata iz ovog skupa. Jedan način za predstavljanje permutacija od  $n$  elemenata je preko celog broja  $N$ , gde je  $0 \leq N < n!$ , koji je u praktičnim primenama moguć kada je  $n$  dovoljno malo da  $N$  može da se upiše u mašinsku reč; za 32-bitne reči  $n \leq 12$ , a za 64-bitne reči  $n \leq 20$ . Jasno je da je ovaj tip prebrojavanja permutacija beskoristan u opštem slučaju.

Enumeracija permutacija treba da zadovolji uslov da uređenje oznaka u enumeraciji odgovara uređenju samih permutacija. Ovo podrazumeva da je definisano uređenje permutacija u skupu svih permutacija. Kako je leksikografski način uređenja permutacija nepodesan za definisanje algoritama za uređenje permutacija, istraživanja su usmerena ka definisanju nekog novog načina za generisanje permutacija kojim bi se omogućila jednostavnija enumeracija permutacija. Ovo je od velikog značaja za samo kodiranje svih algoritama u kojima postoje zahtevi za rad sa permutacijama. Naime, takva enumeracija bi omogućila da se program piše direktno za oznake permutacija što bi značajno popravilo efikasnost algoritma.

Ideja za generator permutacija je potekla baš od strukture konstruktivnih heuristika. Naime, konstruktivna heuristika nije ništa drugo nego algoritam koji na određeni način generiše permutacije, a zatim selektuje one, koje u iteraciji zadovoljavaju postavljene kriterijume.



Glavni deo je procedura PERMGEN( $Z^k, ord$ ), koja od datog niza permutacija  $Z^k = (z^{k,1}, \dots, z^{k,|Z^k|}) \subseteq \Pi^k$  generiše novi niz permutacija umetanjem broja  $k + 1$  redom na sve moguće pozicije u  $Z^k$ . Parametar  $ord$  definiše pravila umetanja: kada je  $ord = ASC$ , umetanje se vrši od pozicije 0 ka višim pozicijama, dok se za  $ord = DSC$  umetanje vrši od pozicije  $k + 1$  ka nižim pozicijama.

Kada je argument  $Z^k = \Pi^k$ , PERMGEN( $\Pi^k, ord$ ) generiše svih  $(k+1)!$  permutacija od  $\Pi^{k+1}$ . Niz  $\Pi^{k+1}$  se sastoji od  $k$  podskupova od  $k + 1$  permutacije, pri čemu  $i$ -ti podskup odgovara  $i$ -toj permutaciji u  $\Pi^k$ . Ovi podskupovi su na jedinstven način uređeni u  $\Pi^{k+1}$ , na osnovu uređenja odgovarajućih nizova u  $\Pi^k$ . Svaki od ovih podskupova se sastoji od  $k + 1$  permutacije kod koje je broj  $k + 1$  umetnut na jednu od  $k + 1$  moguće pozicije. Uređenje ovih permutacija je jednoznačno definisano, prema primenjenim  $ASC$  ili  $DSC$  pravilima umetanja. Prema tome, ukupan broj mogućih različitih permutacija je  $1!+2!+\dots+n!$ .

Neka je  $k = 4$  i  $Z^k = \{(1,3,2,4), (1,4,3,2)\}$ . Ciklus u fazi umetanja prolazi kroz svaku od dve sekvence u  $Z^k$ . Ciklus u koraku 5 umeće broj 5 redom na pozicije, i to ako je  $ord = ASC$ , na:  
 $(5,1,3,2,4), (1,5,3,2,4), (1,3,5,2,4), (1,3,2,5,4), (1,3,2,4,5)$   
za prvu sekvencu od  $Z^k$ , odnosno:  
 $(5,1,4,3,2), (1,5,4,3,2), (1,4,5,3,2), (1,4,3,5,2), (1,4,3,2,5)$   
za drugu sekvencu od  $Z^k$ . Ako je  $ord = DSC$ , 5 se umeće redom na pozicije:  
 $(1,3,2,4,5), (1,3,2,5,4), (1,3,5,2,4), (1,5,3,2,4), (5,1,3,2,4)$   
za prvu sekvencu od  $Z^k$ , odnosno:  
 $(1,4,3,2,5), (1,4,3,5,2), (1,4,5,3,2), (1,5,4,3,2), (5,1,4,3,2)$   
za drugu sekvencu od  $Z^k$ .

Opisani algoritam generiše dužine  $k + 1$ . Suština ovog generatora je da su u svim permutacijama od  $n$  elemenata, pri čemu je  $n$  proizvoljan broj veći od  $k$ , prvih  $k!$  permutacija iste i jednako uređene, sa jedinom razlikom da je permutacija od  $n$  elemenata dopunjena sekvencom  $(k + 1, \dots, n)$  iza svake od sekvenci dužine  $k$ . Ideja je da postupak PERMGEN2( $Z^k, ord, n$ ) generiše ovakav tip permutacija, dužine  $n$ , dopunjavanjem sekvenci dobijenih sa PERMGEN. Ako se ovo sprovede, može da se uoči da ovako dobijene sekvence od  $1!+2!+\dots+n!$  permutacije, moraju da sadrže određene permutacije koje se više puta ponavljaju. Jasno je da ovaj slučaj nastupa kada je  $\pi^{k+1,i}(k+1) = k+1$ . Znači, svi  $\pi^{k+1,i}$  kod kojih je  $\pi^{k+1,i}(k+1) = k+1$  moraju biti isključeni iz  $\Pi^{k+1}$ . Ovako redukovani  $\Pi^{k+1}$ , označen kao  $\bar{\Pi}^{k+1}$ , ima samo  $k \cdot k!$  permutacija. Tada se sekvenca  $(k+2, \dots, n)$  nadovezuje na svaku od sekvenci iz  $\bar{\Pi}^{k+1}$ , i dobijena sekvenca  $\bar{\Pi}^{k+1,n}$  ima  $k \cdot k!$  različitih permutacija dužine  $n$ . Ukupan broj različitih permutacija je tada:

$$1 + 1 \cdot 1! + \dots + (n-1)(n-1)! = (n-1)! + n(n-1)! - (n-1)! = n!$$

Ovo može biti ilustrovano primerom sa  $n = 7$ . U tom slučaju,  $\Pi^1 = (1)$ , i, dopisivanje brojeva redom do 7 daje  $(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)$ . Ukoliko se PERMGEN primeni na  $\Pi^1$  dobija se  $\Pi^2 = \{(2, 1), (1, 2)\}$ , i dopisivanje daje:  $(2, 1, 3, 4, 5, 6, 7)$  i  $(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)$ . Poslednji niz je već sadržan u dopunjenom  $\Pi^1$ , te mora biti isključen, pošto je  $\pi^{2,2}(2) = k = 2$ .

Opisani postupak predstavlja generator permutacija koji uspostavlja novi način uređenja permutacija kod kojih je glavna osobina da su prvih  $k!$  permutacija iste i jednako uređene, nezavisno od ukupne dužine permutacija. Drugim rečima, permutacija većeg broja elemenata sadrži kao početne permutacije sve permutacije manjeg broja elemenata, uvek uređene na isti način. Pokazaće se da je ovo veoma važna osobina za povezivanje enumeracije sa koracima konstruktivnih heuristika, kao i za efikasno kodiranje algoritama.

#### 4. ENUMERACIJA PERMUTACIJA

Definicije 8 i 9 određuju novi postupak za enumeraciju permutacija.

**Definicija 8 (označavanje permutacija):** Permutaciji  $\pi^n \in \Pi^n$  se pridružuje oznaka u formi niza pozitivnih celih brojeva dužine  $v$ ,

$L(\pi^n) = (a_1, a_2, \dots, a_k, \dots, a_v), v \leq n$  gde je  $a_1 = n$  i  $a_k = \text{indx}(\text{ext}^k[\pi^n], k), k = 2, \dots, v$ . Dužina  $v$  niza  $L(\pi^n)$  zadovoljava uslov  $\pi^n(v) \neq v$  i  $\pi^n(r) = r \mid v < r \leq n$ . U ovom radu,  $v$  se naziva dubina permutacije.

Na primer, oznaka permutacije:  $\pi^9 = 5, 3, 1, 4, 2, 6, 7, 8, 9$  je  $L(\pi^9) = 9, 2, 1, 3, 1$ .

Obrnuto, niz  $\pi^n$  se dobija od  $L(\pi^n)$  sprovođenjem sledećih koraka:

**Korak 1: Set**  $n = a_1, \rho^1(1) = 1, k = 1$ ;

**Korak 2: Until**  $k < v$  do:

$$\{k = k + 1, \rho^k = \text{ins}(\rho^{k-1}, k, a_k)\};$$

**Korak 3:**  $\pi^n = (\rho^v, (v + 1, \dots, n))$ .

Za prethodni primer,  $\pi^9$  se dobija iz  $L(\pi^9)$  kroz sledeće faze:  $(1), (1,2), (3,1,2), (3,1,4,2), (5,3,1,4,2), (5,3,1,4,2,6,7,8,9)$ . Može da se uoči da se  $\pi^9$  sastoji od dva niza, razdvojena indeksom  $v$ ; brojevi na pozicijama koje su veće od  $v$  su na istim pozicijama kao u  $S^9$ . Drugim rečima, pozicija  $v$  je najviša pozicija za koju je  $a_k < k$ .

**Definicija 9 (h-proširenje oznake):**

$L(\pi^n, h) = (a_1, a_2, \dots, a_v, v + 1, \dots, h)$  se dobija iz

$L(\pi^n)$  dodajući na kraj niza redom brojeve od  $v + 1$  do  $h$ .  
Za gornji primer,  $L(\pi^9, 7) = 9, 2, 1, 3, 1, 6, 7$ .

Predložena označavanja permutacija predstavljaju formalizaciju procedura PERMGENi PERMGEN2. Prema tome, kodiranje konstruktivnih heuristika može da se sprovede preko operacija na uvedenim oznakama. Ovo je značajna prednost za kodiranje postupka, jer se ni u jednom trenutku ne umeće broj u niz koji predstavlja oznaku, već se dodavanja isključivo vrše na kraju niza u oznaci.

Iz primera se vidi da predloženi postupak za označavanje permutacija omogućuje jednostavnu obradu permutacija. Veza između uređenja permutacija i enumeracije direktno implicira jednoznačno leksikografsko uređenje od  $L(\pi^n)$ . Prema tome,  $ASC(L(\pi^n))$  predstavlja formalizaciju za  $ASC$  pravilo umetanja, a  $DSC(L(\pi^n))$  predstavlja  $DSC$  pravilo umetanja. Na primer,  $ASC(L(\pi^9))$ : (9), (9,1), (9,1,1), (9,1,2), (9,2,1), (9,2,2), (9,1,1,1), (9,1,1,2), (9,1,1,3), (9,1,2,1),..., a za  $DSC(L(\pi^9))$ : (9), (9,1), (9,2,2), (9,2,1), (9,1,2), (9,1,1), (9,2,3,3), (9,2,3,2), (9,2,3,1), (9,2,2,3), i tako dalje.

## 5. ANALIZA STRUKTURE NEH ITERACIJA

Uvedene oznake i njihovo leksikografsko uređenje omogućuju precizno i jednostavno definisanje različitih postupaka umetanja u konstruktivnim heuristikama. Takođe, predložena enumeracija omogućuje jednostavno praćenje dubina selektovanih permutacija kroz iteracije algoritma. Na veoma jednostavan način može da se iz oznake permutacije utvrdi kako je permutacija bila formirana kroz iteracije. Ovo može da se pokaže na primeru optimalne permutacije, Tajlardove test instance  $ta_{21}$  [12]:

- $\pi^{20} = 13, 11, 2, 12, 9, 8, 20, 16, 14, 15, 10, 6, 17, 7, 1, 18, 4, 5, 3, 19$ ;
- $x = \pi_{opt}^{20} = 16, 18, 14, 7, 13, 8, 15, 9, 6, 20, 17, 12, 10, 11, 5, 1, 2, 4, 3, 19$ ;
- $\pi_{opt} \bullet \pi = \pi = 8, 16, 9, 14, 1, 6, 10, 5, 12, 7, 13, 4, 11, 2, 18, 15, 3, 17, 19, 20$ ;
- $L(\pi^{20}) = 20, 2, 3, 2, 2, 2, 4, 1, 2, 5, 9, 7, 9, 3, 14, 2, 17, 15$ .

Prioritetno uređenje za ovu instancu je  $\pi^{20}$ . Optimalna permutacija je  $x = \pi_{opt}^{20}$ . Primenjena je operacija  $\pi_{opt} \bullet \pi$  da bi se dobilo optimalno uređenje indeksa. Za ovu permutaciju, oznaka  $L(\pi^{20})$  ukazuju sledeće:

- potez umetanja je prvi put korišćen u četvrtoj iteraciji (oznake na pozicijama 2 i 3 su jednake svojim indeksima);
- u poslednje dve iteracije nije došlo do promene permutacije ( $L(\pi^{20})$  se sastoji od 18 od mogućih 20 elemenata);

- nije bilo promena u 17-toj iteraciji (17 je na poziciji 17);
- u većini iteracija su se dešavale značajne izmene u početnoj permutaciji  $\pi$  (brojevi u oznakama imaju u proseku male vrednosti).

Struktura NEH iteracija je analizirana na primeru prve instance ta-001 iz skupa 120 *Tailard*-ovih referentnih test instanci. Ova instanca je odabrana zbog malog broja delova sa ciljem jasnije prezentacije analize. Na Slici 1 je prikazan početni redosled delova po mašinama.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	54	83	15	71	77	36	53	38	27	87	76	91	14	29	12	77	32	87	68	94
2	79	3	11	99	56	70	99	60	5	56	3	61	73	75	47	14	21	86	5	77
3	16	89	49	15	89	45	60	23	57	64	7	1	63	41	63	47	26	75	77	40
4	66	58	31	68	78	91	13	59	43	85	85	9	39	41	56	40	54	77	51	31
5	58	56	20	85	53	35	53	41	69	13	86	72	8	49	47	87	58	18	68	28
6	273	289	126	338	363	277	278	221	207	305	257	234	197	235	225	265	191	343	269	270

Slika 1. *Tailard*-ova instanca ta-001

Žutom bojom je označena putanja koja određuje vrednost *makespan*-a, koji za ovaj redosled ima vrednost 1448. Sivom bojom su označeni zbrojevi kolona.

Na Slici 2 je prikazano uređenje po završetku prve faze NEH algoritma.

	5	18	4	10	2	7	6	1	20	19	16	11	14	12	15	8	9	13	17	3
1	77	87	71	87	83	53	36	54	94	68	77	76	29	91	12	38	27	14	32	15
2	56	86	99	56	3	99	70	79	77	5	14	3	75	61	47	60	5	73	21	11
3	89	75	15	64	89	60	45	16	40	77	47	7	41	1	63	23	57	63	26	49
4	78	77	68	85	58	13	91	66	31	51	40	85	41	9	56	59	49	39	54	31
5	53	18	85	13	56	53	35	58	28	68	87	86	49	72	47	41	69	8	58	20
6	353	343	338	305	289	278	277	273	270	269	265	257	235	234	225	221	207	197	191	126

Slika 2. Uređenje posle prve faze NEH algoritma

Redosled delova posle prve faze je reper na osnovu koga se analiziraju strukture NEH iteracija. Na Slici 3 je prikazan redosled po završetku NEH algoritma. Vrednost *makespan*-a je 1286.

	3	17	9	8	15	14	11	16	13	19	6	4	5	18	1	2	10	7	20	12
1	15	32	27	38	12	29	76	77	14	68	36	71	77	87	54	83	87	53	94	91
2	11	21	5	60	47	75	3	14	73	5	70	99	56	86	79	3	56	99	77	61
3	49	26	57	23	63	41	7	47	63	77	45	15	89	75	16	89	64	60	40	1
4	31	54	49	59	56	41	85	40	39	51	91	68	78	77	66	58	85	13	31	9
5	20	58	69	41	47	49	86	87	8	68	35	85	53	18	58	56	13	53	28	72
6	126	191	207	221	225	235	257	265	197	269	277	338	353	343	273	289	305	278	270	234

Slika 3. Uređenje posle primene NEH algoritma

Optimalna permutacija delova je prikazana na Slici 4. Vrednost ciljne funkcije je 1278.

	3	17	9	8	15	14	11	13	16	6	18	5	7	1	2	4	19	10	20	12
1	15	32	27	38	12	29	76	14	77	36	87	77	53	54	83	71	68	87	94	91
2	11	21	5	60	47	75	3	73	14	70	86	99	79	3	89	5	56	77	61	
3	49	26	57	23	63	41	7	63	47	45	75	89	60	16	89	15	77	64	40	1
4	31	54	49	59	56	41	85	39	40	91	77	78	13	66	58	68	51	85	31	9
5	20	58	69	41	47	49	86	8	87	35	18	53	53	58	56	85	68	13	28	72
6	126	191	207	221	225	235	257	197	265	277	343	353	278	273	289	338	269	305	270	234

Slika 4. Optimalna permutacija delova

Cilj istraživanja je da se odrede odgovarajuće oznake navedenih permutacija i analiziraju razlike u njihovoj strukturi:

**Pocetna permutacija:**

5 18 4 10 2 7 6 1 20 19 16 11 14 12 15 8 9 13 17 3

*Oznaka početnog niza:*

20 1 3 1 1 4 4 7 8 3 8 9 12 9 11 8 16 2 9 9

**Optimalna permutacija:**

3 17 9 8 15 14 11 13 16 6 18 5 7 1 2 4 19 10 20 12

*Indeksna kompozicija početne i optimalne permutacije:*

20 19 17 16 15 13 12 18 11 7 2 1 6 8 5 3 10 4 9 14

*Oznaka optimalne indeksne kompozicije:*

20 1 3 4 3 3 1 5 9 8 1 1 1 14 1 1 1 6 1 1

**NEH permutacija:**

3 17 9 8 15 14 11 16 13 19 6 4 5 18 1 2 10 7 20 12

*Indeksna kompozicija NEH i optimalne permutacije:*

20 19 17 16 15 13 12 11 18 10 7 3 1 2 8 5 4 6 9 14

*Oznaka NEH indeksne kompozicije:*

20 2 1 4 4 6 1 5 9 1 1 1 1 14 1 1 1 7 1 1

Sada jednostavno mogu da se uoče razlike u strukturi iteracija koje su dovele do formiranja NEH, odnosno optimalne permutacije. Iz oznaka NEH i optimalne permutacije se vidi da su razlike nastale u početnim iteracijama. Konkretno, već u prvoj iteraciji je drugi normalizovani deo umetnut kod optimalne permutacije na prvu, a kod NEH permutacije na drugu poziciju. U drugoj iteraciji je treći deo umetnut kod optimalne permutacije na treću, a kod NEH permutacije na prvu poziciju. Kada se poređenje nastavi dobija se precizan podatak o razlikama u strukturi iteracija ova dva postupka. Na konkretnom primeru se vidi jasan zaključak da je dovoljno pratiti samo prvih pet paralelnih sekvenci da bi se, primenom GCA dobio optimalni redosled delova po mašinama.

## 6. ZAKLJUČAK

U radu je opisan postupak analize struktura iteracija NEH heuristike na primeru *Tailard*-ove test instance. Na jednostavnom primeru je pokazano da novi način enumeracije permutacija definiše oznake permutacija koje omogućavaju da se jednostavno utvrdi kako se kroz iteracije izvršavalo umetanje delova u drugoj fazi NEH heuristike. Ovo ima veliki značaj za shvatanje pravog karaktera heuristika za rešavanje problema redosleda, a time i za definisanje postupaka za poboljšanje postojećih konstruktivnih heuristika.

Budući pravac istraživanja bi podrazumevao da se prikazana analiza sprovede na kompletnom skupu *Tailard*-ovih test instanci. Ove instance su važne za analizu jer predstavljaju skup opšte prihvaćenih, najtežih instanci za posmatrani problem. Rezultat ovakve analize bi definitivno pozicionirao NEH heuristiku u odnosu na heuristike poboljšanja za ovaj problem. Preciznije, odredila bi se mera koja bi uspostavila relaciju između generalizovane primene NEH algoritma, paralelnim praćenjem više sekvenci kroz iteracije i heuristika poboljšanja. U eri drastičnog unapređenja hardvera i

usavršavanja paralelnih algoritama, ovo bi bio značajan doprinos.

## LITERATURA

- [1] O. Ilić, Računarski integrisana proizvodnja, Beograd: Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, 2015.
- [2] M. Nawaz, E. Ensore Jr and I. Ham, "A heuristic algorithm for the m-machine, n-job flow-shop sequencing problem," *Omega-The International Journal of Management Science*, vol. 11, no. 1, p. 91–95, 1983.
- [3] V. Fernandez-Vigas and J. Framinan, "On insertion tie-breaking rules in heuristics for the permutation flowshop scheduling problem.," *Computers and Operations Research*, vol. 45, pp. 60-67, 2014.
- [4] P. Kalczynski and J. Kamburowski, "On the NEH heuristic for minimizing the makespan in permutation flowshops," *Omega-The International Journal of Management Science*, vol. 35, p. 53–60, 2007.
- [5] I. Ribas, R. Companys and X. Tort-Martorell, "Comparing three-step heuristics for the permutation flow shop problem," *Comput Oper Res*, vol. 37, no. 12, p. 2062–70, 2010.
- [6] O. Ilić, "Kompjuterizovana metoda redosleda delova u fleksibilnim transfer linijama," in *YU INFO*, Kopaonik, 2003.
- [7] M. Danilovic and O. Ilic, "A generalized constructive algorithm using insertion-based heuristics," *Computers and Operations Research*, vol. 66, pp. 29-43, 2016.
- [8] M. Danilović and O. Ilić, "Algoritam proračuna vremenskog razmaka proizvodnje za problem redosleda u protočnoj radionici," in *YU INFO 2012, XVIII Konferencija o računarskim naukama i informacionim tehnologijama*, Kopaonik, 29.02.-03.03.2012.
- [9] M. Danilović and O. Ilić, "Nova formalizacija i proširenje faze umetanja u NEH heuristici," in *YU INFO 2013, XIX Konferencija o računarskim naukama i informacionim tehnologijama*, Kopaonik, 03-06. 03. 2013.
- [10] M. Danilović and O. Ilić, "Primena generalizovane konstruktivne heuristike na permutacioni flowshop problem," in *YU INFO 2014, XX naučno-stručna i biznis konferencija*, Kopaonik, 09-13.03.2014.
- [11] M. Danilović and O. Ilić, "Novi pristup rešavanju permutacionog flowshop problema," in *YU INFO 2015, XXI naučno-stručna i biznis konferencija*,

Kopaonik, 08.-11.03.2015.

- [12] E. Taillard, "Scheduling instances," 2004. [Online]. Available: <http://ina.eivd.ch/collaborateurs/etd/problemes.dir/ordonnancement.dir/ordonnancement.html>. [Accessed 5 7 2015].

# Dispečerski trenažni simulator srednjenaponske električne mreže

## Dispatcher training simulator for distribution power grid

Vladimir Nešić<sup>1</sup>, Đorđe Jovanović<sup>2</sup>, Matija Živanović<sup>3</sup>, Tijana Nikolić<sup>4</sup>

Institut Mihajlo Pupin

**Sadržaj** – U "Smart grid" sistemima, kada je reč o prenosu električne energija, kvalitet usluge „Elektro Prenosa“ se pre svega ogleda u neprekidnosti i kvalitetu napona isporučene električne energije do krajnjih korisnika. Da bi kvalitet usluge u ovom segmentu bio što bolji, značajno mesto zauzima i obuka dispečera. Paket softverskih alata za „Dispečerski trenažni simulator“ je nastao kao potreba da se unapredi obuka rukovodaca u dispečerskim centrima srednje naponske (SN) mreže.

Ovim radom su opisana rešenja i funkcije ovog paketa, koja su prevashodno namenjena za obuku na postojećem SCADA sistemu koji se koristi u Republici Srbiji na distributivnoj SN mreži. Ovaj sistem omogućava obučavanjem licima da upravljanju modelom SN mreže preko SCADA sistema na potpuno transparentan način kao da to čine sa realnom elektro mrežom. Ovim paketom alata se postiže kvalitetna i brza analiza uobičajenih i nesvakidašnjih stanja elektro mreže i na taj način se postiže višestruko brža i kvalitetnija obuka dispečera.

Paket se sastoji iz dva segmenta, upravljačkog i simulacionog. Upravljački segment je zasnovan na standardnim SCADA programima. Sa druge strane, simulacioni segment je zasnovan na novoj DTC aplikaciji. Cilj DTC aplikacije je da simulira elektro-energetski sistem. U osnovi, ovo se postiže korišćenjem algoritma za proračun tokova snaga, modela potrošača i generatora. Dodatno, podržane su i neke osnovne funkcije zaštitnih uređaja.

**Abstract** - In the "Smart grid" systems, when it comes to electricity transmission, the quality of the "Electrical Power Distribution" service is primarily reflected in the continuity and quality of the supplied electricity to the end users. In order to improve the quality of the service in this segment, the training of dispatchers takes a significant. The software package for the Dispatch training simulator was created as a need to improve the training of operators in dispatch centers of the medium voltage (MV) network. This paper describes the solutions and functions of this package, which are above all designed for training on existing SCADA system which is used in Serbia's MV power grid. This system allows operators in training to manage a model of MV power system via SCADA system. This tool package provides high quality and high speed analysis of common and uncommon states in power grid and in that way assists in better training of power systems operators.

The package consists of two segments, control and simulation. The control segment is based on standard SCADA programs. On the other hand, the simulation segment is based on a new DTC application. The goal of the DTC application is to simulate the electrical power system. Basically, this is achieved using an algorithm for calculating power flows, models of consumption and

generators. In addition, some basic functions of protective devices are also supported.

### 1. UVOD

Elektro energetski sistem (EES) Srbije podeljen je u dve velike funkcionalne celine. Jednu funkcionalnu celinu predstavlja proizvodnja električne energije, a drugu prenos električne energije, od proizvođača do potrošača.

Kvalitet usluge elektro energetskog sistema se, pre svega, ogleda u neprekidnosti i kvalitetu napona električne energije isporučene krajnjim korisnicima. Neprekidnost isporučivanja električne energije, jednim delom, zavisi i od dispečera. Dispečer sa kvalitetnim znanjem i velikim iskustvom je u stanju da predupredi potencijalne ispade, i, u slučaju nastanka istih, u rekordno kratkom roku oporavi elektro energetski sistem u svojoj nadležnosti.

Dešava se da dispečeri, tokom svog radnog veka, ne prisustvuju nekim specifičnim situacijama u elektro mreži (sukcesivni ispadi ili velike havarije). Takođe, neka nekarakteristična stanja u EES-u se javljaju sa razmakom od više godina. Kao što se moglo pretpostaviti, usavršavanjem dispečera osetno se može uticati na unapređivanje, i održavanje, kvaliteta usluge elektro energetskog sistema. Sa jedne strane, pohađanjem stručnih seminara ili predavanja moguće je poboljšati znanje dispečera. Sa druge strane, obogaćivanje iskustva i uvežbavanje dispečera zahteva mnogo više vremena.

Gorepomenuti proces, uvežbavanja i sticanja iskustva, je moguće ubrzati. Ovo se može postići ponovnim izazivanjem, ili stvaranjem novih, kritičnih događaja. Naravno, preduslov za ubrzanje predstavlja postojanje kontrolisanog okruženja, u kome će se proces odvijati. Kao intuitivno rešenje se nameće računarski simulator celog sistema.

Kako bi simulator opravdao očekivanja, pristupilo se ozbiljnoj analizi projektnih zadataka i funkcionalnosti, koje ovakav softverski alat treba da ima. U početnoj fazi prokeja su ozbiljno analizirani tehnički zahtevi, kako bi se izbeglo naknadno menjanje funkcionalnosti. Naknade izmene funkcionalnosti za posledicu imaju značajno produženo vreme razvoja.

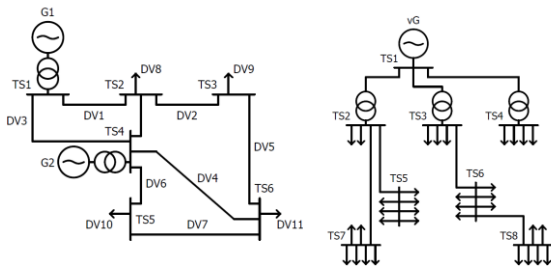
Nakon preciziranja projektnog zadatka, koji se postavljao pred trenažni sistem za obuku dispečera SN mreže, pristupilo se nacrtu mogućeg rešenja. Osim što treba da obezbedi sve tražene funkcionalnosti, finalno rešenje treba da bude osnov za dalja unapređenja, neminovna tokom procesa eksploatacije.

Analiza projektnih zadataka kretala se u edukaciji autora, tako što su prethodno ispitani različiti paketi slične namene, koji se već nalaze na tržištu.

## 2. SVETSKI TREND OVI

Kada su u pitanju simulatori elektroenergetskog sistema, u svetu postoje proizvodi slične namene. Najčešće su u pitanju simulatori elektroenergetskih sistema visokog ili niskog napona.

Sistemi visokog napona su od velike važnosti zbog toga što pokrivaju velike udaljenosti i imaju vezu sa sistemima drugih država. Drugim rečima, obračuni za međunarodnu trgovinu električnom energijom se baziraju na merenjima u sistemu visokog napona. Inherentno je jasno da je sama mreža mnogo bolje monitorisana merenjima nego što je to slučaj sa elektro mrežama nižih napona. Sa druge strane, sistemi niskog napona su interesantni zbog toga što poseduju mnogo veći broj krajnjih korisnika. Sa aspekta topologije, elektro mreže visokog napona su najčešće mreže sa petljama (konturama), dok su sredjenaponske mreže skoro uvek radijalne.



Slika 1. Primeri topologije elektroenergetske mreže: upetljana (levo) i radijalna (desno)

## 3. OPIS TEHNIČKIH ZADATAKA KOJI SE POSTAVLJAJU PRED SOFTVERSKI PAKET DISPEČERSKOG TRENAŽNOG SIMULATORA

Simulator za obuku dispečera (DTS – Dispatcher Training Simulator) je softverski alat za simuliranje statičkih i dinamičkih procesa u SN mreži. Osnovna namena simulatora za obuku dispečera je proces učenja i sticanja iskustva u primeni dispečerskih akcija, u sledećim operativnim stanjima sistema:

- Normalno operativno stanje (provera n-1 kriterijuma sigurnosti, isključenja i uključenja elemenata mreže),
- Poremećena i kritična stanja sistema (odbrambeni plan),
- Uspostavljanje rada sistema nakon velikih kvarova.

Cilj DTS-a je da što realnije imitira EES, kao i SCADA sistem koji se koristi za upravljanje u realnom vremenu. Kroz simulacije predefinisanih scenarija može se vršiti periodična provera reakcije i sposobnosti dispečera. Moguće je simulirati kvarove koji su retki ili izuzetno malo verovatni u stvarnom sistemu i na njima uvežbavati i usavršavati procedure vraćanja sistema u funkcionalno stanje. Isto tako, simulator za obuku dispečera pruža početnim korisnicima obuku na virtuelnom sistemu, a pošto koristi poseban hardver nema opasnosti po sigurnost stvarnog EES-a. Na ovaj način prenose se iskustva na ceo tim dispečera i ublažava razlika između početnih i naprednih korisnika.

Simulator za obuku dispečera se sastoji od sledećih modula:

- Modul za simulaciju sistema upravljanja - SCADA modul
- Modul za simulaciju rada elektroenergetskog sistema - EES modul
- Modul za instruktora
- Modul za modelovanje elektro mreže

**Modul za simulaciju sistema upravljanja - SCADA** modul Osnovni zadatak koji se postavlja pred SCADA modul jeste da verno oslikava stvarni sistem, kako bi korisnik simulatora imao doživljaj rada na stvarnom sistemu. Funkcionalnost aplikacija unutar modula za simulaciju sistema upravljanja treba da bude identična funkcionalnostima SCADA aplikacija koja se koriste za upravljanje u realnom vremenu u DP EPS Distribucije (ista baza podataka, isti HMI prikaz kao postojeći SCADA sistem).

**Modul za simulaciju rada elektroenergetskog sistema - EES modul.** Osnovna funkcija EES modula je da sprovodi statički analizu, što se može realizovati proračunom tokova snaga. Ova funkcija, pre svega, treba da obezbedi simulaciju sa predefinisanim scenarijima ispravnog rada. Dalje, treba da osigura simulaciju i sa predefinisanim scenarijima ispada različitih elemenata. Sa aspekta korisničke pogodnosti, treba napraviti nekoliko funkcionalnosti. Prvo, treba omogućiti brzo prebacivanje sa jednog scenarija obuke na drugi. Drugo, treba podržati snimanje arhive, kao rezultat neposrednih akcija dispečera. Treće, treba dozvoliti forsiranje vrednosti merenja, statusa i alarma. Konačno, mora postojati mogućnost izvoza podataka, u cilju kasnijeg korišćenja u analizi tranzijentnih procesa kao i analizi rada relejnih uređaja.

**Modul za instruktora** Proces korišćenja modula za instruktora može se podeliti u dva segmenta. Prvi segment se odnosi na pripremu scenarija, namenjenog za obuku polaznika. Drugi segment ovog modula se odnosi na upravljanje samom simulacijom. Kada je reč o prvom segmentu, priprema scenarija za obuku, postoje dve ključne funkcionalnosti. Kao prvo, treba napraviti mogućnost snimanja različitih scenarija u bazu. Kao drugo, potrebno je omogućiti zadavanje tipova poremećaja i grupa poremećaja. Kada je reč o drugom segmentu, upravljanje simulacijom, funkcionalnosti se mogu razvrstati u dve grupe. Prvu grupu čine upravljačke funkcionalnosti, u pravom smislu te reči. ovde spadaju: pokretanje simulacije, pauziranje simulacije, promena brzina sprovođenja simulacije, ponovno pokretanje simulacije kao i dodavanje događaja i mogućnost uključenja, odnosno isključenja, elemenata mreže. Drugu grupu čine nadzorne funkcionalnosti, odnosno mogućnost nadzora: nad statusima elemenata mreže, nad akcijama dispečera i mogućnost merenja kvaliteta rada dispečera (brzina reagovanja i sprovođenja akcija).

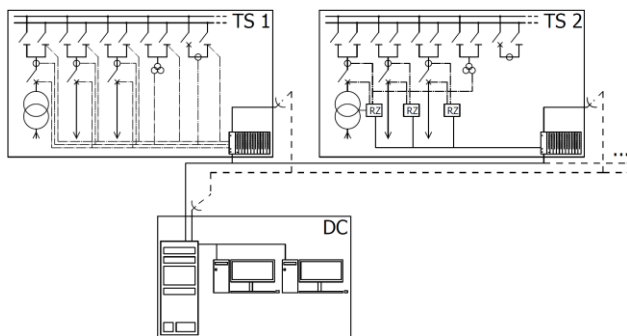
**Modul za modelovanje elektro mreže** treba da obezbedi manipulaciju nad topologijom i elementima mreže, kao što je dodavanje novih elemenata u mrežu, brisanje postojećih,

kao i promena parametara postojećih elemenata. U ovom modulu bi se, u suštini, izgrađivala mreža koja se prikazuje i nad kojom se vrši buduća obuka i analiza.

Bilder modela mreže treba da obezbedi mogućnosti za definisanje i unos više tipskih elemenata mreže kao što su: ekvivalenti spoljne mreže (van zone opservabilnosti), dalekovodi, transformatori, sabirnice, prekidači, rastavljači.

#### 4. USVOJENO REŠENJE ZADATKA ZA SOFTVERSKI PAKET DISPEČERSKOG TRENAŽNOG SIMULATORA

Realan upravljački sistem SN mreže IMP Automatike, je baziran na softverskom paketu View 4, koji se nalazi u centrima upravljanja, i Atlas MAX-RTL uređajima, koji se kao RTU (Remote Terminal Unit) uređaji nalaze u samim trafo-stanicama (u daljem tekstu TS). Na slici 2. je dat jedan prikaz SCADA sistema koji je sastavljen iz jednog dispečerskog centra (u daljem tekstu DC) i dve TS. U DC se, obično, nalazi SCADA server, koji komunicira sa svim TS-ovima koristeći standardne industrijske komunikacione protokole. Industrijski komunikacioni protokoli za ovu namenu obuhvataju: IEC 60870-5-101 i IEC 60870-5-104 protokole.



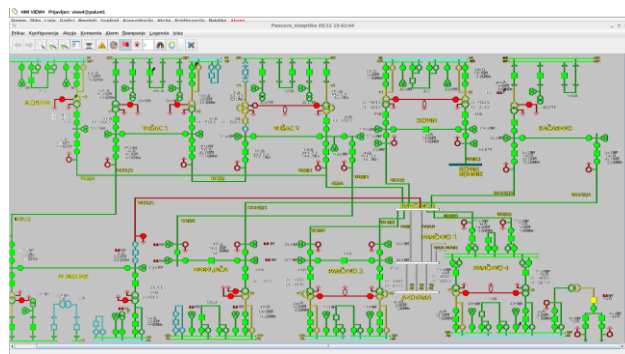
Slika 2. Blok dijagram jednog SCADA sistema

Kada je reč o TS-ovima, najčešće se sreću dva tipa TS-ova, stariji i noviji tip. Kod starijeg tipa TS-ova, obično, zaštitne funkcije obavljaju elektro-mehaničke zaštite. U slučaju novih TS-ova, ulogu zaštitnih funkcija preuzimaju moderne Micro Procesorske Zaštite i Inteligentni Elektronski Uređaji (IED-ovi). Standardni komunikacioni protokoli koji se mogu zateći u ovakvim TS-ovima su: IEC 61850, IEC 870-5-103, SPA, DNP3, Modbus RTU, Modbus TCP i drugi.

U standardnoj konfiguraciji TS-ova u Srbiji, ukupan broj signala po izvodnom polju kreće se, okvirno, od 50 do 150 signala, a prosečan broj izvodnih polja je oko 50. Kada je u pitanju monitoring režim rada u starijem modelu TS-a, sa elektro mehaničkim zaštitama, signali se, žičano, sa izvodnih polja, preko signalnog ormana, dovode direktno na ulazne module RTU uređaja. Dalje, RTU uređaj signale distribuira do DC-a, odnosno SCADA centra (TS 1). Kada je reč o upravljanju, glavna razlika je u smeru protoka informacija, od DC-a ka TS-ovima. Komande se najčešće izdaju preko relejne logike dvostepenog tipa, kako bi se povećala pouzdanost kompletnog sistema.

Kod novijeg tipa TS-ova je slična realizacija. Ključna razlika leži u načinu dovođenja signala. Naime, u ovakvo realizaciji signali se ne dovode žičano, već se prosleđuju komunikacionim linijama, najčešće par optika, do samog izvodnog polja. Na izvodnim poljima se nalaze IED-i koji obavljaju zaštitne i upravljačke funkcije. Na slici 3. prikazan je primer sinoptičke table koja ima 8 TS-ova, DC Pančevo.

Broj signala po TS-u je oko 5000, kako kontrolnih tako upravljačkih. Tendencija je da se broj signala povećava sa migracijom TS-ova srednjeg napona sa elektro-mehaničkih na mikroprocesorske zaštitne uređaje. Jedan DC može da ima na desetine TS-ova srednjeg napona, a postoje i distribucije koje imaju i više stotina TS-ova. Ono što je važno napomenuti na ovom mestu jeste i to da je izvršena unifikacija DC na nivou srednjeg napona na teritoriji cele Srbije (bez pokrajne Kosovo), i što je izvršeno kompletno modelovanje mreže srednjeg napona (SN mreža). Modelovanjem mreže postignuto je to da se tačno zna koji prekidač je povezan na koji rastavljač, a koji rastavljač na koju sabirnicu itd.



Slika 3. Sinoptička tabla za DC Pančevo

Prema našem dosadašnjem iskustvu, kada su u pitanju simulatori, sistem mora posedovati dva jasno definisana dela: upravljački paket i simulacioni paket. Dalje, prilikom projektovanja, teži se što manjem broju izmena upravljačkog dela realnog sistema. Na ovaj način se zadržava vernost interakcije između korisnika i okruženja. Glavni izazov, kao i kod svakog simulatora, je pravljenje modela postrojenja, tj. modelovanje realnog fizičkog sistema nad kojim se upravlja. Dodatno, treba osigurati razumnu minimalnu detaljnost modela i zadovoljavajuću tačnost simulacije. Ovo je često određeno namenom simulatora. Na primer, zadovoljavajuća tačnost simulacije, jednog istog postrojenja, se razlikuje za edukativne potrebe i za potrebe analize mreže. Na isti način se razlikuje i razumna minimalna detaljnost modela.

Ulazni podaci za upravljački deo simulatora (upravljački modul sistema) su zapravo izlazni podaci simulacionog modela. Sa druge strane, izlazni podaci upravljačkog dela su ulazni podaci za deo softverskog paketa koji opisuje realni model fizičkog sistema (simulacioni modul sistema). Pogledati sliku 4.

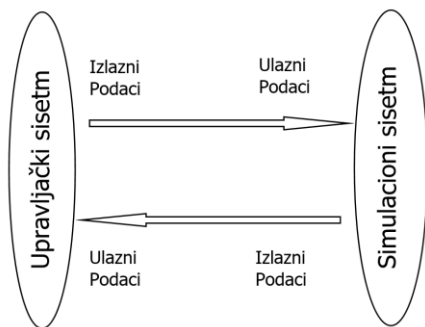
Simulatori koje smo do sada realizovali, na nivou kompanije, su:

- Simulatori Turbine,
- Simulatori Hidro Agregata,
- Simulatori Termo Bloka.

Fizika ovih sistema je takva da zahteva prilično komplikovano upravljanje, a realizovano je PLC (Programmable Logic Controller) uređajima iz Atlas Max familije uređaja IMP Automatike. PLC algoritam na ovoj familiji uređaja može biti implementiran kao višenitna aplikacija, što pruža mogućnost da se neke jednostavnije simulacione funkcionalnosti implementiraju u vidu zasebnih niti na samim upravljačkim PLC uređajima.

Pozitivna karakteristika ovakvog rešenja jeste brza implementacija nekih prostijih simulacionih funkcija i laka razmena podataka, kada je u pitanju veza između simulacionog i upravljačkog modula na nivou jednog PLC uređaja.

Negativna karakteristika ovog pristupa je da ne postoji jasna granica između upravljačkih i simulacionih modula (i simulacioni i upravljački modul se izvršava na istoj mašini.). Zbog ovoga je nemoguće jednostavno razdvojiti model realnog fizičkog sistema od upravljačkog SCADA dela.



Slika 4. Blok dijagram razmene podataka između upravljačkog i simulacionog sistema.

Drugi pristup podrazumeva da upravljački PLC algoritmi ostanu u potpunosti isti, a da se razvija samo algoritam modela realnog sistema, i to na zasebnim PLC platformama. Nakon toga, potrebno je obezbediti vezu između ova dva dela sistema za simulaciju. U realnom sistemu to su neki IO moduli u sprezi sa mernim pretvaračima i davačima, u kombinaciji sa ožičenjima. Ulazi jednog dela sistema su zapravo izlazi drugog, i obrnuto.

Ovakva veza upravljačkog i simulacionog modula se najčešće postiže odgovarajućim komunikacionim protokolima, koji obezbeđuju brzu i pouzdanu razmenu podataka. Obično su bazirani na TCP-IP konekciji, i to su IEC 60870-5-104 i Modbus TCP protokol.

Zahvaljujući novoj generaciji Atlas Max uređaja, baziranog na Real Time Linux platformama, moguće je kompletan sistem implementirati kao skup virtuelnih mašina koji se izvršavaju na jednom server računaru. Performanse postojećih PLC algoritama su 2000 MW (Memory Word-ova) i 2000 MR (Memory Real-a). Za potrebe simulatora postoji i PLC verzija koja podržava 5000 MR-ova.

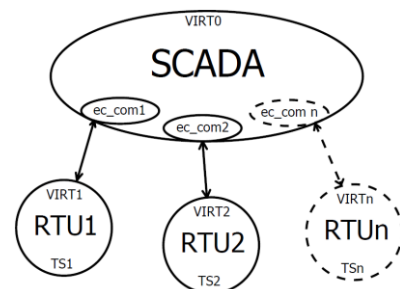
Na slici 5. je prikazano jedno rešenje koje bi moglo da se implementira korišćenjem ne promenjenog upravljačkog

SCADA modula a na strani RTU uređaja, u TS-ovima, bio bi pokrenut PLC algoritam, u okviru kog bi bio implementiran simulacioni modul koji modeluje deo elektro energetskog sistema u datoj TS.

Ovakvo rešenje ima svojih prednosti i mana. Dobra strana je to što ovakva organizacija simulacionih modula (SW paketa), najviše odgovara realnom sistemu. Drugim rečima u realnom sistemu stvarno postoji veza između RTU-uova (uređaja u TS-ovima) i SCADA servera (uređaja u DC-u). Ova veza je na slici 4. prikazana strelicama. Komunikacioni modul  $ec\_com\_1$  do  $ec\_com\_n$  predstavljaju konfiguracije koje stvarno komuniciraju sa RTU-ovima unutar TS. Ovakvim rešenjem bilo bi moguće testiranje i odgovarajućih novih verzija firmware-a i na strani SCADA server-a i na strani RTU-ova. Ovakvo rešenje bi omogućilo i fino testiranje nekih specifičnih komunikacionih problema, gde bi mogli da se simuliraju različiti komunikacioni problemi (smetnje) i.t.d.

Loša strana ovog rešenja jeste ta da je potrebno jako puno vremena kako bi se za svaku TS napravila posebna šema veza između elemenata primarne opreme, kako bi se obezbedio model za simulaciju. Drugim rečima, bilo bi potrebno, na neki način, ponovo proći kroz kompletan proces modelovanja svih TS-ova, koje su od interesa za simulaciju. Složenost ovog zadatka najbolje oslikava činjenica da je za potrebe modelovanja svih TS-ova srednjeg napona angažovano ljudstvo od 5 inžinjera u vremenskom trajanju od 2 godine.

Razvijanje alata koji bi omogućio auto generisanje PLC algoritama, šeme veza na osnovu postojećeg data modela je vremenski period, sličnog trajanja (procena je 2 godine sa testiranjem). Zbog vremenskih rokova koji su se postavljali pred ovaj projekat i zbog složenosti zadatka i ukupnog obima posla, došli smo do zaključka da je ovaj zadatak moramo rešiti drugačijim pristupom.

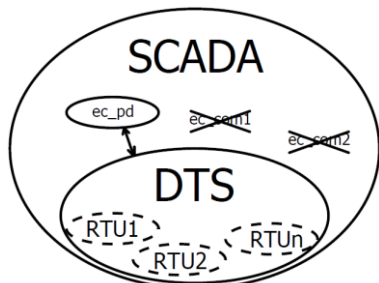


Slika 5. Prikaz glavnih funkcionalnih modula za prvu varijantu rešenja

Rešili smo se da se pridržavamo sledećih pravila: Simulacioni modul simulatora mora da se oslanja na postojeći relacioni model SCADA servera. Simulacioni modul mora da koristi postojeći model mreže srednjeg napona. Odustaje se od implementacije Simulatora SN mreže na svim mestima gde nije izvršena unifikacija SCADA sistema. Realizacija rešenja mora da bude takva da se može u neko povoljno vreme implementirati kao sa slike 2. Potrebno je što pre doći do upotrebljivog proizvoda, koji bi dispečeri i instruktori mogli da koriste. Finalno rešenje mora da obezbedi lako proširenje novim funkcijama i poboljšanje postojećih.



U pokušaju da se odgovori na ove zahteve i postavljene ciljeve, došlo se do rešenja sa slike 6. Pošto je kompletan upravljački deo postojećeg SCADA sistema modularan, odlučili smo da se ne pokreću komunikacioni moduli. Simulacioni modul simulatora će se izvršavati kao zasebna aplikacija na samoj severskoj mašini.



Slika 6. Prikaz glavnih funkcionalnih modula za finalno rešenje

Finalno rešenje ima višestruke prednosti. Pojednostavljenje algoritma simulacije (odziva) električne mreže. Zahvaljujući centralizaciji sistema, razvoj algoritma tokova energija na SN mreži je postao mnogo jednostavniji. U ovoj početnoj fazi su izbegnuti problemi u vezi konfiguracije svakog zasebnog RTU-a. Izbegnuto je ponovno crtanje kompletnog modela Elektro Mreže.

Zahvaljujući procesu unifikacije SCADA centara, relacioni model SN mreže je daleko poodmakao. Odlučeno je da se nova aplikacija, koja proračunava tokove električne energije, oslanja na ovoj bazi, odnosno modelu. Ovo je ključ uspeha ovog projekta. Na ovaj način smo izbegli implementaciju PLC algoritama, koja bi više od 80% vremena bila precrtavanje modela SN mreže.

Zahvaljujući gore opisanoj funkcionalnosti, napravljene su strukture koje prate stanje SN mreže, drugim rečima, vodi se računa o statičkoj šemi veza primarne opreme. Statička veza predstavlja relacijsku vezu između elemenata primarne opreme. Nepogrešivo se zna da li je neki prekidač povezan na neki rastavljač i koji je rastavljač povezan na koju sabirnicu, i.t.d.

Naravno, ovo još nije dovoljno za realizaciju nekog od algoritama za prenos električne energije kroz mežu.

Podaci ili parametri koji nedostaju: početna uklopna stanja svih prekidača i rastavljača, početne vrednosti od kojih algoritam počinje da funkcioniše, model elektro mreže, koji nije opisan modelom tj, van opsega je opservabilnosti. Početna uklopna stanja svih prekidača dobijaju se na osnovu "snapshot"-a realnog SCADA sistema. Naravno, ovo podrazumeva da DTS modul simulatora ima mogućnost da pristupi deljenoj SCADA memoriji i ima uvid u podatke i vrednosti koje su vidljivi za SCADA HMI/MMI (Human or Man machine interface).

Preostale početne vrednosti, neophodne za funkcionisanje algoritma razmene električne energije, mogu se dohvatiti iz deljene memorije SCADA servera.

Delovi elektro mreže na granici, i van, zone opservabilnosti se modeluju dvojako. Sva izvodna polja na 110 kV strani EMS-ovih TS-ova se modeluju kao generatori (idealni naponski izvori beskonačne energije i snage). Sva izvodna polja na 10(20,35) kV strani koja, prema modelu, nisu

povezana na dalekovod se modleuju kao potošači. U stvarnosti, ova izvodna polja su zapravo ulazni izvodi TS-ova niskog napona, koja su van granica naše opservabilnosti.

Potrošači se modeluju simuliranim merenjima struje, napona(i fazni i linijski) i snaga(aktivna, reaktivna i prividna).

**Modul za simulaciju sistema upravljanja - SCADA** modul je istog izgleda i softverske verzije kao originalni SCADA modul. Konfiguracija SCADA modula je ista kao i konfiguracija stvarnog SCADA sistema. Izvršava se nad bazom podataka koja je proširena šiframa potrošača i "generatora" na 110 kV strani EMS-ovih TS-ova. Razlika u odnosu na realni SCADA modul koji se koristi u dispečerskim centrima je ta da ovde komunikacioni taskovi nisu pokrenuti. Shodno tome, ne postoji direktna komunikacija sa TS-ovima. Upis podataka u deljenu memoriju SCADA modula obavlja posebno napravljen task „dte“ koji koristi standardne interfejsa ka primarnoj obradi, kao i bilo koji drugi komunikacioni task. Zahvaljujući ovakvom rešlju ovaj modul ima mogućnost da sam snima HRD i ARH liste kao i HRM liste merenja. Modularan SCADA softver ne raspolaže podatkom ko je izvorište informacija, tako da su svi izveštajni sistemi potpuno isti kao u standardnom SCADA sistemu Slika 3.

**Modul za simulaciju rada elektroenergetskog sistema - EES** modul ima na sebi instalaciju SCADA servera, MMI-a, Arhivskog Server-a. Na taj način moguće je obezbediti paralelan (istovremen) rad više dispečera. Ovim rešenjem se obezbeđuje i evidencija (pamćenje) svih manipulacija od strane lica koje se obučava. Već ranije pomenuti „dte“ modul je prevashodno zadužen za proračun tokova snaga na srednjem napunu jednog dispečerskog centra.

„Dte“ modul čita podatke iz relacionog modela SCADA baze podataka i na osnovu njega pravi statičku listu veza primarne opreme (prekidači, rastavljači, sabirnice, transformatori) jednog centra. „Dte“ modul ima mogućnost direktnog čitanja/upisa iz deljene SCADA memorije i na taj način pravi dinamičku vezu povezanosti primarne opreme na osnovu uklopnih stanja rastavljačke opreme.

„Dte“ modul ima dva režima rada: validacioni i radni (simulacioni). „Dte“ modul u validacionom režimu rada ima i mogućnost proračuna parametara potrošnje na osnovu merenja iz jednog SCADA „snapshot“-a. Ulazni podaci za ovaj režim su merenja i uklopna stanja a izlazni podaci su proračunate vrednosti potrošnje i „generatora“. Detaljan opis algoritma nije predmet ovog teksta.

„Dte“ modul u validacionom režimu ima i mogućnost proračuna parametara (u skladu sa parametrima „generatora“ u modelu) „generatora“ (110 strana trafoa EMS-ove TS) na osnovu mereljnja jednog SCADA „snapshot“-a. Ulazni podaci za ovaj režim su merenja i uklopna stanja a izlazni podaci su proračunate vrednosti „generatora“. Detaljan opis algoritma nije predmet ovog teksta.

Ulazni podaci za radni režim rada su vrednosti potrošnje (aktivna i reaktivna snaga), vrednosti uklopnih stanja rasklopne opreme i vrednosti „generatora“. „Dte“ modul u radnom režimu vrši ispitivanje zaštitnih funkcija, ukoliko su definisane na datom polju. U slučaju da su ispunjeni uslovi prorade zaštitne funkcije, generiše se

odgovarajuća sekvenca signala. „Dtc“ modul ima i mogućnost prorade specifičnih tipove zaštita, na zahtev instruktora: u željenom trenutku na željenom polju

**Modul za instruktora** se može grupisati u dva alata: alat za pripremu lekcija i alat za simulaciju. Alat za pripremu lekcije namenjen je isključivo instrukturu. Postupak pravljenja jedne lekcije je opisan u prilogu. Alat za simulaciju je baziran na postojećem MMI-u sa standardnim funkcijama. Proširenja se odnose na zadavanje različitih poremećaja tokom simulacije (prorada zaštitne funkcije na zahtev, forsiranje vrednosti potrošnje i „generatora“). Bira se karakterističan period iz arhive postojećeg SCADA sistema, korišćenjem postojeće SCADA Replay funkcionalnosti i „dte“ aplikacije u validacionom modu, izračunavaju se vrednosti potrošnje i generatora u karakterističnim tačkama. Naknadna promena profila potrošnje moguća je korišćenjem grafičkog okruženja ovog alata. Vrednosti potrošnje, uklopnih stanja i „generatora“ se nakon toga snimaju u bazu svih lekcija, pod odgovarajućim imenom.

**Model mreže** koristi postojeću aplikaciju koju koristimo za crtanje slika (topologija elektro-mreže) na projektu za unifikaciju. Ovo treba proširiti karakterističnim podacima vezanim za svaki element mreže, kao što su karakteristike trafo-polja, impendansa voda itd.

## 5. PRAVCI DALJEG RAZVOJA PAKETA ZA OBUKU DISPEČERA SN MREŽE

Imajući na umu osnovnu funkcionalnost paketa, obuka dispečera, opravdano je očekivati da interfejs simulacionog paketa odgovara postojećem interfejsu sa kojim se dispečeri SN mreže sreću tokom rada. Ovo se pre svega odnosi na ljudstvo koje se obučava.

Kada je u pitanju ljudstvo koje se bavi instruktazom, od paketa se očekuje proširen set funkcionalnosti. Ovo podrazumeva alate za pripremu lekcija i testova. Dodatna prednost bi bila postojanje alata za verifikaciju rezultata i pomoć pri ocenjivanju. Upravo su ovo oblasti koje bi mogle da budu jedne od smernica daljeg razvoja ovog paketa.

Važan element ovog paketa bi mogao biti poseban modul koji bi se bavio procedurama za oporavak posmatranog dela elektro mreže. Ovo je, trenutno, zadatak instruktora. No, u budućnosti procedure oporavka mogu biti izdvojene u zaseban paket koji bi davao predlagao dispečerske manipulacije. Sledeći krupan iskorak u ovom smeru bi predstavljao razvoj veštačke inteligencije dispečera. U slučaju razvoja ovakvog paketa, isti bi bio pridružen postojećim paketima, opisanim ovim rešenjem.

## 6. ZAKLJUČAK

Upravljanje velikim i složenim funkcionalnim sistemima kao što je npr. elektro mreža Srbije zahteva visoko-stručno osoblje (dispečere), sa značajnim radnim iskustvom i punom posvećenošću poslu. Pored toga, karakteristika ovog sistema je konstantan, neprekidan, rad u željenom stabilnom režimu, gde se od zaposlenih očekuje pravilna manipulacija na različita stanja sistema, kao što su planski

i ne planski ispadi sistema, preusmeravanje prenosa električne energija i.t.d. Kako bi se izvršila što kvalitetnija obuka ljudstva u ovoj oblasti, došlo se na ideju da se realizuje programski alat koji bi simulirao deo elektro mreže srednjeg napona, koji je ovde od interesa.

Analizom projektnog zadatka, vodeći stalno računa o tehnološkim i finansijskim parametrima u kojima se kreće njegova realizacije, od ključnog je značaja izbor tehnologije koji treba da dovede do željenih rezultata. Jako je bitna granica između dužine trajanja projekta i željenog kvaliteta koji završni proizvod treba da ima.

Izborom prave tehnologije, autori ovog rada mogu se pohvaliti da su omogućili kratak vremenski period od dobijanja projektnog zadatka pa do prvih rezultata koji krajnji korisnici već mogu da koriste. Dalje usavršavanje ovog proizvoda je potpuno na liniji već dobijenih rezultata, tako da je ono poznato pravilo, tokom razvoja nekog proizvoda “jedan korak napred a dva koraka nazad” ovde uspešno izbegnuto.

Autori se nadaju da je ovakvim pristupom u budućnosti moguće povezivati i upravljačke sisteme drugih proizvođača na ovaj sistem za simulaciju SN mreže.

## LITERATURA

[1] Javno preduzeće „Elektroprivreda Srbije“ Beograd, „Konkursna dokumentacija: Centar za obuku dispečera – DTC, Javna nabavka br. 184-16“, jun 2017

[2] Nikola Rajković, Dragan Tasić, „DISTRIBUTIVNE I INDUSRIJSKE MREŽE“, Akedemska Misao, februar 2008

# ALGORITAM IZGRADNJE KLASIFIKACIONOG MODELA U PRISUSTVU NEKOMPLETNIH PODATAKA

## CONSTRUCTION ALGORITHM OF THE CLASSIFICATION MODEL IN THE PRESENCE OF INCOMPLETE DATA

dr Vladimir Vasić, e-mail: vladimir@ekof.bg.ac.rs  
*EKONOMSKI FAKULTET, UNIVERZITET U BEOGRADU*

**Sadržaj\*** - U poslednje vreme u poslovnoj praksi sve više se analiziraju podaci kojima se raspolaže, u smislu kreiranja kvantitativnih analitičkih modela. Dati modeli su obično prediktivnog tipa i pripadaju uglavnom klasama segmentacije, asocijacije ili klasifikacije. Kvantitativna analitika koja se upotrebljava pripada oblastima statistike, mašinskog učenja i veštačke inteligencije. Analitičari se uglavnom usredsređuju na kreiranju modela koji ima dobre performanse, a često zaboravljaju da obrate pažnju na problem egzistiranja nekompletnih podataka. Dati problem može biti ozbiljan, ukoliko se ne analizira na ispravan način.

**Abstract** – In recent times, business practices are increasingly analysing the available data in terms of creating a quantitative analytical models. These models are usually of predictive type and belong mainly to classes of segmentation, association or classification. The quantitative analytics used belongs to the areas of statistics, machine learning and artificial intelligence. Analysts tend to focus on creating a model that has good performance, and often forget to keep attention to the problem of incomplete data. The given problem can be serious, if it is not analysed in the correct way.

### 1. UVOD

U radu je prikazan postupak izgradnje klasifikacionog modela u ambijentu nekompletnih podataka. Problematika nekompletnih podataka je dosta česta u sferi savremenog poslovanja, naročito ako se podaci prikupljaju anketiranjem. Ukoliko se na ispravan način ne priđe razmatranju i analizi nekompletnih podataka, može se doći u situaciju kreiranja pogrešnog modela, a da to nije ni primećeno.

Iz tog razloga, prvi korak kreiranja kvantitativnog modela bi trebalo da bude, upravo analiza podataka u smislu kompletnosti istih. Ukoliko se ustanovi prisustvo nekompletnih podataka, onda je potrebno pažljivo da se analiziraju, i da se ispravno postupi na osnovu sprovedene analize.

Na primeru iz poslovne prakse koji je razmatran, pokazano je da zanemarivanje problema nekompletnosti podataka, dovodi do kreiranja pogrešnog klasifikacionog modela.

Takođe analiza nekompletnih podataka, trebalo bi kao prvi korak kvantitativnog modeliranja da bude praksa svim analitičarima, naročito iz razloga što neophodni alati i procedure su implementirani kod većine softvera za kvantitativnu analizu podataka. Znači, alati postoje, sama analiza nije suviše kompleksna, tako da više nema razloga za njihovo preskakanje u procesu izgradnje kvantitativnog modela. Drugim rečima, prvi korak kod algoritma izgradnje kvantitativnog modela treba da bude analiza nekompletnih podataka.

### 2. PODACI I STUDIJA SLUČAJA

Već je pomenuto da kod prikupljanja podataka putem anketiranja verovatan je problem nekompletnih podataka. Iz tog razloga, neće se analizirati takav tip podataka, već će se analizirati sistemski podaci gde je verovatnoća pojavljivanja nekompletnih podataka manja.

Podatke koje analiziramo pripadaju poslovnim subjektima iz sektora poljoprivrede, šumarstva i ribolova. Naime, sva poslovna društva, koja sprovode dvojno knjigovodstvo, dužna su da svake godine sastave završni račun bilansa uspeha i bilansa stanja, i da ga dostave odgovarajućoj državnoj instituciji. Kada je u pitanju entitet Republika Srpska u Bosni i Hercegovini, data nadležna ustanova je Agencija za posredničke, informatičke i finansijske usluge.

U analizi su upotrebljeni najsvežiji podaci koji su potrebni za izgradnju odgovarajućeg klasifikacionog modela. Klasifikacioni model koji se analizira treba da predvidi nastanak štetnog događaja u narednih godinu dana kod poslovnih subjekata koji se analiziraju. Štetni događaj kod poslovnog subjekta nastaje ukoliko je njegov poslovni račun u banci blokiran u periodu dužem od 60 dana u toku kalendarske godine. Iz razloga što se kreira klasifikacioni model koji predviđa nastanak štetnog događaja, korišćeni su podaci iz kalendarske 2017. i 2018. godine.

Tačnije upotrebljeni su podaci iz bilansa stanja i bilansa uspeha poslovnih subjekata iz 2017. godine, dok je iz 2018. godine uzet broj dana u blokadi poslovnog računa

---

\* Rad je nastao kao rezultat istraživanja u okviru projekta Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije broj 179005.

datog poslovnog subjekta u banci. Kao što se uočava analizirani su podaci iz dva izvora, završni računi i broj dana blokiranosti poslovnih računa u banci. Iz tog razloga su i analizirani podaci entiteta Republika Srpska jer sve te podatke prikuplja pomenuta Agencija.

Kod kreiranja klasifikacionog modela ovog tipa, obično se ne koriste originalne pozicije iz bilansa stanja i bilansa uspeha, već odgovarajuća racija određenih bilansnih pozicija. Naime upotrebom racija, smatra se da se dobijaju klasifikacioni modeli koje je moguće smisleno interpretirati. Racija koja koristi pomenuta Agencija, a koja se i razmatraju u ovoj studiji slučaja su: racio  $X_1$  koji je jednak izrazu "(Tekuća sredstva – Kratkoročne obaveze) / Ukupna sredstva"; racio  $X_2$  koji se dobija kao "Zadržana dobit / Ukupna sredstva"; racio  $X_3$  koji je jednak "Sopstveni kapital / Ukupne obaveze"; racio  $X_4$  se dobija kao količnik "Ukupne obaveze / Ukupna sredstva"; racio  $X_5$  je kreiran kao "Tekuća sredstva / Ukupne obaveze"; racio  $X_6$  kao "Tekuća sredstva / Kratkoročne obaveze"; racio  $X_7$  kao "(Obrtna imovina – Zalihe) / Kratkoročne obaveze"; racio  $X_8$  kao "Dugoročni izvor / Stalna sredstva"; racio  $X_9$  kao "Gotovina i gotovinski ekvivalenti / Kratkoročne obaveze"; racio  $X_{10}$  kao "Prihodi od prodaje / Ukupna sredstva"; racio  $X_{11}$  kao "Neto dobit / Ukupna sredstva"; racio  $X_{12}$  kao "Dobit pre poreza / (Ukupne obaveze + Rezervisanja)"; finansijski pokazatelj  $X_{13}$  predstavlja "rast poslovnih prihoda"; racio  $X_{14}$  predstavlja odnos "Prihod od prodaje / Tekuća sredstva"; racio  $X_{15}$  je dat kao odnos "Kratkoročne obaveze / Poslovni prihod". Dalje, racio  $X_{16}$  dat je sledećim odnosom "(Prihodi od prodaje – Troškovi) / (Obaveze + Rezervisanja – Gotovina)"; racio  $X_{17}$  kao količnik "Dobit pre poreza / Sopstveni kapital"; racio  $X_{18}$  kao "Neto rezultat / Finansijski rashodi"; racio  $X_{19}$  kao odnos "Poslovni prihodi / Poslovni rashodi"; racio  $X_{20}$  kao "Poslovni prihodi / Finansijski rashodi"; racio  $X_{21}$  kao "Dobitak pre poreza / Rezultat redovnog poslovanja"; finansijski pokazatelj  $X_{22}$  predstavlja "Rast neto rezultata"; racio  $X_{23}$  predstavlja količnik "(Novčani tok – Priliv) / Ukupan dug"; racio  $X_{24}$  je dat odnosom "Novčani tok / Finansijski rashodi"; i poslednji racio  $X_{25}$  kao "Neto novčani tok iz poslovne aktivnosti / Poslovni dobitak".

Izgradnja klasifikacionog modela ovog tipa, kojim se treba predvideti nastanak štetnog događaja, započinje se tako što se prvo kandiduju potencijalni prediktori, obično oko 20-30 finansijskih racija (u ovoj studiji 25 finansijskih racija). Zatim se raznim postupcima, dati broj potencijalnih prediktora sužava i svodi samo na one koji su statistički značajni. Uobičajene metode su metoda *Hosmer-a* i *Lemeshow-a* [1] gde se prvo testira pojedinačno svaki prediktor u klasifikacionom modelu da li je statistički značajan u objašnjavanju target polja (u ovoj studiji, to je nastanak štetnog događaja). Međutim kod ovih zasebnih pojedinačnih testiranja signifikantnosti prediktora, nivo značajnosti testa se sa uobičajenih 0.05 postavlja na 0.25. U drugom koraku, svi statistički značajni prediktori iz prvog koraka, zajedno su uključuju u izgradnju klasifikacionog modela. Nivo značajnosti prediktora je sada uobičajenih 0.05, i svi prediktori koji su

zadovoljili taj uslov, bivaju određeni da uđu u konačan model.

Drugi metod, dosta brži je *stepwise* (ili statistički) metod, koji sam u okviru svog kompleksnog algoritma od šireg skupa potencijalnih prediktora izabira signifikantne prediktore. Ovaj metod koji je dosta konformniji za upotrebu ima i brojne kritike, ali sve se svode na veličinu analiziranog seta podataka. Naime ukoliko uzorak nije dovoljne veličine, rezultati su dosta nestabilni, to jest nisu postojani. Kao pravilo, da bi se izbegla neželjena svojstva ove metode, predlaže se da veličina uzorka bude 20 opservacija po svakom potencijalnom prediktoru [2].

### 3. PROBLEMATIKA MODELIRANJA U PRISUSTVU NEKOMPLETNIH PODATAKA

Kad god se kvantitativno analiziraju i modeliraju podaci, važno je da se proveriti da li su i kompletno raspoloživi. Ukoliko neki podaci nedostaju, imamo problem nedostajućih podataka. Treba naglasiti, ukoliko analiziramo više promenljivih, da je taj problem važan, bez obzira o kolikom malom procentu nedostajućih podataka se radi kod svake promenljive ponaosob, jer ukoliko se date promenljive analiziraju združeno, onda taj procenat nedostajućih podataka može biti značajan.

No bez obzira na procenat nedostajućih podataka, mnogo je bitnije po kom mehanizmu nedostaju. Postoji tri tipa mehanizma nedostajućih podataka. Prvi mehanizam nedostajućih podataka je tipa MCAR (*engl.* missing completely at random) ukoliko podaci koji nedostaju, nedostaju na potpuno slučajan način. Mehanizam nedostajućih podataka je tipa MAR (*engl.* missing at random) ukoliko podaci nedostaju, nedostaju na slučajan način; i treći mehanizam nedostajućih podataka je tipa NMAR (*engl.* not missing at random) ukoliko podaci ne nedostaju na slučajan način.

Tip mehanizma nedostajućih podataka je važan u smislu rešavanja problema nerasploživosti. U stvari, ukoliko je tip mehanizma nedostajućih podataka tipa MCAR, problem nedostajućih podataka se može rešavati i tradicionalnim načinima, kao što je umetanje aritmetičke sredine na mesto nedostajućeg podatka, ili pak isključivanjem cele opservacije ukoliko ima barem jedno prazno polje tj. nedostajući podatak (ovaj poslednji način poznat je kao i *delete listwise* postupak). Znači nama poznate i često korišćene metode rešavanja nedostajućih podataka, adekvatne su samo ukoliko je mehanizam nedostajućih podataka tipa MCAR.

Malopre je pomenuto da se problem nedostajućih podataka može rešavati i tradicionalnim načinima. Međutim, tradicionalni načini u sferi modernog kvantitativnog analiziranja podataka su već prevaziđeni, dok neki autori poput *Raghunathan-a* [3] ih čak i zabranjuju (mислеći na metodu imputacije aritmetičke sredine na mesto nedostajućeg podatka).

U ovoj studiji slučaja pokazaćemo koliko je prevaziđeno upotrebljavati tradicionalni način rešavanja problematike

nedostajućih podataka, dok ukoliko tip mehanizma nedostajućih podataka, nije tipa MCAR, koliko je u stvari pogrešno koristiti tradicionalni način rešavanja problematike nedostajućih podataka.

Da bi se utvrdilo da li je tip mehanizma nedostajućih podataka tipa MCAR, potrebno je izvršiti testiranje. Dati test predložio je Roderick Little [4]. U okviru tog testa nulta hipoteza glasi da je dati tip mehanizma nedostajućih podataka potpuno slučajan, dok je sadržaj alternativne hipoteze, da dati tip mehanizma nedostajućih podataka nije potpuno slučajan. Statistika testa se može predstaviti kao

$$\chi^2_{MCAR} = \sum_{\substack{\text{obrazaci} \\ \text{nekompletnosti}}} (\# \text{ opservacija u obrascu nekompletnosti}) \cdot \left( \left( \hat{\mu}_j - \hat{\mu}_j^{(ML)} \right)^T \hat{\Sigma}_j^{-1} \left( \hat{\mu}_j - \hat{\mu}_j^{(ML)} \right) \right) \quad (1)$$

gde poslednji činilac u datoj sumi, u stvari predstavlja *Mahalanobis*-ovo odstojanje vektora aritmetičkih sredina promenljivih datog obrasca nekompletnosti od vektora aritmetičkih sredina svih promenljivih (koji imaju ulogu prediktora u modelu). Dalje  $\hat{\mu}_j$  predstavlja vektor aritmetičkih sredina promenljivih koje su kompletno raspoložive u  $j$ -tom obrascu nekompletnosti, dok vektor  $\hat{\mu}_j^{(ML)}$  predstavlja aritmetičke sredine promenljivih čije su vrednosti dobijene ocenjivanjem metodom maksimalne verodostojnosti na osnovu svih raspoloživih podataka. Dalje,  $\hat{\Sigma}_j^{-1}$  predstavlja inverznu kovarijacionu matricu, kod koje su vrednosti bobijene metodom ograničene maksimalne verodostojnosti.

Prikazana statistika testa ima  $\chi^2$  raspodelu, sa stepenom slobode koji se izračunava putem obrasca

$$\sum_{\substack{\text{obrazaci} \\ \text{nekompletnosti}}} (\# \text{ kompletnih promenljivih}) - v \quad (2)$$

gde  $v$  predstavlja ukupan broj promenljivih.

Podatke iz studije slučaja analiziraćemo prvo u smislu kompletnosti podataka. U te svrhe koristiće se komandna sintaksa softvera IBM SPSS Statistics. Komandna sintaksa putem koje sprovodimo navedenu analizu, glasi:

```
MULTIPLE IMPUTATION X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8 X9
X10 X11 X12 X13 X14 X15 X16 X17 X18 X19 X20 X21
X23 X24 X25
/IMPUTE METHOD=NONE
/MISSINGSUMMARIES OVERALL VARIABLES
(MAXVARS=27 MINPCTMISSING=0) PATTERNS.
```

Na osnovu izvršene komandne sintakse kreirani su sledeći izlazni rezultati: tabela 1 i slika 1.

Analiziranjem tabele 1 uočava se da samo pet promenljivih nemaju nekompletne podatke, tj. da su kompletno raspoložive. Takođe se može uočiti, da četiri promenljive imaju dvocifren broj nedostajućih podataka, i da takođe četiri promenljive imaju trocifren broj nedostajućih podataka.

Tabela 1. Pregled procesa skeniranja promenljivih

	Missing		Valid N	Mean	Std. Deviation
	N	Percent			
X25	148	34.4%	282	1.0546	10.81487
X18	145	33.7%	285	43.0371	4245.65138
X24	128	29.8%	302	185.9572	4698.61709
X20	107	24.9%	323	8912.6571	66508.19896
X15	62	14.4%	368	57.7524	537.73461
X21	35	8.1%	395	3.2742	39.32533
X13	30	7.0%	400	2.0057	11.46752
X8	30	7.0%	400	3.6116	14.92829
X9	5	1.2%	425	2.3032	33.71139
X7	5	1.2%	425	3.5337	34.35305
X6	5	1.2%	425	4.0033	34.36617
X5	5	1.2%	425	3.7399	34.37058
X3	5	1.2%	425	2373.0759	48506.98754
X23	4	0.9%	426	0.2792	2.57333
X12	4	0.9%	426	-1.6811	39.94035
X11	3	0.7%	427	-1.1479	13.24101
X4	3	0.7%	427	41.9895	677.95257
X2	3	0.7%	427	-41.7262	679.33796
X1	3	0.7%	427	-41.3373	677.93139
X19	0	0.0%	430	0.8620	0.53422
X17	0	0.0%	430	0.1755	3.34541
X16	0	0.0%	430	0.7148	10.09775
X14	0	0.0%	430	3.8879	26.41131
X10	0	0.0%	430	1.1706	2.76704

Da bi stekli kompletan uvid u razmere nedostajućih podataka, analiziraćemo i sliku 1. Kod nje se uočava takođe da je samo pet promenljivih kompletno raspoloživo tj. oko 20% analiziranih promenljivih. Kada se analiziraju opservacije, koje u ovoj studiji slučaja predstavljaju poslovne subjekte, samo 156 poslovnih subjekata tj. oko 36% njih ima kompletno raspoložive podatke. Kada su u pitanju, sama polja, tj. podaci njih ukupno nedostaje samo 730 ili oko 7% od ukupnog broja podataka.

Međutim sada dolazimo do činjenice, da iako nedostaje samo 7% podataka, tradicionalnim rešavanjem problema nekompletnosti podataka (mислеći na *delete listwise* postupak), iz analize bi bilo isključeno oko 64% opservacija tj. poslovnih subjekata.

Osim što smo konstatovali da će tradicionalnom metodom veliki broj opservacija biti isključen iz dalje analize, mnogo je važnije da se proveriti tip mehanizma nedostajućih podataka; jer ukoliko podaci ne nedostaju na potpuno slučajan način, onda je zapravo i upotreba tradicionalnih postupaka, pogrešna. Tip mehanizma ispitujemo primenom testa, čija je statistika data formulom (1).

Slika 1. Pregled analize nekompletnosti podataka

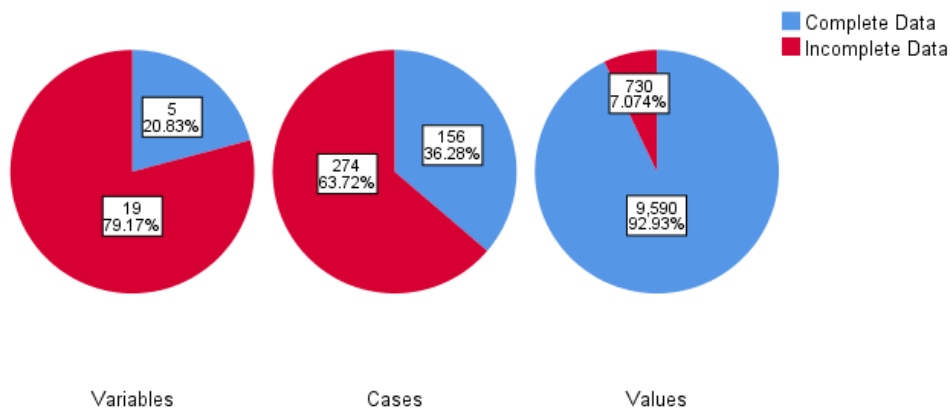


Tabela 2. Deo kovarijacione matrice promenljivih sa testom tipa mehanizma nedostajućih podataka

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
X1	459654.7									
X2	460593.3	461564.0								
X3	100209.9	101098.7	2352894486.2							
X4	-459669.0	-460607.8	-101731.6	459683.4						
X5	162.4	147.7	-5247.7	-161.7	1180.3					
X6	173.5	158.9	-5873.0	-172.7	1179.7	1179.9				
X7	153.6	138.8	-4760.0	-152.8	1179.0	1179.0	1179.0			
X8	161.9	167.0	-6350.0	-160.8	280.0	279.9	279.7	223.9		
X9	101.8	86.9	-1994.6	-101.1	1133.7	1133.3	1133.8	278.1	1135.5	
X10	49.5	50.1	-2777.6	-49.4	-1.7	-1.8	-1.7	10.9	-1.2	7.7
X11	1619.7	1641.8	2771.3	-1620.2	2.6	3.0	2.4	6.0	0.9	1.7
X12	-74.5	130.6	3897.3	73.8	-137.4	-136.9	-138.0	34.7	-141.3	3.5
X13	83.1	84.4	-3231.0	-83.3	-4.0	-4.2	-4.2	-2.7	-4.2	0.4
X14	161.3	163.8	-6894.4	-162.5	-11.0	-11.5	-10.5	1.7	-7.3	18.6
X15	-4270.0	-3771.9	-209790.9	4285.4	-1166.3	-1171.3	-1143.0	-361.1	-1071.3	-104.6
X16	30.5	30.8	-1703.1	-30.5	-2.5	-2.4	-1.5	-14.0	-2.9	-5.1
X17	5.6	9.4	-426.7	-5.6	-2.3	-2.3	-2.3	4.4	-2.2	1.7
X18	-2281.9	-2170.8	433784.4	2352.9	22522.8	22539.0	22775.0	8082.3	22009.0	1038.1
X19	36.2	36.6	296.0	-36.2	-0.9	-0.8	-0.8	0.7	-1.4	0.3
X20	431497.8	436017.7	65665242.7	-434021.5	5363.2	3643.3	3751.7	-4777.4	-10455.5	13958.0
X21	100.0	100.5	-7926.9	-99.7	-6.7	-4.0	-3.0	-5.4	-5.4	-0.6
X22	11.3	11.6	-682.3	-11.3	-34.9	-34.9	-35.0	-7.3	-35.6	1.2
X23	12126.6	12257.4	-605183.2	-12173.1	10413.3	10361.6	10304.6	5539.9	9851.8	2684.0
X24	69.6	70.6	-3299.7	-70.0	-98.6	-98.6	-99.7	-27.2	-99.1	-0.1

Little's MCAR test: Chi-Square = 1477.877, DF = 669, Sig. = .000

Tabela 3. Pregled *stepwise* (tj. statističkog) postupka

Model	Action	Effect(s)	Model Fitting Criteria			Effect Selection Tests		
			AIC	BIC	-2 Log Likelihood	Chi-Square <sup>a</sup>	df	Sig.
0	Entered	Intercept	426.742	430.806	424.742	.		
1	Entered	X14	356.254	364.381	352.254	72.489	1	0.000
2	Entered	X9	334.706	346.898	328.706	23.547	1	0.000
3	Entered	X19	320.594	336.849	312.594	16.113	1	0.000
4	Entered	X16	314.867	335.186	304.867	7.726	1	0.005
5	Entered	X13	312.873	337.256	300.873	3.994	1	0.046

Stepwise Method: Forward Entry

a. The chi-square for entry is based on the likelihood ratio test.

Tabela 4. Ocene i testiranje parametara klasifikacionog modela

Nastanak štetnog događaja <sup>a</sup>	B	Std. Error	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% Confidence Interval for Exp(B)	
							Lower Bound	Upper Bound
da	Intercept	-0.408	0.228	3.195	1	0.074		
	X9	3.380	1.411	5.737	1	0.017	29.374	1.848 466.852
	X13	-0.026	0.026	1.007	1	0.316	0.974	0.925 1.025
	X14	0.604	0.178	11.524	1	0.001	1.829	1.291 2.591
	X16	0.109	0.049	5.021	1	0.025	1.115	1.014 1.227
	X19	1.239	0.330	14.146	1	0.000	3.454	1.810 6.589

a. The reference category is: ne.

Tabela 5. Pregled *stepwise* (tj. statističkog) postupka

Model	Action	Effect(s)	Model Fitting Criteria			Effect Selection Tests		
			AIC	BIC	-2 Log Likelihood	Chi-Square <sup>a</sup>	df	Sig.
0	Entered	Intercept	105.172	108.222	103.172	.		
1	Entered	X2	93.117	99.216	89.117	14.056	1	0.000
2	Entered	X14	89.826	98.975	83.826	5.291	1	0.021
3	Entered	X3	85.183	97.382	77.183	6.643	1	0.010

Stepwise Method: Forward Entry

a. The chi-square for entry is based on the likelihood ratio test.

Tabela 6. Ocene i testiranje parametara klasifikacionog modela

Nastanak štetnog događaja <sup>a</sup>	B	Std. Error	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% Confidence Interval for Exp(B)	
							Lower Bound	Upper Bound
da	Intercept	0.551	0.514	1.153	1	0.283		
	X2	2.542	1.108	5.266	1	0.022	12.706	1.449 111.424
	X3	0.472	0.380	1.546	1	0.214	1.604	0.762 3.377
	X14	0.510	0.291	3.070	1	0.080	1.665	0.941 2.947

a. The reference category is: ne.

Dati test, zajedno sa jednim od savremenih načina rešavanja problema nedostajućih podataka dat je komandnom sintaksom koja sledi.

```
MVA VARIABLES=X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8 X9 X10
X11 X12 X13 X14 X15 X16 X17 X18 X19 X20 X21 X23
X24
```

```
X25
```

```
/TTEST PROB PERCENT=0
```

```
/CROSSTAB PERCENT=0
```

```
/MISMATCH PERCENT=0
```

```
/DPATTERN
```

```
/MPATTERN
```

```
/TPATTERN PERCENT=0
```

```
/EM(TOLERANCE=0.001 CONVERGENCE=0.0001
ITERATIONS=999999 OUTFILE=em).
```

Na osnovu primenjene komandne sintakse, kreirana je tabela 2. U podnožju tabele 2, prikazani su rezultati statističkog testa. Iz razloga što je *p*-vrednost manja od 5%, donosimo zaključak o odbacivanju nulte hipoteze, tj. da je tip mehanizma nedostajućih podataka potpuno slučajaj. Ovim testiranjem je pokazano, da upotreba tradicionalnih metoda rešavanja problema nedostajućih podataka bi bila pogrešna.

Od savremenih pristupa obično se izdvajaju dva pristupa: EM algoritam i metod višestrukog umetanja. I jedan i

drugi metod su kvalitetni, bitna razlika je u tome, što se kod EM algoritma umesto nedostajućih podataka upotrebljava jedan set imputiranih ocenjenih vrednosti, dok se kod metoda višestrukog umetanja, upotrebljava nekoliko setova ocenjenih vrednosti [5]. U ovoj studiji slučaja opredelili smo se za jedan set imputiranih ocenjenih vrednosti, tj. za primenu EM algoritma.

#### 4. ALGORITAM IZGRADNJE KLASIFIKACIONOG MODELA

Kada je u pitanju klasifikacioni model, opredelili smo se za model logističke regresije. Dati model je izabran iz razloga zato što je on najzastupljeniji klasifikacioni model u svetu kvantitativnih finansija. Gotovo sve finansijske institucije koje samostalno razvijaju klasifikacione modele predviđanja finansijske discipline klijenata kojima je odobrena novčana pozajmica, koriste dati model. On je stekao ogromnu popularnost, uglavnom što dosta liči na neparаметarske modele, tj. što nema određene striktno pretpostavke potrebne za njegovu primenu.

Za algoritam izgradnje statistički korektnog klasifikacionog modela, upotrebićemo *stepwise* postupak odabira signifikantnih prediktora. Kao što smo upravo objasnili, model je statistički korektan, ako su svi prediktori u modelu statistički značajni, i to je naravno dosta manji broj od prvobitno kandidovanih 25 prediktora. Komandna sintaksa koja sledi sprovodi logističku regresiju nad kandidovanim setom potencijalnih prediktora, i na kraju određuje koji prediktori sačinjavaju finalni model.

```
NOMREG Stetni_Dogadjaj (BASE=FIRST
ORDER=ASCENDING) WITH X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7
X8 X9 X10 X11 X12 X13 X14 X15 X16 X17 X18 X19
X20 X21 X23 X24 X25
/CRITERIA CIN(95) DELTA(0) MXITER(100)
MXSTEP(5) CHKSEP(20) LCONVERGE(0)
PCONVERGE(0.000001) SINGULAR(0.00000001)
/MODEL=| FORWARD=X1 X2 X3 X4 X5 X6 X7 X8
X9 X10 X11 X12 X13 X14 X15 X16 X17 X18 X19 X20
X21 X23 X24 X25
/STEPWISE=PIN(.05) POUT(0.1) MINEFFECT(0)
RULE(SINGLE) ENTRYMETHOD(LR)
REMOVALMETHOD(LR)
/INTERCEPT=INCLUDE
/PRINT=ASSOCIATION CELLPROB CLASSTABLE
FIT CORB COVB PARAMETER SUMMARY LRT CPS
STEP MFI IC.
```

Prediktori koji će biti u finalnom modelu, dobijaju se iz dve kruga. Prvo se *stepwise* postupkom određuje koji prediktori ulaze u model (tabele 3 i 5), a zatim se prediktori koji su postepenim postupkom utvrđeni da su signifikantni; u drugom krugu simultanim (istovremenim) modeliranjem određuje ko je i u tom ambijentu statistički značajan (tabele 4 i 6).

Ovaj algoritam izgradnje klasifikacionog modela, primenićemo dva puta. Prvi put nad setom podataka, kod kojih se problem nedostajućih podataka rešavao tradicionalnim postupkom (tabele 5 i 6), i drugi put nad

setom podataka, kod kojih se problem nedostajućih podataka rešavao savremenim postupkom (tabele 3 i 4). Analiziranjem tabela 5 i 6, kod kojih je primenjen tradicionalni postupak rešavanja nedostajućih podataka, konstatujemo da će u finalnom modelu biti samo jedan signifikantan prediktor  $X_2$ . Dok, analiziranjem tabela 3 i 4, kod kojih je primenjen savremeni postupak rešavanja nedostajućih podataka, konstatujemo da će u finalnom modelu biti četiri signifikantna prediktora  $X_9$ ,  $X_{14}$ ,  $X_{16}$  i  $X_{19}$ .

Ovom komparativnom analizom nad konkretnim privrednim podacima pokazali smo, da ako se ne obrati dovoljno pažnje kod problema nedostajućih podataka, da vrlo lako dolazimo (a da nismo ni primetili) do pogrešno izabranog klasifikacionog modela. Umesto da finalno rešenje bude višestruki (eng. *multiple*) klasifikacioni model, biće jednostruki (eng. *simple*) klasifikacioni model, koji čak i ne deli isti prediktor.

#### 5. ZAKLJUČAK

Ovom studijom slučaja, pokazano je da ukoliko se u početnoj fazi izgradnje klasifikacionog modela ne obrati dovoljno pažnje, postoji mogućnost formiranja pogrešnog klasifikacionog modela. Pažnja treba da bude usmerena na problematiku nekompletnih podataka, i da se taj problem rešava na jedan ispravan način, naročito sada, kada većina softvera za kvantitativnu analizu podataka, raspolaže takvim procedurama i alatima.

Pokazano je da čak i ako ne želimo da primenimo savremene postupke za rešavanje problematike nekompletnosti podataka, da to ne znači i automatsku primenu tradicionalnih postupaka. Naime, ukoliko podaci koje nedostaju, ne nedostaju na potpuno slučajan način, onda upotreba tradicionalnih postupaka dovodi do izgradnje pogrešnog klasifikacionog modela. Nad analiziranim podacima, pokazano je da umesto višestrukog klasifikacionog modela sa četiri prediktora, pogrešno bi bio izabran jednostruki klasifikacioni model.

#### LITERATURA

- [1] Hosmer, D.W., Lemeshow, S. & Sturdivant, R.X. (2013). *Applied Logistic Regression* (3e). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- [2] Tabachnick, B. G. & Fidell, L. S. (2014). *Using Multivariate Statistics* (6ed). Harlow, Essex: Pearson Education Limited.
- [3] Raghunathan, T. (2016). *Missing Data Analysis in Practice*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- [4] IBM (2017). *IBM SPSS Statistics Algorithms*. Armonk, NY: IBM Corporation.
- [5] Little, R. & Rubin, D. (2002). *Statistical Analysis with Missing Data* (2 ed.). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.



# UPOREDNA ANALIZA KLASIFIKACIONIH MODELA U MEŠANOM OKRUŽENJU UČENJA

## COMPARATIVE ANALYSIS OF CLASSIFICATION MODELS IN BLENDED LEARNING ENVIRONMENT

Dejan Rančić<sup>1</sup>, Olivera Pronić-Rančić<sup>1</sup>, Gabrijela Dimić<sup>2</sup>

*Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu<sup>1</sup>*

*Visoka škola elektrotehnike i računarstva strukovnih studija, Beograd<sup>2</sup>*

**Sadržaj** – U radu je predstavljen postupak izbora klasifikatora za izgradnju modela predviđanja u mešanom okruženju učenja. Predviđanje je zasnovano na izdvojenim podacima o studentskim aktivnostima u okviru Moodle sistema za upravljanje učenjem. Analizirani kurs korišćen je kao podrška klasičnom obliku nastave obezbeđivanjem različitih elektronskih resursa i materijala za učenje. Generisanje preciznog modela predviđanja zasnovano je na uporednoj analizi kreiranih klasifikatorskih modela. Klasifikatori sa najvećom tačnošću i preciznošću kreirali su modele predviđanja koji mogu biti korisni agenti za poboljšanje e-learning okruženja.

**Abstract** - This paper presents the method of selecting a classifier for the development of a prediction model in a blended learning environment. The prediction is based on separate information on student activities within the Moodle Learning Management System. The analyzed course was used to support the classical form of teaching by providing various electronic resources and learning materials. Generating a precise prediction model is based on a comparative analysis of the created classification models. Classifiers with the greatest accuracy and precision have created prediction models that can be useful agents to improve the e-learning environment.

### 1. UVOD

Implementacija metoda i algoritama za rudarenje podataka (*engl.* data mining, DM), na skup podataka izdvojen iz obrazovnog okruženja [1], je omogućila otkrivanje informacija i znanje od značaja za unapređenje procesa učenja i bolje razumevanje potreba i ponašanja studenata. Oblast rudarenja obrazovnih podataka (*engl.* Educational Data Mining, EDM) obuhvata integraciju DM metoda i procesa implementiranih na obrazovni skup podataka [2].

U obrazovnim sistemima klasifikacija studenata je zasnovana na znanju koje poseduju, ponašanju i ostvarenim aktivnostima u procesu učenja. Mogućnost predviđanja konačnih ocena omogućava nastavniku da u toku procesa učenja identifikuje studente sa tendencijom neuspeha i utvrdi najefikasniji postupak za poboljšanje njihovih učinaka i ostvarivanja boljeg uspeha na ispitu.

Klasifikacija, kao jedan od osnovnih zadataka rudarenja podataka u oblasti obrazovnih podataka, je usmerena ka analiziranju karakteristika procesa učenja, bilo da se radi o tradicionalnom načinu obrazovanja ili obrazovanju

zasnovanom na tehnologijama za e-učenje (*engl.* e-learning). Predviđanje i procena uspešnosti studenata u e-learning okruženju opisana je u radovima [3-7]. Primena metoda klasifikacije u oblasti e-learninga opisana je u radovima [8-10]. Stabla odluke, veštačke neuronske mreže, linearna regresija, metode vektora oslonca implementirane su za izgradnju klasifikatorskog modela i predviđanje ocena studenata u radu [11]. Autori u radu [12] prikazuju postupak poređenja performansi bajesovih i klasifikatora stabla odluke. Procena klasifikatora je izvršena na tri obučavajuća obrazovna skupa podataka. Bolja preciznost modela je uočena primenom meta algoritma zasnovanog na kombinaciji J48 i Naïve Bayes klasifikatora. U radu [13] autori vrše poređenje različitih klasifikacijskih metoda. Analiza performansi studenata tokom godina studiranja izvršena je merenjem studentskih aktivnosti u rešavanju zadataka od kuće. Iz otkrivenog znanja, autori su izdvojili kratka pravila koja objašnjavaju i predviđaju uspeh ili neuspeh na konačnom ispitu.

U ovom radu je prikazan postupak utvrđivanja preciznog klasifikatora za izgradnju modela predviđanja u mešanom okruženju učenja. Procena efikasnosti klasifikatora, u sprovedenoj studiji slučaja, zasnovana je na test metodi estimacije i komparativnoj analizi statističkih mera generisanih modela upotrebom Weka softverskog paketa otvorenog koda. Postupak kreiranja modela i procene implementiranih klasifikatora realizovan je u okruženju Weka 3.8 za implementaciju algoritama mašinskog učenja i rudarenja podataka [14].

### 2. KLASIFIKATORI OBRAZOVNOG SKUPA PODATAKA

Klasifikacija predstavlja postupak razdvajanja instanci podataka u različite klase na osnovu prethodno definisanog klasnog obeležja, a u zavisnosti od vrednosti ostalih obeležja [15]. Postupak obuhvata dva koraka: obučavanje klasifikatora na obučavajućem skupu uz validaciju kojom se određuju optimalni parametri modela, a zatim procena tačnosti klasifikatora nad skupom instanci za testiranje modela. Najčešće primenjivani klasifikatori u slučaju obrazovnog skupa podataka uključuju Bajesove klasifikatore, stabla odlučivanja, veštačke neuronske mreže, metod najbližih suseda i metodu vektora oslonca [16].

Bajesovi klasifikatori zasnovani su na pretpostavci da je znanje o nekom događaju u svetu opisano verovatnoćom

pojave tog događaja. Svaki događaj je moguć i uvek ima makar i malu postojeću verovatnoću pojave koja se zadaje apriori ili se izvodi iz podataka. U Bajesovim mrežama [17] zavisnosti se predstavljaju vizuelno strukturom grafa. Svaki čvor grafa odgovara jednom obeležju, a dolazne ivice definišu skup obeležja od kojih zavisi. Jačina zavisnosti definisana je uslovnim verovatnoćama. Za klasifikovane nove tačke podataka, verovatnoće klase se izračunavaju prema bajesovom pravilu:

$$P(C = c|t) = \frac{P(C=c)P(t|C = c)}{P(t)} \quad (1)$$

Jedan od problema je veliki broj verovatnoća koje treba proceniti. Drugi problem koji smanjuje tačnost bajesovih klasifikatora je u slučaju kada model sadrži nekoliko obeležja i tačnost njihove procene počne da dominira rezultatom. Rešenje ovih problema je upotreba takozvanog naivnog Bajesovog (engl. *Naïve Bayes*, NB) klasifikatora [18] koji generiše složeni model ograničen snažnom nezavisnošću pretpostavke. Za uslovno nezavisna obeležja verovatnoća za klasu  $C$  se izračunava po pravilu:

$$P(A_1, \dots, A_k|C) = \prod_{i=1}^k P(A_i|C) \quad (2)$$

Osnovna prednost NB klasifikatora je pogodnost za male skupove podataka i generisanje jednostavnih modela za interpretaciju. U slučaju primene skrivenog naivnog Bajesovog (engl. *Hidden Naïve Bayes*, HNB) [19] klasifikatora, za svako obeležje se kreira skriveni čvor roditelja koji kombinuje uticaje ostalih obeležja. Od NB mreže, HNB nasleđuje jednostavnost strukture. Najveća prednost ovog modela je mogućnost obučavanja bez utvrđene strukture učenja.

Stabla odlučivanja [20] su specifičan tip klasifikatora obzirom da uključuju izgradnju lako interpretirajućih stabala koji služe za klasifikaciju kategorijskih i numeričkih vrednosti obeležja. Predstavlja model predviđanja jednostavne hijerarhijske strukture. Koreni čvor se nalazi na najvišem nivou. Svaki unutrašnji čvor označava testiranje vrednosti obeležja, grana predstavlja rezultat testa, a svaki čvor lista odgovarajuću klasnu oznaku. Kriterijumom testiranja realizuje se grananje i formira se binarno stablo ili stablo višeg reda. Izbor čvorova na najvišem nivou zasniva se na proveru kvaliteta obeležja izračunavanjem statističkih mera informacione dobiti (engl. *Information Gain*), odnosa dobiti (engl. *Gain Ratio*), i Ginijevog indeksa (engl. *Gini Indeks*). Najčešće primenjivani algoritmi učenja stabala odlučivanja koji koriste različite kriterijume podele u unutrašnjim čvorovima su ID3 [21], C4.5 [22] i CART [23]. J48 predstavlja verziju ID3 algoritma realizovanu u softverskom paketu Weka. Prednosti stabla odluke su: jednostavnost i lakoća razumevanja, mogućnost rada sa obeležjima numeričkih i kategorijskih vrednosti domena, brza klasifikacija novih instanci i fleksibilnost.

Metod najbližih suseda, koji pripada metodama takozvanog lenjog učenja (engl. *lazy learning*) [24], predstavlja potpuno drugačiji pristup klasifikaciji. Za razliku od ostalih, ovi klasifikatori ne izgrađuju eksplicitni

model. Model predstavljaju podaci koji se koriste u procesu klasifikacije. Osnovna ideja je klasifikacija novog objekta ispitivanjem vrednosti klase u  $K$  najbližijim tačkama podataka. Zadatak obučavanja ovih klasifikatora odnosi se na izbor broja suseda  $K$  i metriku rastojanja  $d$ . Preporuka je da se za mali dimenzionalni skup podataka, broj suseda  $K$  postavlja na vrednosti između 5 i 10. Glavna mana ovih klasifikatora je poteškoća u izboru funkcije rastojanja  $d$ . U svakom slučaju ova metoda je sporija u klasifikaciji od pristupa zasnovanih na modelu. Osim toga, generisanje eksplicitnog modela je korisnije za procenu i analizu sistema.

Veštačke neuronske mreže su nelinearni funkcijski klasifikatori koji uče iz pripremljenog skupa podataka, a zatim se primenjuju na nove i veće skupove podataka u cilju prepoznavanja obrazaca [25]. Neuronska mreža je masovno paralelizovan distribuirani procesor sa prirodnom sposobnošću memorisanja iskustvenog znanja i obezbeđivanja njegovog korišćenja. Veštačke neuronske mreže simuliraju način rada ljudskog mozga pri obavljanju datog zadatka ili neke funkcije, pri čemu podsećaju na ljudski mozak u sledećem: neuronska mreža zahvata znanje kroz proces obučavanja, dok jačine sinaptičkih veza služe za memorisanje znanja. Neuronska mreža se može posmatrati kao jedan ulazno – izlazni sistem. Struktura sistema odgovara mreži međusobno povezanih elementarnih čvorova, neurona, koji obrađuju informacije dobijene na ulazu i kao rezultat daju jedan izlaz. Na osnovu tipa obrade koji se obavlja u čvoru i na osnovu međusobne povezanosti čvorova moguće su različite klasifikacije neuronskih mreža. Čvorovi mreže se grupišu u slojeve tako da između čvorova istog sloja ne postoje veze; drugim rečima u takvim mrežama ostvaruju se veze samo između čvorova susednih slojeva. Postoje ulazni, izlazni i skriveni slojevi. U svakom skrivenom sloju, čvorovi su povezani sa čvorovima prethodnog i sledećeg sloja, a ivice su povezane sa individualnim težinama. Najopštiji model neuronske mreže sa prostiranjem signala u jednom smeru sadrži samo jedan skriveni sloj. Iako, shodno Hornik-Sctichombe-White-ovoj teoremi [26], višeslojna neuronska mreža sa najmanje jednim skrivenim slojem i aktivacionom funkcijom koja je neopadajuća, a čije vrednosti pripadaju intervalu  $[0,1]$  ili  $[-1,1]$  aproksimira bilo koju Borel merljivu funkciju na kompaktnim skupovima, sa proizvoljnom tačnošću, pod uslovom da je na raspolaganju dovoljan broj neurona u skrivenom sloju, u praksi se, za rešavanje nelinearnih problema, najčešće koristi višeslojni perceptron sa 3-5 skrivenih slojeva. Učenje neuronskih mreža predstavlja procedure podešavanja težina veza tako da mreža dobije željenu funkcionalnost. Najvažnije karakteristike veštačkih neuronskih mreža odnose se na sposobnost učenja, generalizacije, asocijacije, otpornosti na pogrešan ulaz i šum.

Metod vektora oslonca (engl. *Support vector machines*, SVM) [27] koristi pametne tehnike za pronalaženje nelinearnih granica klase, a u slučaju malog skupa podataka za generisanje složenih nelinearnih modela. Ovaj metod zasniva se na ideji da kadu se podaci mapiraju za višu dimenziju, klase postaju linearno razdvojive i moguće je pretraživati hiperravan sa maksimalnom marginom

separacije kao u linearnom slučaju. U praksi, mapiranje se vrši implicitno, upotrebom funkcije jezgra koje su nelinearne funkcije. Određivanje optimalne margine dovoljno je za čuvanje vektora podrške, odnosno podataka tačke koje definišu granice klase. SVMs imaju i neka ograničenja: podaci bi trebalo da budu kontinualno numerički, model nije lako interpretirati, izbor funkcije jezgra može biti težak proces. Formalno, metoda vektora oslonca se u opštem slučaju definiše kao algoritam učenja korišćenjem linearnih metoda u prostoru formiranim funkcijom jezgra, pri čemu se greška generalizacije kontroliše upotrebom statističke teorije učenja i primenjuje teorija optimizacije za rešavanje konveksnog kvadratnog problema na čije se rešavanje svodi učenje metodom SVM. Jedna od glavnih prednosti ovih klasifikatora u slučaju nelinearnih granica klase je u tome što tačnost ne zavisi od dimenzionalnosti podataka i sistem je veoma robustan za prekoračenje.

### 3. PROCENA EFIKASNOSTI KLASIFIKATORA

Procena efikasnosti klasifikatora [28] realizuje se primenom metode testiranja, unakrsnog ocenjivanja i metode ponovnog uzimanja uzoraka.

Metodom testiranja skup podataka se deli na obučavajući i test skup. Obučavajući skup sadrži 2/3 instanci i koristi se za obučavanje klasifikatora. Test skup sadrži 1/3 instanci i namenjen je proceni tačnosti obučenog klasifikatora.

Procena klasifikatora primenom metode unakrsnog ocenjivanja podrazumeva podelu skupa podataka na k međusobno isključivih podskupova približno iste veličine. Postupak se ponavlja k puta, svaki put koristeći različiti podskup za testiranje klasifikatora.

Procena kvaliteta obučenog klasifikatora i izgradnja tačnog klasifikacionog modela zasniva se na pojmu greške. Greškom se smatra slučaj kada primena obučenog klasifikatora na odabrane instance rezultira predviđanjem pripadnosti klasi koja je različita od stvarne klase instance. Rezultat procene klasifikatora predstavlja model klasifikacije sa generisanim vrednostima statističkih mera: TP stopa, FP stopa, preciznost, odziv, balansirana F-mera i matrica grešaka.

TP stopa predstavlja procenat pravilno klasifikovanih instanci kod kojih su predviđajuće vrednosti klasnog obeležja identične sa stvarnim vrednostima. FP stopa pokazuje procenat instanci kod kojih predviđajuće vrednosti klasnog obeležja nisu identične sa stvarnim vrednostima. Matrica grešaka pokazuje koliko je primeraka određene klase zaista klasifikovano da pripada toj klasi, a koliko ih je greškom klasifikovano u ostale klase. Broj pravilno klasifikovanih instanci je zbir po dijagonali matrice, a sve druge su pogrešno klasifikovane. Odziv predstavlja deo ispravno predviđajućih instanci za određenu klasu. Preciznost je odnos između broja instanci koje zaista pripadaju klasi X i broja instanci klasifikovanih kao klase X. U matrici greške to je element na dijagonali podeljen sa sumom u odgovarajućoj koloni. Drugim rečima, preciznost je mera koja nam daje informaciju o

udelu stvarno pozitivnih instanci, dok je odziv je mera suprotna preciznosti.

F-mera je parametar koji u obzir uzima i preciznost i odziv sistema. Balansirana F-mera predstavlja harmonijsku sredinu preciznosti i odziva i određuje se na osnovu jednačine (3). Veća vrednost ove mere ukazuje na bolji klasifikator.

$$F - \text{mera} = \frac{2 \cdot \text{Preciznost} \cdot \text{Odziv}}{\text{Preciznost} + \text{Odziv}} \quad (3)$$

### 4. STUDIJA SLUČAJA

Osnovni cilj sprovedene studije bio je usmeren na utvrđivanje klasifikatora predviđanja za generisanje preciznog modela obrazaca interakcije između aktivnosti studenata u okviru Moodle kursa i ostvarene ocene na završnom ispitu.

Za potrebe opisane studije slučaja izdvojeni su podaci iz kursa Računarska grafika realizovanog u školskoj 2017/18. godini. Kurs je kreiran na Moodle sistemu otvorenog koda za upravljanje učenjem (engl. *Learning Management System*, LMS) [29] za koncept mešanog okruženja učenja kao podrška tradicionalnom načinu odvijanja nastave. Različiti resursi i elektronski materijal za pripremu polaganja završnog ispita su bili na raspolaganju studentima u okruženju Moodle kursa. Konačnu ocenu studenti su ostvarivali polaganjem završnog testa u formi pitanja na papiru, koji se održavao u ispitnom roku u učionici. U okruženju Moodle kursa studentima su bile dostupne sledeće aktivnosti:

- testovi za laboratorijske vežbe,
- Moodle lekcije,
- pripremni test za prvi kolokvijum,
- pripremni test za drugi kolokvijum,
- test za prvi kolokvijum i
- test za drugi kolokvijum.

Skup podataka za analizu izdvojen iz baze podataka Moodle sistema, transformisan je u tabelarnu formu u kojoj su kolone predstavljale obeležja, a redovi instance [30, 31]. Analizirane aktivnosti studenata označene su odgovarajućim ulaznim obeležjem. Definisana su ulazna obeležja *lab\_testovi*, *procitane\_lekcije*, *pripremni\_test1*, *pripremni\_test2*, *test1*, *test2* kontinualanog numeričkog domena vrednosti. Konačna ocena koju je student ostvario u ispitnom roku definisana je kao klasno obeležje *Ocena* sa vrednosti iz skupa {5, 6, 7, 8, 9, 10}. U Tabeli 1 dat je prikaz domena vrednosti ulaznih i klasnog obeležja.

Tabela 1. Domen vrednosti numeričkih obeležja

Obeležje	Domen vrednosti
<i>lab_testovi</i>	[0:5]
<i>procitane_lekcije</i>	[0:12]
<i>pripremni_test1</i>	[0:30]
<i>pripremni_test2</i>	[0:30]
<i>test1</i>	[0:30]
<i>test2</i>	[0:30]
<i>Ocena</i>	[5,6,7,8,9,10]

U cilju pripreme izdvojenog skupa podataka za primenu klasifikacijskih algoritama, u fazi pripreme i predprocesiranja implementiran je postupak diskretizacije numeričkih ulaznih obeležja [32,33]. Za klasno obeležje *Ocena* numeričke vrednosti su transformisane u nominalne. Svako nominalnoj vrednosti pridružena je odgovarajuća klasna oznaka po sledećem principu: *5-pet, 6-šest, 7-sedam, 8-osam, 9-devet, 10-deset*. Podela domena vrednosti ulaznih obeležja i kategorisanje nominalnih vrednosti u odgovarajuće oznake izvršena je na osnovu sledećih pravila:

- do 50% : *loše*,
- između 50% i 80%: *dobro*
- više od 80%: *odlično*.

#### 4. KOMPRATIVNA ANALIZA EFIKSANOSTI KLASIFIKATORA

U radu je analizirana implementacija funkcijskih, bajesovih, lenjih klasifikatora i stabala odlučivanja. Izdvojen skup je sadržio 276 instanci, 6 ulaznih obeležja i multidimenzionalno klasno obeležje sa šest klasnih oznaka. Metod procene kvaliteta obučenog klasifikatora realizovan je test metodom i metodom unakrsnog ocenjivanja. Test metodom klasifikatori su obučavani na obučavajućem skupu od 182 instance, a testirani na skupu od 94 instance. Metodom unakrsnog ocenjivanja ulazni skup podataka je podeljen na 10 nezavisnih podskupova. Obučavanje klasifikatora se vrši na jednom, a testiranje na ostalih 9 nezavisnih podskupova na kojima nije obučavan klasifikator. Procena efikasnosti klasifikatora predstavlja aritmetičku sredinu procena izvršenih na test podskupovima.

Za svaki kreiran model analizirane su vrednosti parametara TP stopa, FP stopa, preciznost, balansirana F-mera kao i procenat pravilno klasifikovanih instanci (CCI), procenat pogrešno klasifikovanih instanci (ICI).

##### Primena stabala odlučivanja

Iz ove grupe primenjeni su J48, CART klasifikatori. U slučaju test metode, klasifikatori su kreirali model za 0 sekundi, a u slučaju metode unakrsnog ocenjivanja za 0.08 sekundi. Stabilniji modeli predviđanja generisani su u slučaju metode unakrsnog ocenjivanja. Rezultati procene kvaliteta implementiranih stabala odlučivanja dati su u tabeli 2.1 i tabeli 2.2.

Tabela 2.1. Stabla odlučivanja (unakrsno ocenjivanje)

	CCI	ICI	TP	FP	P	FM
J48	69.93	30.07	0.699	0.053	0.713	0.673
CART	71.01	28.99	0.710	0.052	0.717	0.682

Tabela 2.2. Stabla odlučivanja (test)

	CCI	ICI	TP	FP	P	FM
J48	67.02	32.98	0.670	0.051	0.610	0.619
CART	65.96	34.04	0.660	0.053	0.598	0.610

##### Primena funkcijskih klasifikatora

Iz ove grupe primenjeni su RBF Network (RBF), SMO i višeslojni perceptron (Multilayer Perceptron, MLP) klasifikatori. U slučaju metode unakrsnog ocenjivanja generisan je stabilniji model sa znatno dužim vremenom potrebnim za generisanje. Za kreiranje modela test metodom, Multilayer Perceptron klasifikatoru bilo je potrebno 0.02 sekunde, a metodom unakrsnog ocenjivanja 1.38 sekundi. RBF Network klasifikator je kreirao model test metodom za 0.01 sekundu, a metodom unakrsnog ocenjivanja za 10.58 sekundi. Rezultati procene implementiranih funkcijskih klasifikatora dati su u tabeli 3.1 i tabeli 3.2.

Tabela 3.1. Funkcijski klasifikatori (unakrsno ocenjivanje)

	CCI	ICI	TP	FP	P	FM
MLP	73.55	26.45	0.736	0.043	0.731	0.721
RBF	71.38	28.62	0.714	0.048	0.712	0.691
SMO	70.65	29.35	0.707	0.050	0.698	0.694

Tabela 3.2. Funkcijski klasifikatori (test)

	CCI	ICI	TP	FP	P	FM
MLP	63.83	36.17	0.638	0.057	0.587	0.586
RBF	64.89	35.10	0.649	0.056	0.579	0.595
SMO	65.96	34.04	0.660	0.055	0.591	0.606

##### Primena Bajesovih klasifikatora

Na analizirani skup podataka od dostupnih Bajesovih klasifikatora primenjeni su BayesNet (BN), Hidden Naïve Bayes (HNB) i Naïve Bayes (NB). Kreiranje modela u slučaju sva tri klasifikatora, primenom test i metode unakrsnog ocenjivanja bila je 0 sekundi, osim za BN 0.03 sekunde. Rezultati procene implementiranih bajesovih klasifikatora dati su u tabeli 4.1 i tabeli 4.2.

Tabela 4.1. Bajesovi klasifikatori (unakrsno ocenjivanje)

	CCI	ICI	TP	FP	P	FM
BN	71.74	28.26	0.717	0.047	0.721	0.693
NB	72.1	27.9	0.721	0.047	0.722	0.696
HNB	73.55	26.45	0.736	0.045	0.753	0.714

Tabela 4.2. Bajesovi klasifikatori (test)

	CCI	ICI	TP	FP	P	FM
BN	69.15	30.85	0.691	0.049	0.639	0.645
NB	69.15	30.85	0.691	0.050	0.645	0.646
HNB	70.21	29.79	0.702	0.048	0.638	0.651

##### Primena metode najbližih suseda

Iz ove grupe primenjen je IBk klasifikator koji predstavlja osnovnu realizaciju najbližeg suseda u Weka okruženju. Broj najbližih suseda je postavljen na 5 i izabrana je euklidska metrika za rastojanje. Iz ove grupe implementiran je i LWL klasifikator (engl. *Locally Weighted Learning*). Ovaj klasifikator koristi algoritam za dodeljivanje težinskog koeficijenta instancama. Utvrđen koeficijent se koristi u svrhu raspoređivanja instanci prilikom klasifikacije [34]. Rezultati procene implementiranih klasifikatora najbližih suseda dati su u tabeli 5.1 i tabeli 5.2.

Tabela 5.1. Metoda najbližih suseda (unakrsno ocenjivanje)

	CCI	ICI	TP	FP	P	FM
LWL	72.82	27.18	0.728	0.046	0.726	0.703
IBK	69.57	30.43	0.696	0.054	0.727	0.670

Tabela 5.2. Metoda najbližih suseda (test)

	CCI	ICI	TP	FP	P	FM
LWL	69.15	30.85	0.691	0.049	0.623	0.641
IBK	62.77	37.23	0.628	0.065	0.581	0.573

U cilju procene efikasnosti implementiranih klasifikatora sprovedena je uporedna analiza prikazanih rezultata. Za analiziran obrazovni skup podataka model predviđanja sa najvećim procentom pravilno klasifikovanih instanci (73.55%) generisan je implementacijom funkcijskog MLP i bajesovog HNB klasifikatora za slučaj metode unakrsnog ocenjivanja. Vrednost balansirane F-mere za MLP klasifikator je 0.721, a za HNB 0.714 što može ukazati na činjenicu da je MLP klasifikator postigao nešto bolji balans između preciznosti i ispravnog predviđanja instanci za određenu klasu. HNB klasifikator je ostvario veću preciznost od 75.3% u odnosu na MLP koji je ostvario preciznost od 73.10%. MLP klasifikator generiše složeniji model, a kao posledica toga je duže vreme potrebno za kreiranje modela (10.58 sekundi) nego u slučaju primene HNB klasifikatora (0 sekundi).

I pored činjenice da su obrazovni podaci uglavnom čisti, izuzeci i nedostajuće vrednosti su česta pojava, što dovodi do postojanja šuma. U slučaju klasifikatora najbližih suseda pojava šuma se može smatrati jednim od razloga generisanja nestabilnog modela. Stabla odluke generišu dobre rezultate i uz postojanje šuma, ali su osetljivi na promenu podataka što utiče na performanse modela. Više-dimenzionalnost klasnog obeležja uslovala je lošije rezultate u slučaju primene metode vektora oslonca. Usmerenost ka kreiranju što jednostavnijih modela isključila je primenu neuronskih mreža.

## 5. ZAKLJUČAK

Metode klasifikacije imaju veliku primenu u tradicionalnom obrazovanju i modernim obrazovnim tehnologijama. Najbolji rezultati klasifikacije postižu se kada klasifikatori mogu učiti iz realnih podataka, ali u obrazovnom domenu skupovi podataka su često i suviše mali za precizno učenje. Primena metoda klasifikacije u okruženju za e-učenje omogućava da sistemi postanu korisnički orijentisani i personalizovani. U radu je prikazan postupak izbora preciznog klasifikatora za kreiranje stabilnog modela predviđanja na osnovu aktivnosti studenata realizovanih na kursu Moodle sistema za upravljanje učenjem. Izbor kandidata zasnovan je na karakteristikama mešanog okruženja učenja. Studija slučaja obuhvatila je uporednu analizu klasifikatora iz grupa Bajesovih i funkcijskih klasifikatora, stabala odlučivanja i metode najbližih suseda. Procena efikasnosti implementiranih klasifikatora realizovana je metodama testiranja i unakrsnog ocenjivanja. Najvažniji zadatak bio je izbor dovoljno preciznog klasifikatora koji će generisati

stabilan model predviđanja koji je otporan na pojavu šuma, pogodan za rad sa više-imenzionalnim klasnim obeležjima, kao i malim obučavajućim i test skupovima. Na osnovu sprovedenih eksperimenata i uvidom u rezultate, uvrđeno je da je HNB klasifikator najpogodniji za primenu u opisanoj studiji slučaja. Nastavak sprovedenog istraživanja dalje će biti usmeren ka utvrđivanju postupka za poboljšanje tačnosti modela predviđanja analiziranjem odnosa između veličine obučavajućeg skupa, broja ulaznih obeležja i dimenzionalnosti klasnog obeležja.

## LITERATURA

- [1] Han, J. and Kamber, M., Data Mining: Concepts and Techniques, 2nd edition. The Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems, Jim Gray, Series Editor, 2006.
- [2] Romero, C. and Ventura, S., Educational Data Mining: A Review of the State of the Art, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C, Vol.40, Issue. 6, 2010.
- [3] Zang, W., and Lin, F., Investigation of web-based teaching and learning by boosting algorithms. In Proceedings of IEEE International Conference on Information Technology: Research and Education (ITRE 2003), pp.445–449, 2003.
- [4] Bresfelean, V.P., Bresfelean, M., Ghisoiu, N. and Comes., C.A., Determining students academic failure profile founded on data mining methods, In Proceedings of the 30th international conference on information technology interfaces, pp.317–322, 2008.
- [5] Minaei-Bidgoli, B., Kashy, D.A., Kortemeyer, G. and W. Punch., Predicting student performance: an application of data mining methods with an educational web-based system, In Proceedings of 33rd frontiers in education conference, T2A–13–T2A18, 2003.
- [6] Romero, C., Ventura, S., Espejo, P.G. and Hervas., C., Data mining algorithms to classify students, In Educational data mining 2008: Proceedings of the 1st international conference on educational data mining, 8–17, 2008.
- [7] Mühlenbrock, M., Automatic action analysis in an interactive learning environment. In Proceedings of the workshop on usage analysis in learning systems at aied-2005, 2005.
- [8] Romero, C. and Ventura, S., Data Mining in E-learning. WIT Pr Computational Mechanics, 2006.
- [9] Baker, R. S. and Yacef, K., The state of educational data mining in 2009: A review and future visions. Journal of Educational Data Mining (JEDM) Vol.1, No.1, pp.3-17, 2009.
- [10] Romero, C., Ventura, S., Pechenizkiy, M., and Baker, R. S., Handbook of Educational Data

- Mining, Chapman and Hall/CRC Data Mining and Knowledge Discovery Series, 2010.
- [11] Kotsiantis, S.B., Pintelas, P.E., Predicting Students' Marks in Hellenic Open University. In IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, Washington, DC, pp.664-668, 2005.
- [12] Garcia-Saiz, D. and Zorrilla, M., Comparing classification methods for predicting distance students' performance, Proceedings of the Second Workshop on Applications of Pattern Analysis, pp.26-32, 2011.
- [13] Kalles D., Pierrakeas C., Analyzing student performance in distance learning with genetic algorithms and decision trees, Hellenic Open University Greece, 2004
- [14] Weka, University of Waikato, New Zealand, <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka>
- [15] Duda, R.O., Hart, P.E., and Stork, D.G, Pattern Classification, 2nd Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York NY, 2000.
- [16] Benoît, G., Data Mining - Chapter 6, In Cronin, B. (Ed.), Annual Review of Information Science and Technology, Vol. 36, pp. 265-310, Silver Spring, MD: American Society for Information Science and Technology, 2002.
- [17] Pearl, J., Probabilistic reasoning in intelligent systems: networks of plausible inference, San Mateo, California: Morgan Kaufman Publishers, 1988.
- [18] Harry, Z., The Optimality of Naive Bayes, FLAIRS2004 conference, 2004.
- [19] H. Zhang, L. Jiang, J. Su: Hidden Naive Bayes. In: Twentieth National Conference on Artificial Intelligence, 919-924, 2005.
- [20] Witten, I.H., and Eibe, F., Data mining: Practical machine learning tools and techniques. 2nd ed. San Francisco: Morgan Kaufmann [ch 6.1], 2005.
- [21] Quinlan, J. R., Induction of decision trees. Machine Learning, 1:81-106., 1986.
- [22] Quinlan, J. R., C4.5: Programs for Machine Learning, San Mateo, CA:Morgan Kaufmann, 1993.
- [23] Nithyassik,B., Nandhini, D. and Chandra, E., „Classification Techniques in Education Domain“, International Journal on Computer Science and Engineering, Vol. 2, No.5, pp.1647-1684, 2010.
- [24] Hand, D., Mannila, H. and Smyth. P., Principles of data mining, Cambridge, Massachussets, USA: MIT Press, pp.347-352, 2002.
- [25] Duin, R., Learned from neural networks. In Proceedings of the 6th annual conference of the advanced school for computing and imaging (asci-2000), 9–13. Advanced School for Computing and Imaging (ASCI)., 2000.
- [26] Milosavljević M., Veštačka inteligencija, Univerzitet Singidunum, 2015.
- [27] Vapnik, V.N., Statistical learning theory, John Wiley & Sons, 1998.
- [28] Kohavi, R., "A Study of Cross-validation and Bootstrap for Accuracy Estimation and Model Selection", In.Proc.International Joint Conference on Artificial Intelligence, 1995.
- [29] Moodle, <http://moodle.org/>
- [30] Dimić, G., Prokin, D., Kuk, K., Spalević, P., “The Use of Data Mining Methods for Analyzing and Evaluating Course Quality in the Moodle System“, УНИТЕХ 2010, 2010.
- [31] Dimić, G., Predić, B., Rančić, D., Petrović, V., Maček, N., Spalević, P., Association analysis of moodle e-tests in blended learning educational environment, Comput Appl Eng Educ., 2017.
- [32] Dougherty, J., Kohavi, M. and Sahami, M., Supervised and unsupervised discretization of continuous features, Int. Conf. Machine Learning Tahoe City, CA (pp.194–202), 1995.
- [33] Dimić, G., Rančić, D., Milentjević, I. and Spalević, P., Improvement the accuracy of prediction using unsupervised discretization method: educational data set case study, Technical Gazette, Vol. 25/No. 2, 2018.
- [34] Eibe, F., Hall, M. and Pfahringer, B., Locally Weighted Naive Bayes, In: 19th Conference in Artificial Intelligence, 249-256, 2003.

# IoT PLATFORMA – ZAŠTITA OKANA TK INFRASTRUKTURE

## IoT PLATFORM – MANHOLE MONITORING OF TK INFRASTRUCTURE

Vladan Nešić, dipl.inž.elektrotehnik, Ivan Petrović, dipl.inž.saobraćaja

Preduzeće za telekomunikacije „Telekom Srbija“ a.d. Beograd

**Sadržaj** – Internet of Things (IoT) predstavlja sistem međusobno povezanih kompjuterskih uređaja, mehaničkih i digitalnih mašina, objekata ali i ljudi, koji omogućava transfer podataka preko mreže. Vitalne komponente IoT ekosistema čine IoT platforme koje povezuju sve elemente unutar IoT sistema i olakšavaju komunikaciju, protok podataka, upravljanje uređajima i funkcionalnost aplikacija. U ovom radu predstavljen je jedinstveni sistem zaštite podzemne infrastrukture Telekoma Srbija korišćenjem IoT tehnologija.

**Abstract** – The Internet of Things (IoT) is a system of interrelated computing devices, mechanical and digital machines, objects and people, which gives the ability to transfer data over a network. The vital component of IoT ecosystem are IoT platforms, which connects all elements in an IoT system and facilitates communication, data flow, device management and the functionality of applications. This document presents unique monitoring system of Telekom Serbia underground infrastructure, using IoT technologies.

### 1. UVOD

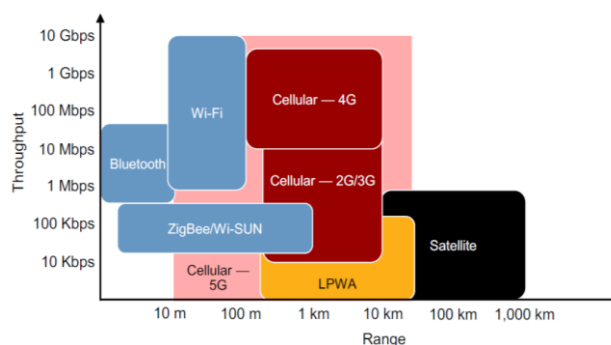
Ideja za uvođenje IoT tehnologije u sistem Telakoma Srbije javila se kao posledica dugogodišnjih problema vezanih za podzemnu infrastrukturu. Telekom Srbija se godinama suočavao sa brojnim krađama bakarnih kablova i zloupotrebama podzemne infrastrukture, što je prouzrokovalo višemilionske štete. Pored novčanih gubitaka problem je predstavljala i posredna šteta u vidu nezadovoljstva korisnika usled prekida saobraćaja i narušavanja celokupne reputacije Telekoma Srbije.

U potrazi za rešenjem ovog problema prepoznata je IoT tehnologija i LoRaWAN mreža kao pogodan alat. Takođe, ova tehnologija predstavlja i rešenje za mnoge druge buduće Use Case-ove.

### 2. LORAWAN – LONG RANGE WIDE AREA NETWORK

Za realizaciju ovog projekta odabrana je LoRaWAN mreža zbog svojih specifičnih karakteristika. LoRa je jedan od standarda u oblasti LPWAN (Low Power Wide Area Network) tehnologija u nelicenciranom opsegu frekvencija. Ona pokazuje odlične performanse i najveću otvorenost sistema, čime se omogućavaju preduslovi za ekonomičniju realizaciju Use Case-ova.

Osnovni elementi koji je karakterišu su dug domet i niski protoci, kao i jeftinija rešenja u odnosu na druge mrežne tehnologije. Povezivanje uređaja je vrlo jednostavno, kako senzora tako i baznih stanica, pri čemu i njih karakteriše mala potrošnja i niske cene.



Source: Gartner (January 2016)

Slika 1. LPWAN u odnosu na druge mreže

### 3. ZAŠTITA KABLOVSKE INFRASTRUKTURE TELEKOMA SRBIJA

Zahtevi koji su postavljeni za rešavanje ovog Use Case-a bili su sledeći:

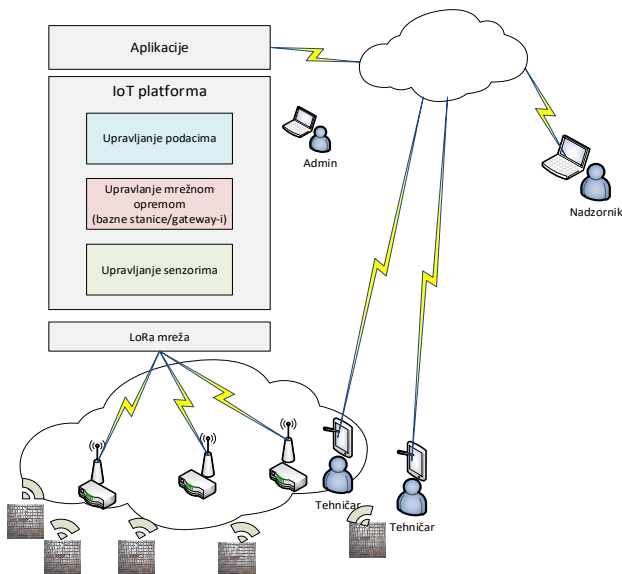
- Zahtevano IoT rešenje mora da pruži zaštitu za ukupno 30.000 okana u Srbiji
- U Beogradu je locirana polovina kapaciteta (15.000 okana)
- Sistem mora da bude sposoban da podrži više različitih komercijalnih rešenja pored primarnog
- Sistem mora da bude pouzdan i robusan
- Senzori moraju da budu dugotrajni (min. 10 godina autonomije), vodootporni i otporni na vandalizam
- Sistem mora da obezbeđuje očitavanje u realnom vremenu i slanje adekvatnih alarma kako bi se obezbedila brza i pravovremena reakcija nadležnih lokalnih službi, Security Agencija i MUP-a, zavisno od stepena prepoznate ugroženosti infrastrukture
- Veliki domet 2-3 km u gusto naseljenim sredinama 15-20 km u ruralnim.

Potrebno je, dakle, bilo omogućiti da rešenje IoT platforme bude Network agnostic, skalabilno i proširivo za dalju nadogradnju bilo da se radi o Use Case-ovima baziranim na LoRa tehnologiji, bilo na konvencionalnim LAN i mobilnim mrežama.

### 4. ARHITEKTURA SISTEMA

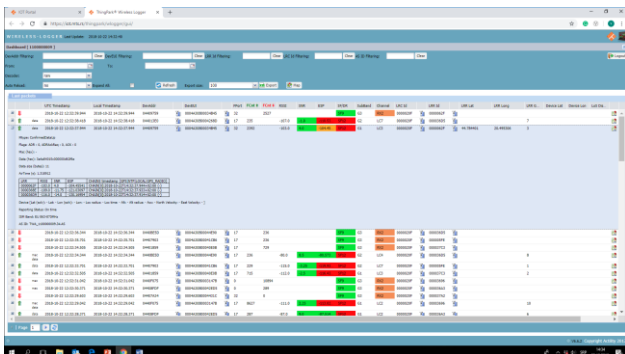
Osnovni elementi koji čine ovaj sistem su:

- LoRa mreža – Bazne stanice i Gateway-i velikih dometa (15-20km)
- Senzorski uređaji
- IoT platforma za nadzor i management sistema
- Aplikacija za nadzor i upravljanje uređajima



Slika 2. Arhitektura sistema

U saradnji sa firmom Teri Inženjering odabrana je i implementirana IoT platforma Actility Thingpark Wireless. Ova platforma upravlja komunikacijom između senzorskih uređaja, baznih stanica i aplikacije. Ona takođe obezbeđuje superviziju mrežne infrastrukture, upravlja planom povezivanja i kontroliše uloge i prava pristupa.



Slika 3. Actility Thingpark Wireless

Senzorski uređaj razvijen je u saradnji sa kompanijom BitGear i predstavlja kombinaciju više senzora namenjenih da detektuju otvaranje poklopca okna, neregularno prisustvo u oknu, kao i eventualni pokušaj vandalizma.



Slika 4. Senzorski uređaj

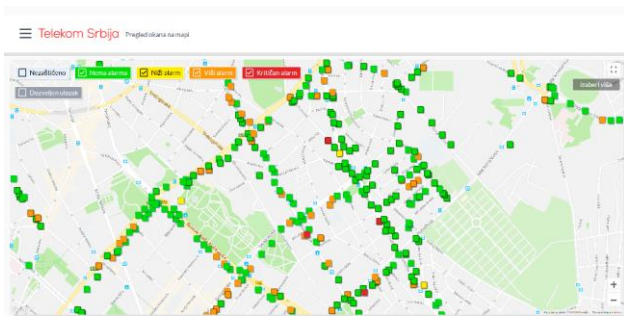
Ovaj uređaj razvijen je specijalno za ovaj projekat i predstavlja jedinstveni uređaj ove vrste u setu. Pored vrhunskog dizajna karakterišu ga i sledeće osobine:

- Ambient light senzor (minimalni prag osetljivosti 0,045 lux-a)
- Proximity senzor (detektuje prisustvo prepreke)
- Magnetometar (detektuje promenu magnetnog polja)
- Senzor maskiranja (detektuje pokušaj maskiranja)
- Accelerometar (detektuje pomeraj po tri ose)
- Temperaturni senzor (Temp °C)
- Senzor vlažnosti (meri stanje vlažnosti vazduha unutar uređaja)
- Otporan na udarce (IK10+ standard)
- Otporan na vlagu (IP67 standard)

Aplikacija (MMWA) za nadzor i upravljanje uređajima takođe je razvijena od strane kompanije BitGear. Koncipirana je tako da bude jednostavna za korišćenje i višeslojna sa dosta različitih funkcionalnosti. Ona prikazuje mapu sa geolokacijom svih okana Telekomove infrastrukture zaštićenim senzorskim uređajima. U zavisnosti od statusa senzora, okna su obeležena različitim bojama, pa tako mogu biti označena zelenom bojom ako senzor nije registrovao nikakav nepredviđeni događaj, tj. ako nema alarma za dato okno; žutom bojom ako je na oknu registrovan događaj okarakterisan kao niži alarm; narandžastom bojom kada je okno pod višim alarmom i crvenom bojom ukoliko je na snazi kritičan alarm. Okna se pored prikaza na mapi mogu posmatrati i u tabelarnom obliku, a takođe je moguć i pregled liste alarma, ili samih uređaja. Ova aplikacija takođe pruža i mogućnost konfigurisanja senzorskih uređaja i njihovo podešavanje odnosno menjanje performansi u zavisnosti od zahteva sistema.

Dodatna funkcija koju pruža aplikacija jeste kreiranje dozvola za regularan ulazak u okna. Naime, prilikom planiranih izvođenja radova unutar podzemne infrastrukture Telekom Srbije potrebno je radnicima omogućiti neometani ulazak u okna što sistem treba da prepozna. Tako aplikacija nudi funkciju kreiranja dozvola za ulazak prilikom čega korisnici aplikacije odabiraju jedno ili više okana iz sistema i dozvoljavaju ulazak u njih bez aktiviranja alarma. Dozvole ulaska kreiraju se za određeni vremenski period u toku dana i imaju opciju ponavljanja za isti taj period u toku više dana. Nakon isteka trajanja dozvole sistem se ponovo vraća u prvobitno stanje i senzori su spremni da ponovo reaguju u slučaju neautorizovanih ulazaka odnosno zloupotreba.





Slika 5. MMWA aplikacija – Prikaz okana na mapi

ID	Status	Adresa	Opis	Ulica	Broj	Ulica	Broj	Ulica	Broj	Ulica	Broj
1001	OK	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789
1002	OK	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789
1003	OK	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789
1004	OK	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789
1005	OK	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789
1006	OK	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789
1007	OK	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789
1008	OK	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789
1009	OK	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789
1010	OK	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789	123456789

Slika 6. MMWA aplikacija – Prikaz okana u tabeli

## 5. SCENARIO DETEKCIJE ZLOUPOTREBE TK INFRASTRUKTURE I NAČIN REAKCIJE

Kada senzorski uređaj registruje promenu količine svetlosti on šalje informacije sistemu da je došlo do otvaranja poklopca na oknu. Ovo je znak da sistem uključi alarm višeg ranga i obavesti korisnike sistema o događaju. Ukoliko pored ovog događaja senzor paralelno registruje i prisusvo u oknu u sistemu se pali kritičan alarm i to je znak da postoji potencijalna zloupotreba. Nadzorni centar Telekom, koji ima zadatak za nadzorom svih objekata od značaja 24/7, prima ovu informaciju i obaveštava Security agenciju o nastalom događaju. Security agencija prima ovu informaciju putem emaila ali postoje i dugi kanali notifikacija koje sistem obezbeđuje u vidu sms poruka. Notifikacija koju Security agencija dobija sadrži određene informacije o kategoriji alarma, mestu, ulici i broju okna na kome je detektovan alarm, ID broj okna i tačno vreme detekcije. Nakon dobijenih informacija Security agencija izlazi na teren kako bi utvrdila stanje na datoj lokaciji. U zavisnosti od stanja zatečenog stanja i rezultata akcije podnose se odgovarajući izveštaji i postupa se po definisanoj proceduri.

## LITERATURA

- [1] LoRaWAN™ Specification v1.1 [https://loralliance.org/sites/default/files/2018-04/lorawanm\\_specification\\_v1.1.pdf](https://loralliance.org/sites/default/files/2018-04/lorawanm_specification_v1.1.pdf).
- [2] LoRaWAN™ Regional Parameters v1.1rB [https://loralliance.org/sites/default/files/2018-04/lorawanm\\_regional\\_parameters\\_v1.1rb\\_final.pdf](https://loralliance.org/sites/default/files/2018-04/lorawanm_regional_parameters_v1.1rb_final.pdf)
- [3] <https://www.actility.com/products/thingpark-wireless/>
- [4] <https://www.semtech.com/lor/>

# PRAĆENJE DOLIVANJA GORIVA, MAZIVA I TEHNIČKIH TEČNOSTI NA PK UGLJA DRMNO PODRŽANO SAVREMENIM IKT MONITORING FEEDING FUEL, LUBRICANT AND TECHNICAL FLUID IN OPEN-PIT COAL MINE SUPPORTED BY MODERN ICT

Dragan Stošić<sup>1</sup>, Snežana Pantelić<sup>1</sup>, Vladimir Simeunović<sup>1</sup>, Gradimir Ivanović<sup>2</sup>, Petar Ješić<sup>1</sup>, Dragan Stević<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Institut „Mihajlo Pupin“ u Beogradu

<sup>2</sup>Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu

<sup>3</sup>Ogranak TE-KO Kostolac, EPS, Kostolac.

**Sadržaj** – *Procesi podrške dolivanja goriva, maziva i tehničkih tečnosti obezbeđuju dnevni uvid u potrošnju (po mašini i vozilu, modelu i tipu) omogućavajući upoređenje izdatih i upisanih količina u Nalogu za rad, obezbeđujući mesečne, tromesečne, šestomesečne i godišnje izveštaje o potrošnji. Projektni timovi u Sektoru Pomoćne mehanizacije Termoelektrane i kopova, Kostolac („TE-KO“), ogranaka Elektropriovrede Srbije („EPS“), Mašinskog fakulteta i Instituta „Mihajlo Pupin“ su projektovali, razvili i implementirali aplikacije u savremenom IKT okruženju na mobilnim računarima, za praćenja dolivanja goriva, maziva i tehničkih tečnosti na otvorenom kopu uglja Drmno TE-KO. Dobijeni podaci sa mobilnih aplikacija, integrisani su u postojeći Informacioni sistem pomoćne mehanizacije (ISPM) čime je omogućen brži i precizniji pregled praćenja potrošnje, radi boljeg planiranja nabavke i smanjenja troškova.*

**Abstract** – *Processes supporting the addition of fuels, lubricants and technical fluids allow daily insight into consumption (by machine and vehicle, model and type) enabling comparison of the issued and entered quantities in the Job ticket by providing monthly, quarterly, six-monthly and annual consumption reports. Project teams in sector of Auxiliary mechanization of Thermal Power Plants and Mines Kostolac (“TE-KO”), subsidiary of Electric Power Industry of Serbia (“EPS”), Faculty of Mechanical Engineering and Institute “Mihailo Pupin” have been designed, developed and implemented application in a modern ICT environment on mobile computers for monitoring the addition of fuels, lubricants and technical fluids in the open-pit coal mine Drmno, TE-KO. Obtained data from mobile applications are integrated into the existing Information System for Auxiliary Machinery (ISPM) allowing faster and more accurate view of consumption monitoring, in order to better plan procurement and reduce costs.*

## 1. UVOD

U periodu 2010-2011 su projektovana, razvijena i implementirana rešenja Informacionog sistema pomoćne mehanizacije (na dalje: ISPM) na površinskim kopovima Termoelektrane i kopova Kostolac (na dalje: TE-KO), ogranaka Elektroprivrede Srbije [1,2]. U sklopu poboljšanja procesa upravljanja rada pomoćne mehanizacije (na dalje PM) koju čine: buldožeri, skiperi, rovokopači, dizalice, terenska i putnička vozila i druge mašine i vozila, postavljeni su ključni indikatori performansi (KPI) procesa. Među glavnim procesima su oni koji se odnose na upravljanje gorivom, mazivima i

tehničkim tečnostima, i zato su razvijeni procesi „Podrške upravljanju gorivom“ (na dalje, za proces i softver: „Gorivo“) i „Podrške upravljanju mazivima i tehničkim tečnostima“ (na dalje, za proces i softver: „MazivaTT“).

Procesi podrške upravljanja gorivom, mazivima i tehničkim tečnostima obezbeđuju dnevni uvid u potrošnju (po mašini i vozilu, modelu i tipu), upoređenje izdatog i upisanog u Nalog za rad, kao i mesečne, tromesečne, šestomesečne i godišnje potrošnje u elektronskom obliku. Dalje kontinuirano unapređenje poslovnih procesa „Gorivo“ i „MazivaTT“ su inicirale nove tehnologije u oblasti dolivanja, identifikaciji mašina i vozila, unosu podataka na mobilnim računarima, GPS/GPRS oprema na mašinama i vozilima pomoćne mehanizacije (PM) i unapređenju komunikacione infrastrukture u TE-KO i unapređenju usluga u mrežama mobilnih operatera. To je prepoznato od strane projektnih timova u Pomoćnoj mehanizaciji TE-KO-a, Mašinskog fakulteta i Instituta „Mihajlo Pupin“.

U radu, u poglavlju 2, izložen je pogled na aplikacije „Izdavanje goriva na terenu“ i „Izdavanje maziva i tehničkih tečnosti“ za mobilni računar kao osnov daljeg unapređenja poslovnog procesa „Gorivo“ i „MazivaTT“. Zatim su u poglavlju 3 opisane realizacije aplikacija i opis infrastrukture na kojoj su aplikacije u produkciji. Ova infrastruktura koristi komunikacione resurse IKT infrastrukture TE-KO. U poglavlju 4 je prikazana integracija aplikacija u ISPM, zatim su prezentirani i razmatrani neki od rezultata razvoja i implementacije predmetnih aplikacija koje se odnose na podršku upravljanju i odlučivanju. U zaključku se ističu rezultati koji se odnose na unapređenje planiranja i smanjenje troškova bazirani na unapređenju kvaliteta podataka o isporuci goriva, maziva i tehničkih tečnosti mašinama na terenu koji se dobijaju u realnom vremenu.

## 2. UNAPREĐENJE POSLOVNIH PROCESA

Proces upravljanja gorivom, mazivima i tehničkim tečnostima je podržan aplikativnim rešenjem ISPM. Unapređenje predmetnih procesa se odnosi na aplikacije „Izdavanje goriva na terenu“ i „Izdavanje maziva i tehničkih tečnosti“ za mobilni računar koji podržava automatsku identifikaciju mašina/vozila, vozača/rukovaoca mašina identifikacionim karticama [2].

Projektni tim je analizirao, projektovao i realizovao aplikacije za mobilne računare „Gorivo“ i „MazivaTT“ u

cilju unapređenja tih poslovnih procesa. Aplikacije su razvijene za mobilne industrijske računare. Karakteristika ovih računara je da nema tastaturu, već je unos podataka obezbeđen putem ekrana. Svaka forma omogućava komunikaciju sa korisnikom putem polja na ekranu gde se vrši izbor opcija ili unos podataka. Time je komunikacija znatno olakšana, jer danas pametni telefoni i tableti koriste istu funkcionalnost [3].

Podaci o zaduženom i izdatom gorivu se prenose preko postojeće komunikacione infrastrukture TE-KO u bazu podataka ISPM. Na osnovu ovih podataka omogućeno je efikasnije upravljanje gorivom u Sektoru PM. To se odnosi na planiranje i kontrolu potrošnje goriva na dnevnom, ili na primer, na mesečnom nivou. Unapređenje poslovnog procesa se ogleda u zameni papirnog dokumenta (Sl.1) aplikacijom na mobilnom računaru čime se postiže precizniji i brži proces evidentiranja dolivanja goriva na terenu.

EPS Ogranak TE-KO Kostolac Pomoćna mehanizacija		IZDAVANJE EVRODIZELA NA KOPU IZ CISTERNE br. /						Q.EK.12 Datum kontrolisan dana:		
Dana _____, interni br. vozila _____, cisterne _____										
Litara u cisterni						Totalizator [l]				Kontrola
Br. CMS	Br. izdatnice	Stanje	Doliveno	Ukupno	Ukupno izdato	Ostalo	Na početku		Na kraju	
Vreme dolivanja	Pozicija	Br. interni	Br. naloga	Broj [Mč] / [Km]	Izdato [l]	Totalizator [l]	Rukovalac/vozač			Kontrola
							Ime/Prezime	MB	Potpis	
Izdavalac primio/predao			Podatke u ISPM uneo			Kontrolisao				
Ime/Prezime	MB	Potpis	Ime/Prezime	MB	Potpis	Ime/Prezime	MB	Potpis		

Sl.1 Q.EK.12 Izdavanje goriva na terenu

Maziva i tehničke tečnosti se koriste za interventno održavanja u eksploataciji (na kopu „Drmno“) u radionici za mašine i radionici za vozila (uključuje i redovne servise). Realizovana aplikacija je namenjena radnicima u radionici koji održavaju mašine i vozila PM, kao i izdavaocima maziva i tehničkih tečnosti na terenu na kopu „Drmno“ [4].

završetku izdavanja i popunjavanja obrasca, operater unosi podatke u ISPM, i time se dobijaju sve informacije o izdatim mazivima i tehničkim tečnostima kao što su datum (vreme) izdavanja, mesto, količina i na kojoj mašini je izvršeno dolivanje. Aplikacija na mobilnom računaru omogućava evidentiranje izdavanja MazivaTT, putem odgovarajućeg komunikacionog kanala, kao što su npr.: internet, intranet, ftp i podaci se prenose na server u IT sektoru. Ovim je omogućena brža i tačnija obrada podataka za izveštavanje o potrošnji maziva i TT za potrebe operativnog i top menadžmenta za upravljanje potrošnjom maziva i TT.

Za evidentiranje izdavanja MazivaTT koristi se obrazac „Q.EK.13 Izdavanje maziva i tehničkih tečnosti“, (Sl. 2) i softver „Maziva i TT“ ISPM u koji se unose podaci o izdavanju mazivaTT na terenu i u radionicama. Po

EPS Ogranak TE-KO Kostolac Pomoćna mehanizacija		IZDAVANJE MAZIVA I TEHNIČKIH TEČNOSTI br. 576								Q.EK.13 Datum kontrolisanja		
Dana <u>29.4.2018.</u> , br. interni/registracioni VOZILA <u>PO 347 AB</u> rad <u>PM</u> VOZILA / <u>PM</u> MAŠINE												
Mazivo, tehnička tečnost		Br. interni	Br. naloga rada/održavanja	Pozicija	Vreme	Broj [Mč] / [Km]	Izdato [l] / [Kg]	Sistem /sklop	Rukovalac/vozač			Kontrola
Oznaka	FIS sifra								Ime/Prezime	MB	Potpis	
<u>SAE 15W-40</u>	<u>305829</u>	<u>89</u>	<u>216/18</u>	<u>J-II-4D</u>	<u>10.40</u>	<u>863</u> <u>M</u>	<u>30</u> <u>L</u> <u>01</u>	<u>PM</u>	<u>PM</u>	<u>MB</u>	<u>Potpis</u>	
Izdavalac			Kontrolisao									
Ime/Prezime	MB	Potpis	Ime/Prezime	MB	Potpis							
<u>Stevan Todorovic</u>	<u>861</u>	<u>T.T.</u>										

Sistem/sklop: 01-motor, 02-tork, 03-menjač, 04-diferencijal za šenkanje, 05-bočni reduktor, 06-hodni stroj, 07-radni uređaj, 08-hidraulika, 09-mehanizam za upravljanje, 10-elektrika i elektronika, 11-instrumenti, 12-kabina i klimatizacija, 13-sistem za kočenje, 14-pneumatika, 15-razvodnik pogona (reduktor), 16-kardanski prenosnik, 17-prednji most, 18-srednji most, 19-zadnji most, 20-glavne pumpe hidraulike, 21-dizalični deo, 23-šasija, 24-oslanjanje, 25-generatorski deo, 26-kompresorski deo.

Sl.2. Q.EK.13 Izdavanje maziva i tehničkih tečnosti

### 3. APLIKACIJE NA MOBILNOM RAČUNARU ZA IZDAVANJE GORIVA, MAZIVA I TEHNIČKIH TEČNOSTI NA TERENU

#### 3.1 Cilj razvoja i implementacije aplikacija

Osnovni ciljevi razvoja i implementacije aplikacija „Izdavanje goriva na terenu“ i „Izdavanje maziva i tehničkih tečnosti na terenu“ su da se izbegnu greške i ubrza evidentiranje o izdavanju, a da informacije o tim

događajima budu što pre raspoložive u Informativnom sistemu pomoćne mehanizacije (ISPM).

Evidentiranje događaja direktno se unosi putem ekrana uređaja prvo na lokalni mobilni računar, a nakon toga se podaci prenose komunikacionim kanalima u bazu podataka odnosno, ISPM. Time se izbegava unošenje podataka iz dokumenata sa terena u papirnom obliku. Time se postiže eliminacija mogućih grešaka zbog prekućavanja, a obezbeđuje se brži unos, tačnost i dostupnost podataka u sistemu. U ovoj fazi, unos podataka je elektronski, a umesto sertifikacionog tela, postoji odgovorno lice koje verifikuje podatke na brži i lakši način, nego prekućavanjem istih u sistem.

### 3.2 Realizacija aplikacije „Gorivo“

Prema izrađenoj specifikaciji, razvijen je i implementiran sistem za evidentiranje podataka o dolivanju goriva na terenu i kontoli i izveštavanju o potrošnji goriva mašina i vozila. Informacije dobijene u realnom vremenu sa terena, značajno doprinose donošenju kvalitetnih odluka za upravljanje gorivom (planiranjem i nabavkom), kao i dobijanje periodičnih izveštaja (dnevni, mesečni i godišnji) o potrošnji goriva za svaku mašinu ili vozilo [3].

Realizovana aplikacija „Izdavanje goriva na terenu“, prati proces rada izdavaoca goriva. Izdavalac goriva se prijavljuje na sistem, prinoseći svoju ID karticu čitaču (Sl.3).



Sl. 3 Prijavljivanje izdavaoca goriva na sistem

Sledeći korak je izbor aktivnosti: utakanje goriva u cisternu ili izdavanje goriva na terenu (Sl. 4).



Sl. 4 Izbor aktivnosti Izdavaoca goriva

Proces utakanja goriva u cisternu se sastoji od unosa broja izdatnice i količine goriva koliko je utočeno sa pumpe. Nakon završetka unosa tih podataka, sistem šalje podatke o utakanju goriva sa pumpe u ISPM, preko GPRS modema.

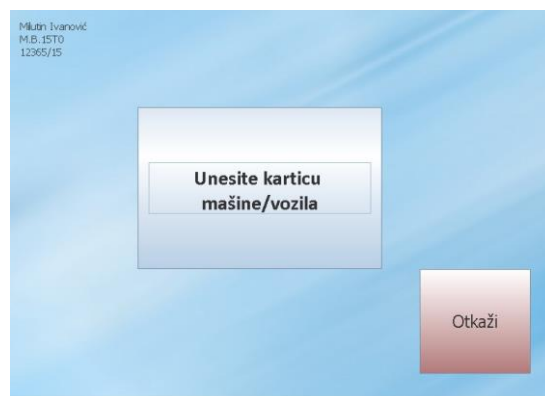
Prema planu dolivanja goriva na terenu i nalogu za rad izdavaocu, vozač cisterne i izdavalac se upućuju na površinski kop gde se nalaze mašine kojima je potrebno izvršiti dolivanje goriva do punog rezervoara. Aplikacija omogućava unos svih relevantnih informacija o dolivanju goriva:

- ID kartica mašine/vozila;
- ID kartica rukovaoca/vozača;
- Broj radnog naloga rukovaoca/vozača;
- Količina dolivenog goriva;
- Broj motočasova rada mašine ili pređenih kilometara vozila;
- ID kartice izdavaoca goriva, kao potvrda da je izvršen unos svih podataka.

Na Sl. 5, Sl. 6 i Sl. 7 su prikazani ekrani aplikacije kao primer toka procesa rada kod dolivanja goriva, a koje popunjava izdavalac goriva.

Svi ovi podaci se putem GPRS modema, šalju preko komunikacionog servera u bazu podataka. Pored ovih podataka, u ISPM se šalju i sistemski podaci:

- vrsta goriva,
- datum i vreme transakcije,
- GPS koordinate
- Interni broj cisterne (iz ISPM).



Sl. 5 Identifikacija mašine putem ID kartice



Sl. 6 Unos motočasova rada mašine

Sl. 7 Unos dolivenih litara goriva

### Završetak smene

Kada izdavalac završi svoju smenu, sledeći korak je „Završetak rada“, a aplikacija na osnovu unetih podataka u toku smene, na ekranu mobilnog računara ispisuje pregled aktivnosti u smeni. Sumarno se prikazuje (Sl. 8):

- stanje goriva na početku smene,
- utočena količina goriva u toku smene,
- broj utakanja na pumpi u smeni,
- izdata količina goriva,
- broj dolivanja na terenu,
- količina goriva na kraju smene,
- stanje totalizatora na početku smene i
- stanje totalizatora na kraju smene.

ZAVRŠETAK RADA SUMARNO Tatra C8	
Stanje goriva na početku rada:	7.924 L
Utočeno goriva tokom rada:	3.000 L
Ukupan broj dolivanja na pumpi:	1
Izdato goriva tokom rada:	1.114 L
Ukupan broj izdavanja na terenu:	1
Stanje goriva na kraju rada:	9.810 L
Stanje totalizatora na početku rada:	2277791967 L
Stanje totalizatora na kraju rada:	2277793081 L

Sl. 8 Podaci izdavaocu na kraju smene

### 3.3 Realizacija aplikacije „MazivaTT“

Kao i kod aplikacije za „Gorivo“, izrađena je funkcionalna specifikacija u skladu sa procesima odvijanja izdavanja MazivaTT (na terenu ili u radionici). Na osnovu specifikacije, realizovan i implementiran modul za evidentiranje izdatog maziva i tehničke tečnosti za određenu mašinu i vozilo, lokaciju, datum i vreme izdavanja i količinu. Po završenoj transakciji i izdatom MazivaTT, podaci se pamte u lokalni mobilni računar, a na kraju smene i prilikom primopredaje dužnosti, podaci o svim transakcijama se prenose u bazu podataka ISPM putem bežičnog prenosa. Tako dostavljeni dnevni ili smenski podaci su dostupni za izradu izveštaja za potrebe

planiranja i upravljanja zalihama od strane odgovornih lica, ali i menadžmentu Sektora pomoćne mehanizacije.

Realizovana aplikacija „Izdavanje MazivaTT na terenu“, prati proces rada izdavaoca maziva i tehničkih tečnosti, na sličan način kao i kod aplikacije „Gorivo“:

Izdavalac MazivaTT se prijavljuje na sistem, prinoseći svoju ID karticu čitaču (Sl. 9).

Sl. 9 Prijavljivanje izdavaoca MazivaTT na sistem

Nakon toga, unosi se broj dokumenta koji prati proces izdavanja MazivaTT (Sl. 10). Ovo je neophodno radi povezivanja dokumenta u okviru ISPM.

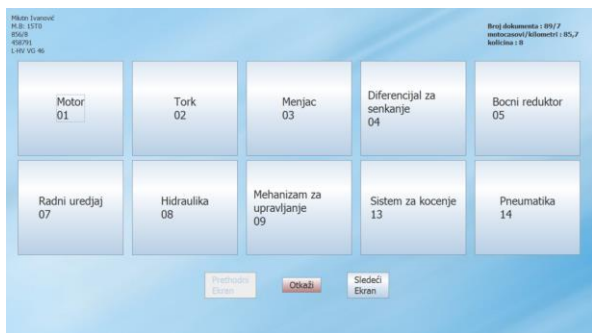
Sl. 10 Unos broja dokumenta

Kod izdavanja odnosno dolivanja MazivaTT, potrebno je odabrati tip MazivaTT (Sl. 11)

Sl. 11 Izbor MazivaTT za izdavanje

Izbor mašine, naloga za rad rukovaoca, broj motočasova i količina izdatog MazivaTT je identična proceduri izdavanja goriva.

Isti ćemo, u aplikaciji „MazivaTT“ neophodno je uneti sklop u koji je izvršeno dolivanje (Sl. 12).



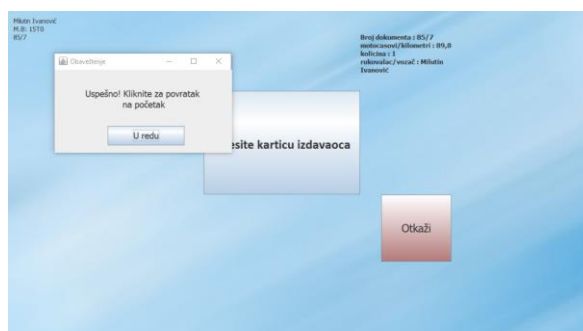
Sl. 12 Izbor sklopa

Potvrdu, da je ispravno evidentiran proces izdavanja, vrši izdavalac prinošenjem svoje ID kartice (Sl. 13).



Sl. 13 Potvrđivanje izdavaoca o unetim podacima

Sistem, nakon toga, pamti podatke o tom evidentiranom događaju, obaveštava izdavaoca o uspešno izvršenoj transakciji i spreman je za unos evidentiranja novog događaja, ili za završetak rada izdavaoca u smeni.

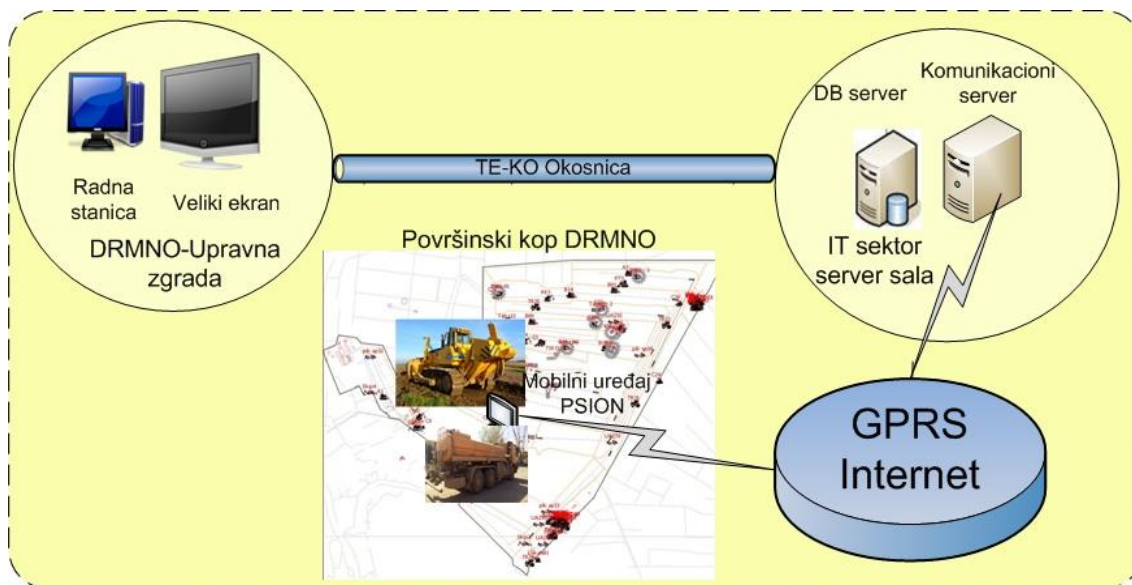


Sl. 14 Potvrda iz sistema o ispravno evidentiranom unosu

Prilikom predaje smene, izdavalac vrši transfer podataka u bazu podataka ISPM, razdužuje mobilni uređaj, tako da novi izdavalac može da krene u gore opisanu proceduru.

### 3.4 Infrastruktura

Na Sl. 15 je prikazana šema fizičke arhitekture projektovane i realizovane aplikacije „Izdavanje goriva na terenu“ i „Izdavanje maziva i tehničkih tečnosti“ sa glavnim fizičkim komponentama. U data centru se nalaze serveri za aplikacije ISPM (baza podataka, web server i komunikacioni server), a komunikaciona infrastruktura TE-KO omogućava pristup ISPM sa svih lokacija TE-KO Kostolac.



Sl.15. Fizička arhitektura sistema

## 4. INTEGRACIJA ISPM I APLIKACIJA ZA MOBILNE RAČUNARE

Jedan od ključnih pokazatelja rada mašina i vozila na kopu je **potrošnja goriva, maziva i tehničkih tečnosti**. Svaka mašina/vozilo ima svoju karticu, kao i rukovaoci i vozači. Putem mobilnog računara instaliranog na cisterni ili kamionu, uz korišćenje odgovarajuće komunikacione infrastrukture na server se šalju podaci o utakanju u

cisternu i izdavanju goriva mašinama na terenu, odnosno evidentiranje dolivanja MazivaTT.

Na Sl. 16 je prikazan primer izveštaja o potrošnji goriva. Ovaj pregled se generiše u tekućem vremenu, a može se primenom filtera izveštaj pogledati za bilo koji ranije period, jer se podaci nalaze u bazi podataka ISPM. Izveštaj omogućava pregled potrošnje goriva po mašini, ili vozilu i to:

- ukupna potrošnja za određeni period rada mašine,

- prosečna potrošnja,
- odnos prosečne prema normativnoj potrošnji u %.

Navedene veličine se prate po rukovaocima mašina i vozačima vozila.

EPS Ogranak "TE-KO Kostolac" Pomoćna mehanizacija										Potrošnja goriva prema dolivanju na terenu			Q.GO.05 Dokument generisan 31.01.2019 10:34	
Vrsta	Model i tip	Interni broj	Kartica	Dat.dolivanja	Pri km/mč	Gorivo	Rukovalac	Razl.km/mč	Doliveno	Spec.potr.	Norm.potr.	Odnos		
Buldozer B	TD25M EHTRA	B20	1009807671	15.11.2018 11:02:02	6.354,00	Evrodizel	2046858238	7,00	396,00	56,57	45,00	125,71%		
				14.11.2018 14:18:27	6.347,00	Evrodizel	2046858238	10,00	445,00	44,50	45,00	98,89%		
				13.11.2018 10:28:06	6.337,00	Evrodizel	1010562279	6,00	370,00	61,67	45,00	137,04%		
				12.11.2018 12:22:22	6.331,00	Evrodizel	1010562279	15,00	230,00	15,33	45,00	34,07%		
				09.11.2018 17:30:12	6.316,00	Evrodizel	2046858238	5,00	220,00	44,00	45,00	97,78%		
				08.11.2018 10:52:55	6.311,00	Evrodizel	2046858238	4,00	201,00	50,25	45,00	111,67%		
				07.11.2018 09:56:00	6.307,00	Evrodizel	2046858238	9,00	120,00	13,33	45,00	29,63%		
				05.11.2018 09:25:24	6.298,00	Evrodizel	1010562279	4,00	165,00	41,25	45,00	91,67%		
				04.11.2018 08:54:19	6.294,00	Evrodizel	1010562279	11,00	165,00	15,00	45,00	33,33%		
				02.11.2018 09:04:44	6.283,00	Evrodizel	1010562279	5,00	210,00	42,00	45,00	93,33%		
				01.11.2018 10:21:26	6.278,00	Evrodizel	2046858238	4,00	166,00	41,50	45,00	92,22%		
			BROJAČ=11					SUMA=80,00	SUMA=2.688,00	PROSEK=33.60	PROSEK=45,00	PROSEK=74.67%		
	BROJAČ=11							SUMA=80,00	SUMA=2.688,00	PROSEK=33.60	PROSEK=45,00	PROSEK=74.67%		
	BROJAČ=11							SUMA=80,00	SUMA=2.688,00	PROSEK=33.60	PROSEK=45,00	PROSEK=74.67%		

Sl. 16 Izveštaj o potrošnji goriva

## 5. ZAKLJUČAK

Praćenje potrošnje goriva, maziva i tehničkih tečnosti su značajni ključni pokazatelji uspešnosti upravljanja PM u TE-KO. Zato je potrebno da se vrši stalno poboljšanje praćenja potrošnje, što zbog ukupnih troškova, što zbog pokazatelja ispravnosti mehanizacije (veća potrošnja goriva, maziva i tehničkih tečnosti, može da ukaže na stanje pojedinih mašina u smislu dotrajalosti i isplativosti dalje eksploatacije).

S druge strane, savremene IKT tehnologije, omogućavaju izdavaocima da na lakši način evidentiraju izdate količine, kao i brži i tačniji način praćenja izveštaja o potrošnji po svakoj mašini ili vozilu. Integracija aplikacija na mobilnim računarima, sa „klasičnim“ informacionim sistemima, potvrđuje najbolju praksu, da podatak treba uneti u sistem tamo gde nastaje i obezbediti „samo jedan“ unos, čime se poboljšava kvalitet podataka u smislu tačnosti i brzine.

Ove aplikacije su znatno ubrzale donošenje pravovremenih odluka od strane menadžmenta kako sektora za PM tako i TE-KO. Krajnji cilj je izbacivanje papirnih dokumenata, ali je potrebno obezbediti preduslove, a to je sertifikovano digitalno potpisivanje, što je stvar koja se odnosi na ceo EPS.

Od implementacije savremenog poslovnog procesa "PP-potrošnja goriva" sa softverskom podrškom učinjene značajne uštede koje se mere stotinama hiljada evra.

## ZAHVALNICA

Istraživanje prezentovano u ovom radu je delimično sprovedeno u okviru projekta TR 35030 koji je podržan

programom tehnološkog razvoja Ministarstva za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

## LITERATURA

[1] Pantelić, S. D., Ivanović, G., Mitrović, R., Jovanović, D., Stošić, D., Dimitrijević, S. (2013) „Improvement of Auxiliary Mechanization Operations Management at an Open-Pit Coal Mine Based on a Process Approach with ICT Support“, in Subic, A. (eds.), Advances in Engineering Materials, Product and Systems Design, Advanced Materials Research Vol. 633, Trans Tech Publications, Switzerland, pp. 322-334.

[2] Mitrović, R., Jovanović, D., Ivanović, G., Stošić, D., Pantelić, S., Stević, D., Stefanović, B., Dimitrijević, S., i dr. (2010-2017) „Razvoj i implementacija sistema upravljanja operativnim radom pomoćne mehanizacije na bazi raspoloživosti i proizvodno ekonomskih pokazatelja operativnog rada sa podrškom savremenog informacionog sistema / informacionih tehnologija, Faze I-V“, Mašinski fakultet u Beogradu, Izveštaj br. MF 09.03-376/11, 09.03-381/11, 09.03-393/12, Beograd, 2011-2012.

[3] Stošić, D., Stević, D., Pantelić, S., Nikolić N., Negočić R., Todorović F. „Fuel Management At Auxiliary Mechanization Of Open-Pit Coal Mine Supported By Modern ICT“, 8th International Scientific Conference IRMES 2017, pp. 405-410.

[4] Mašinski fakultet, Beograd; Institut "MIhajlo Pupin" (2018), „Izdavanje maziva i tehničkih tečnosti“, Izveštaj br. MF 09.03-513/18.

# PRIMENA ANDROID UREĐAJA U MERENJIMA ANALOGNIH ELEKTRIČNIH SIGNALA

## APPLICATION OF ANDROID BASED DEVICES IN ANALOG ELECTRIC SIGNAL MEASUREMENT

Đorđe Kocić, Nenad Petrović  
*Elektronski fakultet u Nišu*

**Sadržaj** – U ovom radu biće obrađen jedan osnovni, jednostavni način korišćenja pametnog uređaja sa Android platformom za merenje analognog električnog signala preko audio ulaza. Obraden je i princip rada aplikacije koja se koristi za merenja. Takođe je predstavljena i praktična primena takvog sistema za nadzor potrošača električne mreže, merenjem parametara struje rezistivnog potrošača.

**Abstract** - This paper describes a basic, simple method for utilizing an Android based smart device as a measurement instrument for measuring analog electric signals through audio input. Operational principle of the application used for the measurement is summarised. Also, we present a practical application of this system for monitoring of electrical grid consumers by measuring current parameters of resistive load.

### 1. UVOD

Napredak tehnologije i industrijske, serijske proizvodnje dovodi do široke dostupnosti vrlo kompleksne i moćne opreme za prikupljanje, obradu i prosleđivanje podataka. Osnovna ideja je da se iskoristi dostupnost i jednostavnost hardvera i softvera za dalji razvoj merne platforme koja ima praktičnu primenu, a koja bi se u budućnosti mogla unaprediti i proširiti. Objedinjenost velikog broja senzora i solidne procesorske snage u okviru jednog uređaja omogućava širok spektar mogućnosti za analizu i istraživanje. Sa tako pristupačnom opremom i velikim brojem aplikacija koje su dostupne besplatno, može se vršiti veliki broj pilot porjekata koji se kasnije mogu unaprediti ako preliminarana istraživanja to opravdaju [1].

Mogućnosti primene ovakvih sistema za merenje su vrlo široke. Mobilnost Android uređaja i autonomija napajanja omogućavaju rad u udaljenim oblastima i objektima (hale, pogoni, izolovani industrijski merni sistemi...), u pokretnim objektima (vozila, radne mašine, brodovi...), a takođe omogućava nekoliko načina bežičnog povezivanja (Wi-Fi, GSM, 3G, 4G, GPS). Merni sistemi bazirani na ovom principu mogu se primeniti i u edukativne svrhe, kao alternativna sredstva za laboratorijska istraživanja ili sistemi za akviziciju podataka na daljinu sa velikim brojem korisnika koji mogu pristupiti sistemu preko interneta (virtuelne laboratorije). Buduće iteracije sistema mogu uključiti integrisana merenja struje, napona, snage, energije, temperature, ubrzanja, nagiba, vibracija, geolokacije, osvetljenja i drugih veličina, što sve zajedno

čini jednu moćnu, dostupnu platformu i za komercijalne svrhe i istraživanja.

Uređaji koji se mogu primeniti kao hardver u ovu svrhu su praktično svi komercijalno dostupni pametni uređaji sa Android platformom, uključujući telefone, tablete i računare, pametne digitalne TV risivere, pri čemu uređaji novije generacije pružaju bolje performanse i više mogućnosti (veći broj senzora), a zahtevana složenost zavisi od primene. Što se dostupnog softvera tiče, postoje komercijalna rešenja ovog tipa, kako za mobilne uređaje (Android, iOS) [2], tako i za desktop računare (Windows, OS X) [2, 3]. Međutim, SmartScope [2] se za preciznija merenja oslanja na dodatni hardver prilično visoke cene. Naš je cilj da obezbedimo mogućnost preciznih merenja korišćenjem jeftinijeg dodatnog hardvera. Što se besplatnih aplikacija ove vrste za Android tiče, u postojećim rešenjima akcenat je na zvučnom signalu i primenama za štimovanje muzičkih instrumenata, pri čemu se za vizuelizaciju koristi spektrogram [4, 5]. Uglavnom, ove aplikacije se mogu koristiti za merenje frekvencije signala, ali ne i za merenje napona. Primeri besplatnih Android aplikacije koje imaju grafički interfejs osciloskopa su [6, 7], ali je u njima akcenat na vizuelizaciji, a ne na merenju. Međutim, pored osnovnih funkcionalnosti i merenja, naša aplikacija ima mogućnost slanja podataka na server, sa svrhom nadzora i analize ponašanja potrošača u električnoj mreži.

U ovom radu biće obrađen jedan osnovni, jednostavni način korišćenja pametnog uređaja sa Android platformom za merenje analognog električnog signala i grafički prikaz obrađenih podataka. Ukratko je dat i princip rada aplikacije koja se koristi u ovom kontekstu. Osim toga, predstavljen je sistem za nadzor i upravljanje potrošnjom koji se zasniva na merenjima ove aplikacije, koji ima potencijalne primene kako za stanovništvo tako i u industrijskim uslovima. Manje systemske jedinice bi podrazumevale nadzor potrošača u okviru jednog objekta (kuća, zgrada, mašinski pogon...), da bi se postigla veća efikasnost, smanjila potrošnja, ograničila vršna potrošnja ili napravio bilo kakav plan i raspored potrošnje koji zahteva korisnik. Složeniji sistem bi se mogao implementirati čak i na energetskej distributivnoj mreži, za potrebe regulacije tokova snaga.

### 2. PRINCIP MERENJA

Princip merenja se svodi na merenje analognih veličina pomoću računara posredstvom akvizicione kartice [8].



Analogni periodični električni signal se prikuplja pomoću kola za kondicioniranje signala, koje prilagođava naponski nivo merenog signala, ograničenjima uređaja kojim se meri. Signal se zatim dovodi na analogni audio ulaz pametnog uređaja. Signal je odatle prosleđen sistemu za obradu zvuka. U okviru tog sistema, analogni signal se filtrira i uzorkuje, vrši se analogno digitalna konverzija i generiše se digitalna slika analognog signala. Nad digitalnim signalom pohranjenim u baferu audio sistema, sada je moguće vršiti razna ispitivanja. Mogu se meriti osnovni parametri signala, frekvencija, amplituda, oblik signala ili složeniji parametri kao npr. harmonijski spektar, harmonijska distorzija itd.

Kao dopuna, mogu se istovremeno meriti dva analogna periodična električna signala, ako uređaj poseduje dvokanalni audio ulaz. Takođe je moguće paralelno dodati funkcionalnosti ugrađenih senzora u uređaju. Što omogućuje istovremeno merenje električnih i fizičkih veličina u realnom vremenu, obradu i slanje tih podataka udaljenim korisnicima.

U ovom primeru merenje se vrši preko jednog audio kanala i podržava merenje samo periodičnih signala bez jednosmerne komponente, jer ulazno kolo audio sistema filtrira jednosmerne komponente.



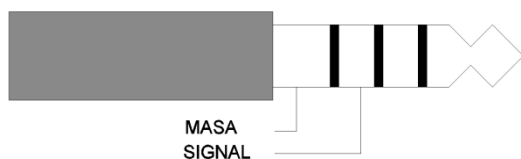
Slika 1. Blok dijagram toka merenja

### 3. ISPITIVANA OPREMA

Oprema primenjena u ovom radu se sastoji od: mernog strujnog transformatora (strujna klešta), kola za kondicioniranje signala (potenciometar u ovom slučaju), pametnog uređaja, proizvođača Acer i komunikacionih provodnika 2x0.22mm<sup>2</sup>.

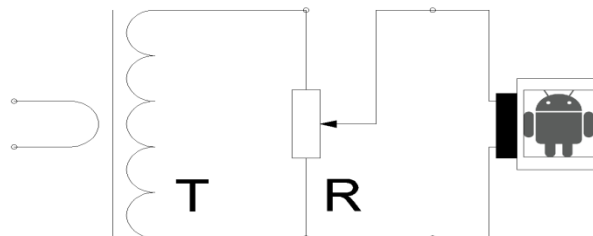
Kolo za kondicioniranje signala, prikazano na slici 2., je u datom primeru prost potenciometar (promenljivi otpornik) koji ima ulogu razdelnika napona, kojim se može podešavati amplituda ulaznog napona, a zadržava se oblik izvornog signala.

U ovom slučaju ulogu akvizicione kartice ima sistem za obradu analognog audio signala Android uređaja. Rezolucija analogno digitalne konverzije (ADC) je 24 bit, a stopa uzorkovanja je 48 kHz. Raspored kontakata na audio priključku je dat na Slici 2.



Slika 2. Audio priključak

Meren je signal struje rezistivnog potrošača, mrežne frekvencije 50 Hz. Signal struje se posredstvom strujnog mernog transformatora prevodi u naponski signal koji se dalje vodi na audio priključak pametnog uređaja. Šema kompletnog sistema prikazana je na Slici 3.



Slika 3. šema testiranja

### 4. PRIMENA FFT ALGORITMA U MERENJU ELEKTRIČNIH SIGNALA

Brza Furijeova transformacija (FFT) predstavlja algoritam koji služi za efikasno izračunavanje vrednosti diskretne Furijeove transformacije (DFT) ili njene inverzne forme (IFFT). Ova matematička metoda služi za transformaciju vremenskog domena funkcije u frekventni domen. Kao ideja javlja se još 1965. godine, a i danas se intenzivno koristi u različitim oblastima nauke, matematike i inženjerstva [9].

U nastavku su date formule direktne i inverzne diskretne Furijeove transformacije, redom:

*DFT(FFT):*

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)e^{-j\left(\frac{2\pi}{N}\right)nk} \quad (k = 0, 1 \dots N - 1) \quad (1)$$

*IDFT(IFFT):*

$$x(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X(k)e^{j\left(\frac{2\pi}{N}\right)nk} \quad (n = 0, 1 \dots N - 1) \quad (2)$$

Na prvom mestu, FFT se primenjuje u okviru različitih tehnika obrade i analize signala - od zvučnih talasa, obrade slika, merenja napona do seizmologije. Međutim, sve se više koristi i za rešavanje nekih dugih problema, poput diferencijalnih jednačina, ali i za neke inovativne primene, poput praćenja berze. U Listingu 1, dat je algoritam koji koristi FFT sa svrhom merenja električnih veličina [9], na osnovu signala prikupljenog sa audio ulaza.

Osim toga, biće navedeni još neki bitni pojmovi iz oblasti obrade signala koji se koriste u algoritmu: frekvencija uzorkovanja i funkcija prozora. Uzorkovanje je uzimanje vrednosti kontinualnog signala u pravilnim vremenskim intervalima. Interval uzorkovanja je  $T_s$ , a njegova recipročna vrednost se naziva frekvencija uzorkovanja ( $F_s$ ). Po Nikvistovoj teoremi, frekvencija uzorkovanja trebalo bi da bude najmanje dva puta veća od najveće frekvencije razmatranog signala. Prozorske funkcije su tehnika koja se koristi da bi se minimizirao efekat curenja. Do curenja dolazi kada se računa FFT neperiodičnog

diskretizovanog signala. Curenje rezultuje razlivanjem energije signala u širokom spektru, umesto da se frekvencija nalazi u ograničenom frekventnom opsegu.

*Ulaz:* N - veličina FFT i prozora uorkovanja, Fs – frekvencija uzorkovanja, data[n] – ulazni bafer PCM podataka, fft[N \* 2] - FFT kompleksni bafer (preplitanje realnih/imaginarnih), magnitude[N / 2] - spektar snage

*Izlaz:* magnituda, frekvencija

1. Snimati zvučne podatke u data[] bafer
2. Primeniti funkciju prozora na data[]
3. Kopiranje realnih ulaznih podataka u kompleksni FFT bafer:
 

```
for i = 0 to N - 1
  fft[2*i] = data[i]
  fft[2*i+1] = 0
end for
```
4. Primena in-place FFT (kompleksni u kompleksne) nad fft[] baferom
5. Računanje vrednosti magnituda iz fft[]
 

```
for i = 0 to N / 2 - 1
  re = fft[2*i]
  im = fft[2*i+1]
  magnitude[i] = sqrt(re*re+im*im)
end for
```
6. Nalaženje najvećeg pika u spektru:
 

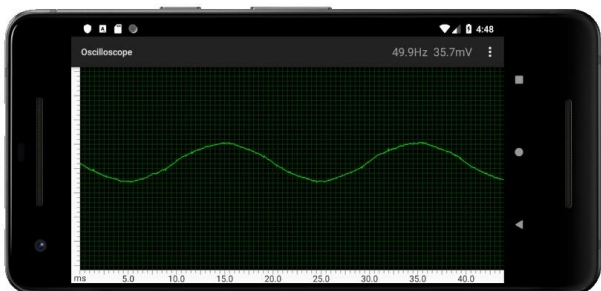
```
max_magnitude = -INF
max_index = -1
for i = 0 to N / 2 - 1
  if magnitude[i] > max_magnitude
    max_magnitude = magnitude[i]
    max_index = i
  end if;
```
7. Konverzija indeksa maksimalnog pika u frekvenciju:
 

```
freq = max_index * Fs / N
```
8. end

Listing 1. Primena FFT za izračunavanje frekvencije i magnituda zvučnog signala

## 5. ANDROID APLIKACIJA

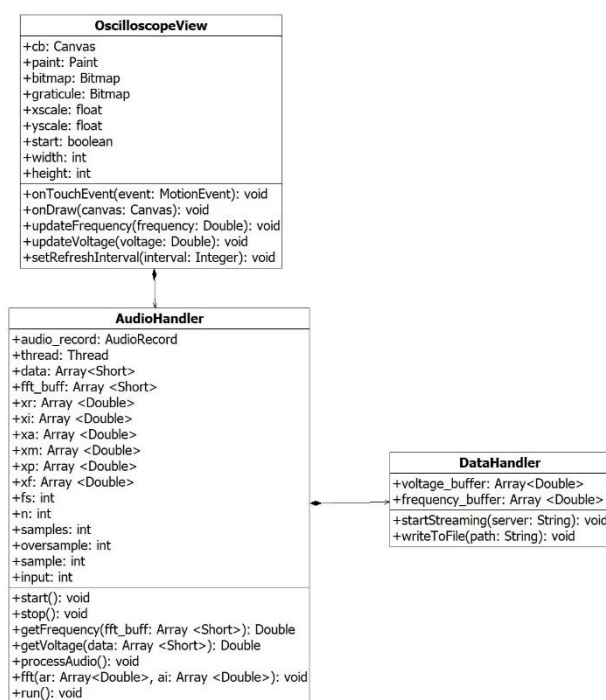
Za merenje frekvencije i napona električnih signala, razvijena je Android aplikacija zasnovana na tehnikama obrade i analize digitalnog signala korišćenjem brze Furijeove transformacije. Snimak ekrana aplikacije dat je na Slici 4.



Slika 4. Snimak ekrana Android aplikacije za merenje električnih veličina

Kao što se može videti, glavni ekran aplikacije ima izgled osciloskopa, dok se u gornjem desnom uglu prikazuju izmerene vrednosti frekvencije (u Hz) i napona (u mV). Osim toga, u aplikaciji je moguće uključiti ili isključiti slanje podataka na centralni server za nadzor potrošača električne mreže i podesiti koliko se često podaci šalju sa Android uređaja na server.

Ključne klase Android aplikacije osciloskopa prikazane su na Slici 5. Klasa *OscilloscopeView* iscrtaiva u realnom vremenu grafički prikaz signala i izmerene vrednosti frekvencije i napona u koje se prikazuju u zadanom vremenskom intervalu. *AudioHandler* je klasa zadužena za rad sa zvučnim signalom: snimanje zvuka, čuvanje prikupljenih podataka o zvuku u baferu, izvršavanje FFT, čuvanje rezultata obrade u pomoćnim baferima (realni, imaginarni deo, magnitude) i izračunavanje električnih veličina na osnovu bafera zvučnog signala koji dolazi sa potrošača. Pokretanjem *run()* funkcije ove komponente započinje ciklus obrade signala u realnom vremenu i prikaza rezultata. *DataHandler* služi za skladištenje izmerenih veličina u baferu, njihov upis u fajl ili bazu podataka i slanje toka podataka na server u slučaju kada se aplikacija koristi sa svrhom nadgledanja potrošača u električnoj mreži.

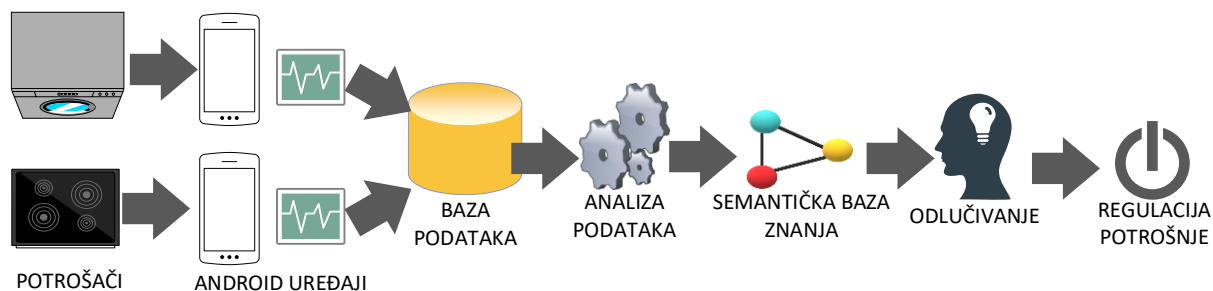


Slika 5. UML dijagram ključnih klasa Android aplikacije

## 6. SISTEM ZA NADZOR POTROŠAČA

Osim što pruža mogućnost primene Android mobilnog telefona kao portabilnog osciloskopa za edukativne ili druge svrhe, još jedna funkcija predstavljene aplikacije jeste nadzor uređaja u električnoj mreži, uz pomoć sistema čiji je princip rada dat na Slici 6.

U okviru ove primene, izmereni podaci o električnim veličinama potrošača električne mreže se šalju na centralni server preko interneta, korišćenjem mobilne mreže ili WiFi. Dalje, na centralnom serveru se prikupljeni podaci analiziraju različitim tehnikama data mininga (klasterovanje, klasifikacija, regresija, detekcija anomalija i slično) [10] sa ciljem da se otkriju ili predvide pojedini događaji (poput anomalija, otkaza potrošačkih uređaja, predviđanja potrošnje i slično). Kada se otkriju neki specifični događaji, potrebno je da sistem preduzme



Slika 6. Princip rada sistema za nadzor i regulaciju potrošnje električne energije

određene akcije u tom slučaju: ugasi potrošača u čijem se radu detektuju nepravilnosti, koriguje/reguliše njegov napon, promeni režim rada uređaja sa ciljem da se uštedi električna energija.

Rezultati analize prikupljenih podataka se semantički anotiraju, da bi se omogućila primena mehanizama zaključivanja na osnovu semantičke baze znanja. Za ovu svrhu, koriste se ontologije. U računarstvu, ontologija predstavlja model podataka u kojem se definišu osnovni koncepti od interesa u okviru određenog domena, njihovi atributi i veze [11, 12]. Hijerarhijske veze koncepata se u ontologiji predstavljaju podklasama. Isečak ontologije korišćene u okviru našeg sistema dat je na Slici 7.

Kao što se može videti na Slici 7, glavni koncepti u domenskoj ontologiji su: potrošač, događaj i akcija. Postoje više podklasa potrošača, koji predstavljaju razne kućne aparate i uređaje. Svaki potrošač ima graničnu vrednost normalnog rada, izraženu u nekoj električnoj veličini (recimo napon ili jačina struje). Potrošači mogu generisati određene događaje: otkaz, anomalija u radu i slično. U zavisnosti od detektovanog događaja, sistem za regulaciju aktivira određenu akciju, poput gašenja uređaja, promene napona i slično.

Na taj način, moguće je ugraditi u mehanizam regulacije ekspertske znanje. Primer pravila odlučivanja na osnovu definisane semantičke baze znanja:

*if (događaj) then aktivirati(akcija)*

Nakon toga, u zavisnosti od donešene odluke, sistem aktivira određeni mehanizam kojim se utiče na povezane uređaje da bi se ostvario zadati cilj ili strategija u određenim situacijama.

Pored navedenih merenih električnih veličina, za svrhu nadzora potrošača u električnoj mreži, bilo bi korisno iskoristiti i neke druge senzore pametnih Android telefona za prikupljanje podataka o ambijentu potrošača, poput temperaturnog, što se planira kao dodatna funkcionalnost u budućnosti.

## 7. REZULTATI PRAKTIČNE PRIMENE

Rezultati dobijeni merenjem uz pomoć opisanog sistema služe da bolje opišu rad sistema u realnim uslovima.

Talasni oblici merenih struja su približno sinusoidalnog oblika najvećim delom zbog toga što su potrošači rezistivnog karaktera i ne unose nikakve distorzije u signal struje.

Rezultati merenja frekvencije iznose približno 50 Hz za sve slučajeve merenja, što je i očekivano s obzirom na kvalitet regulacije frekvencije u našem energetsom sistemu danas.

Srednje vrednosti izmerenog napona u toku 10 sekundi, koji je direktno proporcionalan struji potrošača, prikazane su u Tabeli 1. Vrednosti napona sadrže konstantnu vrednost od oko 18 mV koja odgovara nultoj potrošnji, a otklanja se kalibracijom sistema. Nakon toga, dobijene vrednosti napona se upoređuju sa naponom izmerenim referentnim mernim instrumentom.

Potrošač	Snaga (W)	Mereni napon (mV)	Ref. napon (mV)	Frekvencija (Hz)
1	1000	14.7	13.8	50.0
2	450	7.1	6.8	50.0

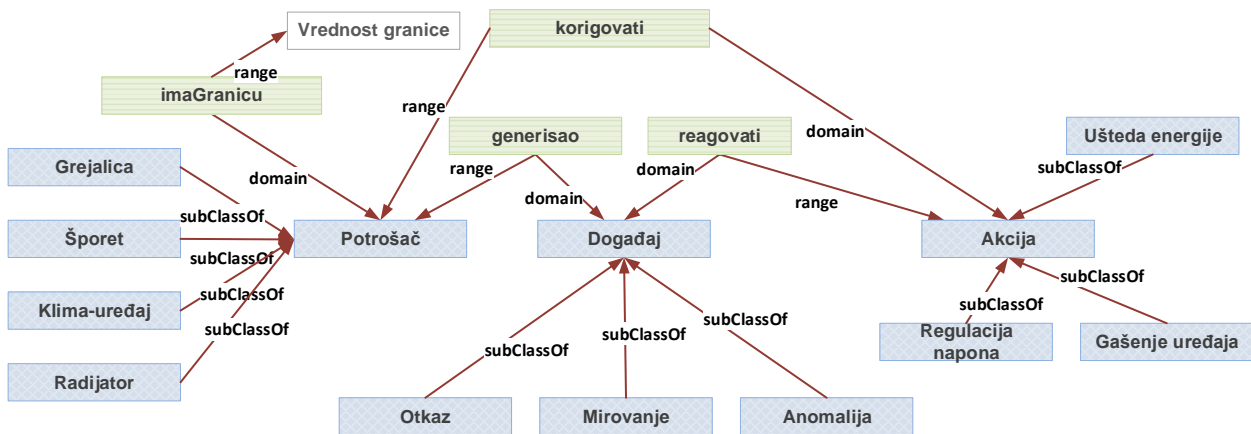
Tabela 1. Rezultati merenja

Na osnovu merenja iz Tabele 1, može se zaključiti da je napon izmeren našom opremom i aplikacijom za oko 7% (u slučaju prvog potrošača) i 5% (u slučaju drugog potrošača) veći od onog koji je izmerio referentni merni instrument, što su zadovoljavajući inicijalni rezultati.

## 8. ZAKLJUČAK

U ovom radu, predstavljen je metod za merenje analognih periodičnih električnih signala pomoću Android uređaja, putem audio ulaza. Teorijska metoda je potkrepljena rezultatima praktične primene i merenja.

Prednosti sistema su dostupnost hardvera i softvera, lakoća primene i velike mogućnosti za istraživanja i nadogradnju. Nedostaci sistema su ograničenje u pogledu performansi i broja integrisanih komponenti (manji broj audio kanala i portova za komunikaciju sa eksternim uređajima).



Slika 7. Isečak domenske ontologije za nadzor i regulaciju potrošača u električnoj mreži

Što se preciznosti merenja tiče, za frekvenciju se dobijaju očekivani rezultati, dok su izmerene vrednosti napona u razmatranim slučajevima za oko 7% (u prvom) i 5% (u drugom) veće od referentnih, što je zadovoljavajuće, ali ukazuje da se još treba raditi na kalibraciji. Preciznija kalibracija biće urađena nakon razmatranja merenja dobijenih sa više različitih potrošača.

Jedna od zanimljivijih primena ovakvog sistema jeste umrežavanje više ovakvih jedinica u veći sistem, koji služi za nadzor većeg broja potrošača ili čak više čvorova energetske mreže sa kasnijom implementacijom i upravljanja takvom mrežom ili skupom potrošača.

Prisutni su naravno i svi elementi potrebni za automatizaciju nekog električnog procesa sa povratnom informacijom o radu i potrošnji, što je planirano za dalji razvoj. Pored toga, neophodno je i ispitati kakve performanse pokazuju tehnike analize izmerenih podataka u različitim slučajevima (predikcija i detekcija otkaza, detekcija anomalija, predikcija potrošnje) i odabrati adekvatne metode za praktičnu primenu. Razmatra se i upotreba drugih, još manjih i pristupačnijih uređaja za svrhu nadzora potrošača, poput Raspberry Pi single-board računara.

Korišćenje Android pametnih uređaja može da ima široku primenu, s obzirom na veliki broj integrisanih senzora, solidnu moć obrade podataka i relativno nisku cenu. Merna platforma sa Android uređajem može se koristiti za merenja u udaljenim objektima gde nije dostupna žičana mreža za komunikaciju i/ili napajanje, pa se može preći na bežičnu komunikaciju (mobilna mreža ili Wi-Fi) i autonomno napajanje. Ovaj princip merenja takođe se može primenjivati za laboratorijska istraživanja ili praktične demonstracije u akademskim potrebama, zbog velike pristupačnosti delova sistema i jednostavnosti implementacije.

## NAPOMENA

Ovaj rad je deo realizacije projekata III44006 i III47003, delimično je finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

## LITERATURA

- [1] A. S. Morris R. Langari, "Measurement and Instrumentation Theory and Application", Elsevier, 2012.
- [2] SmartScope [Online], <https://www.lab-nation.com/>, last accessed January 31st 2019.
- [3] Soundcard Oscilloscope [Online], [https://www.zeitnitz.eu/scope\\_en](https://www.zeitnitz.eu/scope_en), last accessed January 31st 2019.
- [4] Audio Spectrum Monitor [Online], <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.tadaoy.amaoka.audiospectrummonitornoad>, last accessed January 31st 2019.
- [5] SimpleSpectrogram [Online], <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.Musica.ISoundLab.Spectrogram>, last accessed January 31st 2019.
- [6] Spectrogram [Online], <https://play.google.com/store/apps/details?id=net.galmiza.android.spectrogram>, last accessed January 31st 2019.
- [7] Oscilloscope [Online], <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.xyz.scope>, last accessed January 31st 2019.
- [8] W. Nawrocki, "Measurement Systems and Sensors", Artech House, 2005.
- [9] K. R. Rao, D. N. Kim, J. J. Hwang, "Fast Fourier Transform - Algorithms and Applications", Springer, 2010.
- [10] C. Aggarwal, "Data Mining The Textbook", Springer, 2015.
- [11] P. Hitzler, M. Krotzsch and S. Rudolph, "Foundations of Semantic Web Technologies", Chapman & Hall/CRC, USA, 2009.
- [12] J. Davies, R. Studer and P. Warren: Semantic Web Technologies, "Trends and Research in Ontology-based Systems", John Wiley & Sons, Ltd, 2006.

# KONCEPT BAZA PODATAKA U ERP DISTRIBUIRANOM INFORMACIONOM SISTEMU

## CONCEPT DATABASE IN ERP DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEM

Saša Sudar<sup>1</sup>, Miloš Racković<sup>2</sup>, Zdravko Ivanković<sup>1</sup>

*Visoka škola srukovnih studija za vaspitače i poslovne informatičare-SIRMIUM, Sremska Mitrovica, Srbija<sup>1</sup>  
Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno matematički fakultet, Novi Sad, Srbija<sup>2</sup>*

**Sadržaj** – Ovaj rad opisuje koncept baza podataka jednog ERP distribuiranog informacionog sistema prikazanog kroz ulogu i logičku realizaciju slojeva za pristup podacima koji komuniciraju sa bazama podataka implementiranim u ovom klijent-server distribuiranom informacionom sistemu. Pored navedenog pokazane su prednosti koje su dobijene implementacijom SQLite baze podataka na klijentskom delu ove aplikacije kao i pogodnosti koje omogućava sinhronizacija ove lokalne baze podataka, na klijent delu softvera, sa glavnom bazom koja je na serverskoj strani ovog distribuiranog sistema. Prikazane su i druge prednosti dobijene primenom pogleda (View) nad bazom podataka - virtuelnih tabela, na sloju baze podataka serverske aplikacije kao i praktični benefiti na nivou cele aplikacije dobijeni kroz mogućnosti Entity Frameworka, Repository i UnitOfWork patterna na sloju za rad sa podacima. U radu su i ilustrativno predstavljeni ovi repository slojevi za pristup podacima, njihova pozicija i uloga u celokupnoj slojevitoj hijerarhijskoj arhitekturi ove ERP distribuirane klijent-server aplikacije.

**Abstract** - This paper describes the concept of databases of an ERP distributed information system displayed through the role and logical realization of layer data access layers that communicate with databases implemented in this client-server distributed information system. In addition to this, the advantages gained by implementing the SQLite database on the client part of this application, as well as the benefits that enable the synchronization of this local database, to the client part of the software, are shown with the main database that is on the server side of this distributed system. Other advantages gained by using the View over the database - virtual tables, on the database server database as well as practical benefits at the entire application level are obtained through the capabilities of the Entity Framework, Repository and UnitOfWork patterns on the data layer. The paper presents these repository layers for data access, their position and role in the entire layered hierarchical architecture of this ERP distributed client-server application.

### 1. UVOD

ERP<sup>1</sup> je softver baziran na podacima koji upravlja i manipuliše velikom količinom podataka i kao takav mora imati urednu strategiju za pristup podacima. Jedan od važnih aspekata ove strategije je razdvajanje fizičke baze, upita i druge logike pristupa podacima od ostatka aplikacije.

Usled evidentne kompleksnosti ovog distribuiranog informacionog sistema isti je podeljen u više slojeva koji predstavljaju njegove logičke celine od kojih jednu od glavnih celina predstavlja sloj za pristup i manipulaciju podacima.

U slojevitoj hijerarhiji ERP sistema slojevi za upravljanje bazama podataka na klijentskom i serverskom delu aplikacije egzistiraju kao zasebne komponente koje moraju da obezbede niz aktivnosti kao što su smeštanje podataka na trajno čuvanje, kao i da spoljašnjim komponentama sistema omoguće usluge kreiranja, čitanja, izmene i brisanja podataka, takođe treba da odgovore na sve upite upućene ka podacima smeštenim u bazama podataka, moraju omogućiti upravljanje transakcijama i na odgovarajući način odgovoriti na zahteve konkurentnosti. DAL<sup>2</sup> je jedini sloj u sistemu koji čuva i upravlja informacijama u bazi. U njemu su CRUD<sup>3</sup> usluge realizovane skupom metoda koje se brinu o upisu objekta u relacione tabele, kao i o učitavanju podataka iz tabela i njihovo vraćanje u kreirane instance klasa. CRUD operacije se izvršavaju nad trajnim i privremenim objektima [1].

Repository pattern predstavlja dobar načini za postizanje pomenute strategije izolacije sloja za pristup podacima od ostatka aplikacije zbog čega je poslužio kao izbor za praktičnu realizaciju slojeva za pristup bazama podataka ove klijent-server aplikacije. U pomenutom patternu se CRUD operacije implementiraju tako da se za svaki tip u objektnom modelu kreira specijalna mapirajuća klasa koja implementira interfejs. Interfejs prikazuje sve operacije baze koje se mogu izvršiti nad tipom.

Repository se ponaša kao kolekcija u memoriji koja u potpunosti izoluje poslovne entitete infrastrukture podataka što je pogodno za domen model pattern poslovne logike [2].

<sup>1</sup> engl. Enterprise Resource Planning – planiranje resursa u korporacijama.

<sup>2</sup> engl. Data Access Layer – sloj pristupa podacima.

<sup>3</sup> engl. Create Read Update Delete – operacije kreiranja, čitanja, ažuriranja i brisanja.

## 2. SLOJ BAZE KLIJENT APLIKACIJE

SQLite na sloju baze podataka klijent aplikacije omogućava da ovaj deo distribuiranog klijent-server sistema egzistira kao lokalna, samostalna i nezavisna, aplikacija u kojoj se čuvaju podaci koji se unose odnosno prikazuju na WPF pogledima.

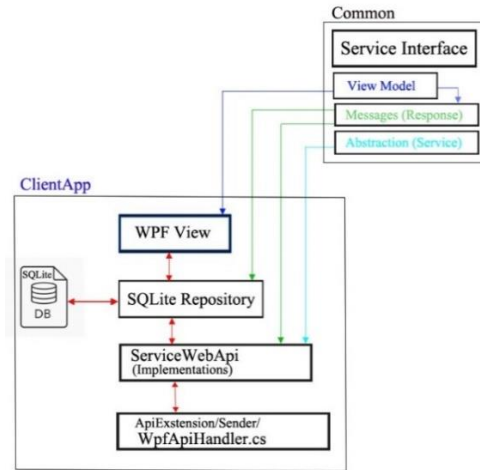
SQLite je „zero-configuration“, samostalni, sistem za upravljanje bazama podataka koji je dizajniran da bude ugrađen direktno u aplikaciju. Elementi baze podataka, u SQLite bazi, su samostalni u okviru jednog fajla [4].

SQLite je napredni sistem baze podataka koristan za skladištenje podataka. Multiplatforman je i jednostavan za upotrebu. U osnovi najviše je primenjivan u android baziranim aplikacionim sistemima. Zbog svoje fleksibilnosti i nezavisnosti od platforme široko je upotrebljen. Sadrži jednostavne tipove podataka, koji imaju sposobnost dinamičkih upita [3].

Na klijent delu datog ERP sistema, SQLite Repository predstavlja deo sloja baze podataka koji neposredno komunicira sa SQLite fajl bazom. Komunikaciju inicira sloj prezentacije, koji je hijerarhijski raspoređen neposredno iznad sloja baze, kako bi sloj za pristup podacima prihvatio podatke sa pogleda i smestio ih u bazu, ili kako bi ovaj sloj obezbedio pogledu prezentacionog sloja podatke za prikaz.

U SQLite repositorijumu su implementirane metode za lokalno kreiranje, izmenu, brisanje kao i za prikaz stavki na pogledima (CRUD<sup>3</sup> operacije). Pored opisanih standardnih metoda koje koristi lokalna klijent aplikacija u SQLite repositorijumu implemetirana je i Sync metoda koja omogućava sinhronizaciju između klijentskog i serverskog dela ove distribuirane aplikacije - odnosno između njihovih baza podataka. Ova funkcionalnost je detaljno opisana u nastavku rada.

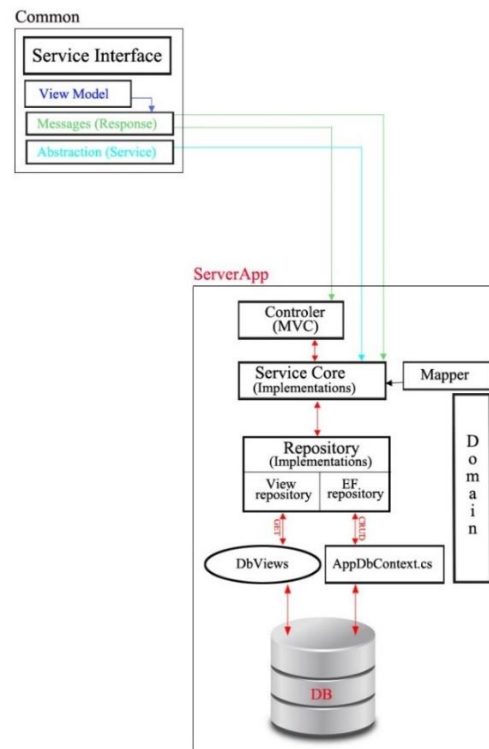
SQLite ima malo jezgro, open source<sup>4</sup> je i baza podataka je datoteka, čime je vrlo lako realizovati kopiranje, premeštanje i cros-platform<sup>5</sup> deljenje datoteka baze podataka, može se lako prilagoditi potrebama emmbedded<sup>6</sup> sistema. Trenutno, usled svojih prednosti, SQLite je postao glavna baza podataka embedded<sup>4</sup> sistema [5].



Slika 1. Klijent aplikacija sloj baze, SQLite Repository

## 3. SLOJ BAZE SERVER APLIKACIJE

Sloj baze podataka serverske aplikacije odnosno baza na serveru implementirana je tako da čuva znatno više podataka u odnosu na klijentsku SQLite bazu koja čuva samo podatke koji se prikazuju na WPF formama. U ovaj bazi se pored istih podataka skladište i pozadinski proračuni koje koriste drugi, viši, slojevi aplikacije (sloj poslovne logike i dr.), kao i informacije od značaja za rad same aplikacije.



Slika 2. Server aplikacija, sloj baze podataka, Entity Framework i View repository

<sup>4</sup> eng Open source – softver čiji je izvorni kod dostupan unutar „open source“ licence svim korisnicima koji ga mogu menjati, prepravljati i poboljšavati njegov sadržaj.

<sup>5</sup> eng Cros-platform – softver koji funkcioniše na različitim hardverskim platformama, ili na različitim operativnim sistemima.

<sup>6</sup> eng Embedded system – ugrađeni sistemi posebne namene.

Repository sloj za pristup bazi podataka na serveru implementiran je tako da sa serverskom bazom podataka posredno komunicira metodama implementiranim na dva načina. Prvi deo metoda implementiran je da komunicira sa virtuelnim pogledima nad bazom podataka (virtuelnim tabelama) dok drugi deo metoda čine metode koje koriste Entity Framework-ov DbContext koji koristi domen model aplikacije.

Microsoftov ADO.NET Entity Framework je platforma za programiranje koja podiže nivo apstrakcije podataka od relacionog nivoa do konceptualnog (entiteskog) nivoa, i na taj način značajno smanjuje neusklađenost koja se odnosi na podatke [6].

U prvi deo metoda spadaju Get metode, koje vraćaju velike količine podataka, kao takve direktno komuniciraju sa kreiranim virtuelnim pogledima nad tabelama baze podataka. Ove metode realizovane su u SQL programskom jeziku za upravljanje podacima u relacionom sistemu za upravljanje bazama podataka.

Pogledi predstavljaju relacione tabele koje virtuelno sadrže kompletan izlaz podataka koji je izvršen nad datim skupom podataka [7].

Pogledi nad tabelama baze podataka kreiraju se prilikom pokretanja aplikacije, generišu ih izvršeni SQL upiti koji objedinjuju tabele koje su u relaciji u virtuelne tabele. Podaci od značaja prikazuju se u virtuelnoj tabeli preko SQL komande LEFT JOIN i to na način da operator izdvaja sve n-torke iz glavne tabele, koja je levo od operatora, i samo one podatke iz referenciranih tabela (koje su u relaciji sa glavnom tabelom) za koje postoji vrednost.

```
public static void CreateView()
{
    string connectionString = new Config().GetConfiguration()["ConnectionString"] as string;

    SqlConnection conn = new SqlConnection(connectionString);
    conn.Open();

    string strSqlCommand = "DROP VIEW IF EXISTS vFoods";
    SqlCommand command = new SqlCommand(strSqlCommand, conn);
    string returnValue = (string)command.ExecuteScalar();

    strSqlCommand =
        "CREATE VIEW vFoods AS " +
        "SELECT food.Id AS FoodId, food.Identifier AS FoodIdentifier, " +
        "food.Code AS FoodCode, food.InternalCode AS FoodInternalCode, " +
        "food.Name AS FoodName, " +
        "foodType.Id AS FoodTypeId, " +
        "foodType.Identifier AS FoodTypeIdentifier, " +
        "foodType.Code AS FoodTypeCode, foodType.Name " +
        "AS FoodTypeName, " +
        "food.MinQuantity, food.BestBefore, " +
        "food.Description, food.IsConcentrate, " +
        "food.Active AS Active, " +
        "(SELECT MAX(v) FROM (VALUES (food.UpdatedAt), " +
        "(foodType.UpdatedAt)) AS value(v)) AS UpdatedAt, " +
        "createdBy.Id AS CreatedById, createdBy.FirstName AS CreatedByFirstName, " +
        "createdBy.LastName AS CreatedByLastName, " +
        "company.Id AS CompanyId, company.Name AS CompanyName " +
        "FROM Foods food " +
        "LEFT JOIN FoodTypes foodType ON food.FoodTypeId = foodType.Id " +
        "LEFT JOIN Users createdBy ON food.CreatedById = createdBy.Id " +
        "LEFT JOIN Companies company ON food.CompanyId = company.Id;";

    command = new SqlCommand(strSqlCommand, conn);
    returnValue = (string)command.ExecuteScalar();

    conn.Close();
}
```

Slika 2. Kreiranje virtuelnog pogleda nad bazom podataka, server aplikacija

Drugi deo repository sloja za pristup podacima server aplikacije čine implementacije osnovnih operacija tj. metoda za kreiranje, izmenu i brisanje koje koriste Entity Framework Context i UnitOfWork pattern. Ove promene na bazi mogu se izvršiti sa svakom promenom objektnog modela aplikacije što može dovesti do mnogo malih poziva ka bazi što se izvršava vrlo sporo i samim tim rezultuje spor rad softvera.

Smanjivanje saobraćaja ka bazi predstavlja veoma važno pravilo u arhitekturi i kreiranju aplikacije, kao i u administriranju baze. Dobro kreiran DAL<sup>2</sup> bi trebalo da omogući model koji će pratiti značajne promene u podacima aplikacije koje se dešavaju tokom njenog izvršavanja. U takvom režimu rada, date promene bi se mogle preneti u bazu u jednom koraku – ne moraju se odmah učiniti promene već se to može uraditi kasnije. Jedinica rada (Unit Of Work<sup>7</sup>) predstavlja logičku transakciju koja grupiše veći broj poziva ka bazi [1].

UnitOfWork<sup>7</sup> prati sve što se izvršava tokom poslovne transakcije koja može uticati na bazu podataka. Kada se završi transakcija, on izvršava sve što treba da se uradi da bi se promenila baza podataka kao rezultat te jedinice rada [8].

Praktična implementacija Unit Of Work patterna, prilikom poziva Repository sloja za upravljanje podacima istom prosledjuje jednu instancu Entity Framework DbContexta čime omogućava transakcije nad glavnom bazom ujedno i transakcije na nivou cele aplikacije.

#### 4. SINHRONIZACIJA BAZA PODATAKA DISTRIBUIRANE KLIJENT-SERVER APLIKACIJE

Kako bi aplikacije radile kao koherentan distribuirani klijent-server informacioni sistem neophodno je da se vrši sinhronizacija podataka između klijentskog i serverskog dela aplikacije.

Odabirom svakog od WPF pogleda inicijalno se vrši sinhronizacija preko Sync metode implementirane u SQLite repository sloju za upravljanje bazom podataka klijent aplikacije, tako da se podaci iz serverske baze učitavaju u klijent SQLite bazu, nakon čega se isti prikazuju preko Display metode na odabranoj formi.

U koliko se prvi put pokreće klijentska aplikacija odnosno odabrani WPF pogled Sync metoda poziva GetList metodu iz server repository sloja i preko kreiranih virtuelnih pogleda nad bazom podataka vraća sve zapise koji se prikazuju na odabranom WPF pogledu. U koliko postoje predhodno dodate i sinhronizovane stavke u SQLite bazi, Sync metoda u tom slučaju uzima vreme poslednje sinhronizovane stavke u SQLite lokalnoj bazi i proverava da li u glavnoj bazi, na serveru, postoje dodate ili izmenjene stavke nakon tog vremena - vremena poslednjeg sinhronizovanog zapisa iz SQLite-a. Ako postoje ovakve n-torke poziva se GetNewerThen metoda koja vraća ove stavke kao response objekat koji će biti

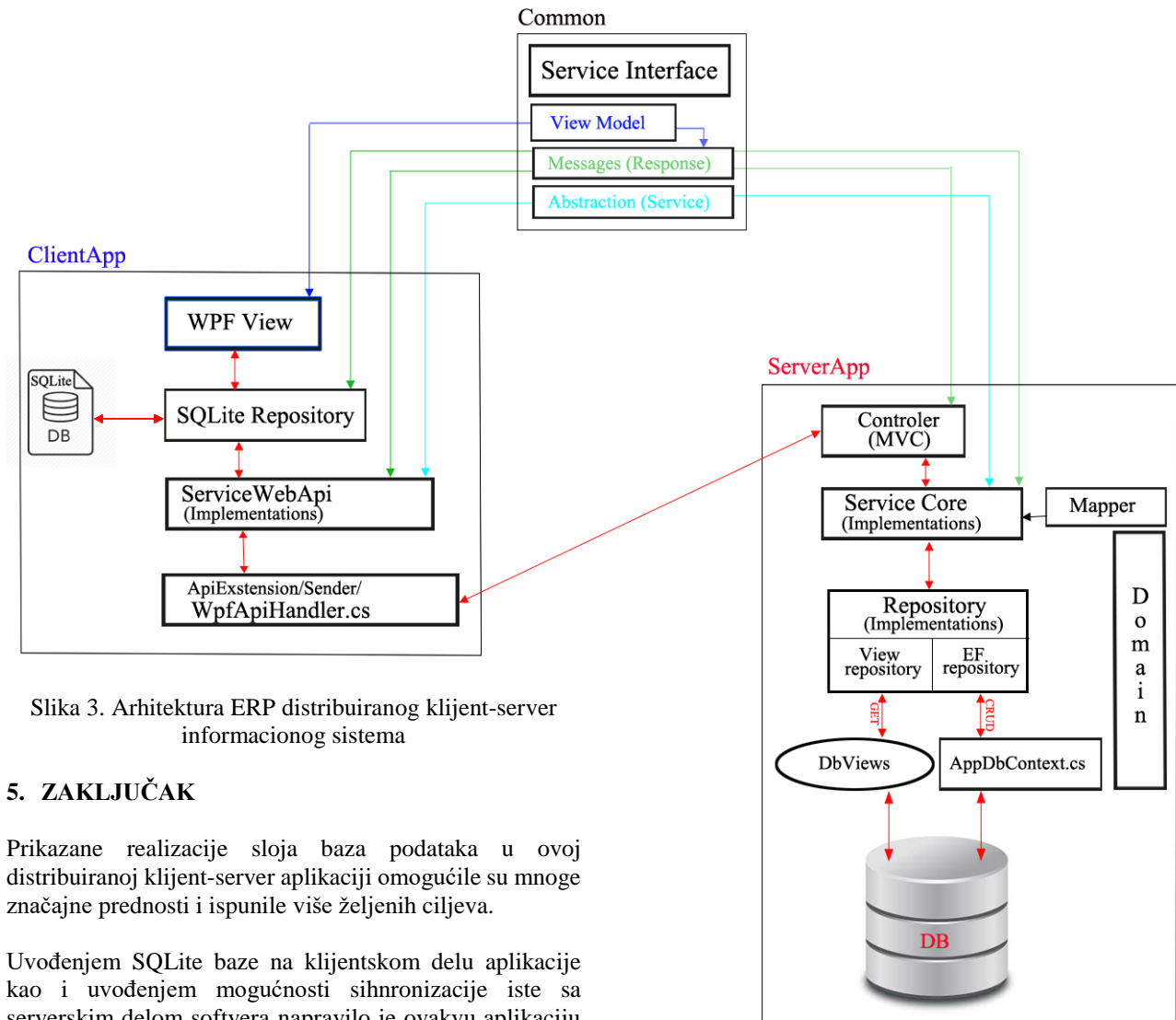
<sup>7</sup> eng Unit Of Work – jedinica rada.

dodat i prikazan u listi stavki na WPF pogledu odabrane forme.

Prilikom izmene ili kreiranja nove stavke preko WPF pogleda, ista se prvo čuva u SQLite lokalnoj bazi na strani klijenta u koliko je čuvanje uspešno kreirana n-torka i dalje nema status da je sinhronizovana. Nakon lokalnog čuvanja pokušava se čuvanje iste stavke na serveru i kada je ovo čuvanje uspešno poziva se metoda iz SQLite repositorijuma koja menja status dodate stavke/objekta u SQLite bazi u sinhronizovan.

Impelementacija SQLite baze podataka na klijentskom delu sadrži samo podatke koji mogu da se unose i prikazuju na WPF pogledima što je dodatno doprinelo odzivu i brzini rada ove aplikacije.

Dato rešenje repository sloja za pristup podacima na serverskoj strani kroz implementaciju virtuelnih pogleda nad bazom, kao i repository metoda koje direktno preko SQL naredbi komuniciraju sa pogledima doprinelo je znatno većoj brzini rada cele aplikacije naročito u pogledu vraćanja i prikaza velike količine podataka čime je ispunjen još jedan od većih ciljeva u postizanju responzivnosti i brzine na nivou cele aplikacije.



Slika 3. Arhitektura ERP distribuiranog klijent-server informacionog sistema

## 5. ZAKLJUČAK

Prikazane realizacije sloja baza podataka u ovoj distribuiranoj klijent-server aplikaciji omogućile su mnoge značajne prednosti i ispunile više željenih ciljeva.

Uvođenjem SQLite baze na klijentskom delu aplikacije kao i uvođenjem mogućnosti sihnronizacije iste sa serverskim delom softvera napravilo je ovakvu aplikaciju upotrebljivom u uslovima gde internet konekcija nije konstantna i stabilna što je bio jedan od najvažnijih ciljeva koji je praktičnom implementacijom opisanog rešenja ispunjen. Prikazane realizacije repository slojeva za pristup podacima omogućile su da se klijent aplikacija može koristiti kao samostalna, lokalna, nezavisna od serverske, dok je kratka veza sa internetom, u bilo kom trenutku, dovoljna da se podaci pošalju i uskladište na serveru.

Ovim rešenjem dobijeno je da se jedna lokalna aplikacija u potpunosti transformiše i preraste u kompletan distribuirani informacioni sistem.

Implementacija drugih opisanih funkcionalnosti sloja za pristup bazi podataka pomoću Entity Framework-a omogućila je jednostavnije i brže pisanje koda kao i iskorišten je još jedan od benefita Entity Framework-a a to su migracija kojima Entity Framework omogućava automatsko generisanje tabela baze podataka na osnovu domen modela aplikacije.

UnitOfWork paternom omogućene su transakcije čime se smanjio broj poziva ka bazi i omogućila koherentnost i konzistentnost sačuvanih podataka u sistemu.



## ZAHVALNICA

Istraživanje je delimično podržano od strane Ministarstva nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije po odobrenju 171039 i kroz projekt br. III47003 "Infrastruktura za elektronski podržano učenje u Srbiji".

## LITERATURA

[1] Ivanković Z., Markoski B., Šetrajčić I., Šetrajčić J., Pecev P. „Sloj za pristup podacima u troslojnoj arhitekturi“, YUINFO, Kopaonik, 2011.

[2] Freeman A. „Pro Design Patterns in C#“, Appres, 2017.

[3] Bhosale S.T., Patil T., Patil P. „SQLite: Light Database System“, Vol. 4, pg. 882-885., April 2015.

[4] Jay A. Kreibich, „Using SQLite“, O'Reilly Media, United States, August 2010.

[5] Chunye B., Wanli Z. „Research Application of SQLite Embedded Database Technology“, Vol.8, januar 2009.

[6] Adya. A., Blakeley J., Melnik S., Muralidhar S., „Anatomy of the ADO.NET entity framework“, China Beijing, pg 877-888, 2007.

[7] Blockel H., Calders T., Fromont E., Goethals B., Prado A., Robardet C. „An inductive database prototype based on virtual mining views“, August 2008.

[8] Martin F., Rice D., Foemmel M., Heatt E., Mee R., Stafford R. „Patterns of Enterprise Application Architecture“, str.184, 2003.

[9] Olson L., Johansson B., Carvalho R., „Open source ERP business model framework“, Vol.50, April 2018.

# Analiza pristupa za modelovanje poslovnih procesa zasnovanih na artifaktima

## A study on artifact-centric approaches to modelling business processes

Ana Pajić Simović<sup>1</sup>, Nenad Aničić<sup>1</sup>, Slađan Babarogić<sup>1</sup>  
Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka<sup>1</sup>

**Sadržaj** – Značajna prednost savremenih, široko prihvaćenih, jezika modelovanja poslovnih procesa ogleda se u detaljnoj specifikaciji redosleda izvršavanja međusobno povezanih aktivnosti. Iako poseduju koncepte za prikaz dokumenata i skladišta podataka, ne pružaju podršku za detaljni opis njihove strukture podataka. S druge strane, pristup zasnovan na artifaktima opisuje proces kao kolekciju interaktivnih entiteta sa definisanim životnim ciklusom. Izdvaja se perspektiva podataka, koja u integraciji sa perspektivom kontrolnog toka, predstavlja osnovu za opisivanje fleksibilnih poslovnih procesa. U radu je dat pregled jezika za modelovanje poslovnih procesa koji podržavaju ovaj pristup. Sprovedena je uporedna analiza aktuelnih rešenja sa ciljem da se prikažu njihove mogućnosti, ukaže na njihove prednosti i nedostatke, i identifikuju pravci budućeg razvoja opisanih jezika.

**Abstract** – A significant advantage of current widely used business process modelling languages is a detail specification of the order in which activities are being performed. Although they provide support for representation of documents and data stores, existing data elements are not sufficient to define the data structures. On the other hand, artifact-centric approach aims to describe complex processes in terms of multiple interacting entities and each has its own life-cycle. Now the focus is on data perspective and its integration with the control-flow aspects as basis for describing flexible processes. The paper provides a brief study of languages for modelling artifact-centric business processes. The comparative analysis of current approaches is conducted with the aim of showing their applicability, advantages and limitations, as well as to identify future directions for research and development of artifact-centric modelling languages.

### 1. UVOD

Slabo strukturane procese, osetljive na promene vođene znanjem i odlukama korisnika, je znatno teže modelovati [1], [2]. Petrijeva mreža (eng. *Petri net*), BPMN (eng. *Business Process Model Notation*), UML (eng. *Unified Modeling Language*), EPC (eng. *Event-driven Process Chains*) su primeri najčešće korišćenih jezika za modelovanje poslovnih procesa. Pomenuti standardni jezici su rigidni, sa unapred definisanim i fiksnim redosledom izvršavanja aktivnosti, i ne omogućavaju dovoljno dobro opis fleksibilnih poslova [3].

U cilju fleksibilnijeg i korektnijeg modelovanja poslovnih procesa predložen je pristup vođen podacima (eng. *data-centric*) kako bi se preciznije opisali ključni objekti podataka i kompleksne zavisnosti podataka, koje utiču na izvršenje procesa [1], [4], [5], [6]. Izdvaja se perspektiva podataka, koja u integraciji sa perspektivom kontrolnog

toka, predstavlja osnovu za opisivanje fleksibilnih poslovnih procesa [7]. Vodeći pristup u ovoj oblasti je zasnovan na artifaktima (eng. *artifact-centric*), koji predstavljaju ključne poslovne objekte na konceptualnom nivou sa definisanim životnim ciklusom [8], [9], [10]. Pored životnog ciklusa, artifakt tip uključuje i model informacija. Model informacija sadrži relevantne podatke za specifikaciju životnog ciklusa artifakta, dok je opis dozvoljenog ponašanja (promena ili stanja) modela prikazan preko životnog ciklusa artifakta. Poslovne aktivnosti se izvršavaju nad artifaktima i modifikuju artifakt na osnovu definisanog poslovnog pravila.

Ovaj rad predstava empirijsko istraživanje, koje treba da ukaže na mogućnosti primene, prednosti i nedostatke *artifact-centric* pristupa. Tačnije, kakva su aktuelna rešenja i koji su budući pravci razvoja. Ostatak rada je organizovan na sledeći način. U drugom poglavlju je opisan *artifact-centric* pristup modelovanja procesa. Zatim su prikazani alternativni jezici i proširenje postojećih savremenih standardnih jezika za *artifact-centric* pristup. U četvrtom poglavlju dat je kritički osvrt na postojeće jezike modelovanja. Na kraju, dat je zaključak rada i budući pravci istraživanja.

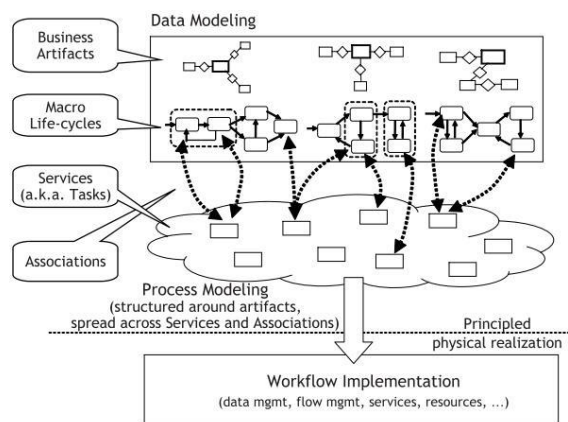
### 2. PRISTUP MODELOVANJA POSLOVNIH PROCESA ZASNOVAN NA ARTIFAKTIMA

Nigam i Caswell [8] su prvi uveli koncept poslovni artifakt u oblast modelovanja poslovnih procesa. Poslovni artifakt obuhvata entitet na konceptualnom nivou čiji se sadržaj menja kao rezultat sprovođenja poslovnih aktivnosti. Služi za upravljanje poslovnim operacijama, gde se prati koliko su ostvareni ciljevi tokom izvršavanja aktivnosti. Entitet je proširen njegovim životnim ciklusom i atributima, koji opisuju kada i kako je pokrenut servis, odnosno aktivnost.

Dominantan okvir za modelovanje poslovnih procesa u *artifact-centric* pristupu obuhvata četiri međusobno zavisne dimenzije za specifikaciju poslovnih procesa. Dimenzije BALS (eng. *Business Artifacts, Lifecycles, Services, and Associations*) okvira su: poslovni artifakt, model životnog ciklusa, servis i asocijacija [4]. Pored specifikacije entiteta, u pristupu je neophodno odrediti na koji način se definiše životni ciklus artifakta, odnosno faze u evoluciji entiteta. Zatim definisati servise koji su zaduženi za realizaciju aktivnosti, zajedno sa uslovima pod kojima se dešavaju promene u životnom ciklusu entiteta. Dimenzije za specifikaciju *artifact-centric* poslovnog procesa ilustrovane su na slici 1.

Hull [11] ističe fleksibilnost pomenutog okvira, koja se ogleda u izboru različitih modela i konstruktora za korišćenje u svakoj od četiri dimenzije. Kao rezultat mogu se dobiti modeli procesa zasnovani na artifaktima

sa različitim karakteristikama. Jedan od istraživački napora u ovoj oblasti je problem pronalaženja odgovarajućeg rešenja za prikazivanje pomenutih dimenzija.



Slika 1. Dimenzije BALSА okvira [11]

### 3. ARTIFACT-CENTRIC JEZICI ZA MODELOVANJE POSLOVNIH PROCESA

Pregledom literature uočene su dve grupe radova koji se bave razvojem jezika za primenu *artifact-centric* pristupa modelovanja poslovnih procesa. Prvu grupu čine radovi orjentisani na definisanje novih jezika i okruženja. Od 2003 godine, IBM istraživački centar razvija metamodele, alate i tehnologije, koje podržavaju pristup zasnovan na artifaktima, i uspešno su implementirani u različitim okruženjima [9], [12]. Izdvaja se deklarativan pristup za specifikaciju životnog ciklusa artifakta koristeći *Guard-Stage-Milestone* (GSM) metamodel [13]. Poslovni artifakt, atributi artifakta i njegov životni ciklus su predstavljeni jednim modelom. Osnovna četiri konstruktora su: model informacija, faza aktivnosti, kontrolna operacija i kontrolni cilj. Životni ciklus artifakta je opisan fazama aktivnosti, koje obuhvataju jednu ili više kontrolnih operacija, i jedan ili više kontrolnih ciljeva.

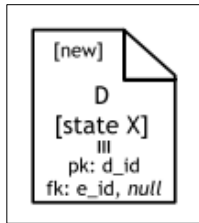
Aalst i drugi [14] [15] su predstavili *proclat* koncept za specifikaciju poslovnih procesa putem životnog ciklusa entiteta, koji može da se modeluje na različitim nivoima granularnosti. Model procesa se dekomponuje na više *proclat* elemenata koji su u međusobnoj zavisnosti. Svaki *proclat* element opisuje jedan artifakt tip, odnosno klasu poslovnog objekta ili aktivni dokument procesa, a veze između artifakata iskazane su putem atributa kardinalnosti.

Radovi iz druge grupe se bave primenom savremenih tradicionalnih jezika za modelovanje poslovnih procesa u *artifact-centric* pristupu. UML *artifact-centric* model procesa (BAUML) je predložen od strane Estañol i drugih autora [16]. Dimenzije BALSА okvira su prikazane pomoću UML dijagrama i OCL (eng. *Object Constraint Language*) jezika. Za opis artifakta i njegovog životnog ciklusa koristi se dijagram klasa i dijagram stanja respektivno. U okviru dijagrama stanja predstavljaju se događaji i uslovi koji okidaju tranzicije između dva stanja

u životnom ciklusu artifakta. Razmatraju se dva tipa događaja: spoljašnji i unutrašnji događaj. Spoljašnji događaj se dešava na zahtev korisnika i njihovo ponašanje je definisano skupom servisa, dok unutrašnji događaj predstavlja uslov definisan nad sadržajem artifakta i servis može da se pokrene bez prethodnog zahteva korisnika. Upravo servisi obezbeđuju evoluciju artifakta, kao i promene u zabeleženim podacima artifakta, zbog čega se u ovom pristupu predlaže primena OCL izraza za specifikaciju servisa. OCL izraz čine ulazni i izlazni parametri koji mogu biti klase, odnosno artifakti, ili drugi standardni tipovi podataka. Preduslovi predstavljaju vrednosti atributa artifakta, koji moraju biti ispunjeni da bi se izvršila operacija, dok postuslovi oslikavaju stanje artifakta nakon izvršene operacije. Proceduralna specifikacija je data za svaki spoljašnji događaj, definisan u okviru dijagrama stanja, korišćenjem dijagrama aktivnosti.

Za BPMN jezik je takođe predloženo proširenje kao podrška *artifact-centric* pristupu [17], ali je opis elemenata ostao na proceduralnom nivou sa ograničenim mogućnostima za specifikaciju perspektive podataka. Objekat podataka, BPMN element, je predložen za prikaz artifakta i životni ciklus objekta podataka se kreira uz pomoć osnovnih BPMN elemenata: aktivnost, događaj i kontrolni čvor. Aktivnost se posmatra kao servis, koji menja stanje artifakta, a događaj prikazuje trenutno stanje artifakta. Proširenje se ogleda u uvođenju elemenata: cilj (eng. *goal state*) i pravilo (eng. *policy*). Cilj element definiše željeno finalno stanje objekta podataka i više finalnih stanja se mogu povezati pomoću paralelnog kontrolnog čvora. Aktivnost i kontrolni čvor elementi se koriste za definisanje pravila, koja određuju zavisnosti između aktivnosti jednog ili više artifakata radi opisa toka izvršavanja aktivnosti. Opisani elementi služe pre svega za odbacivanje neželjnog ponašanja u životnom ciklusu artifakta.

U radu [18] predložen je pristup modelovanja kompleksnih zavisnosti podataka u okviru modela procesa. Prvo, BPMN objekat podataka je proširen sa više anotacija za definisanje zavisnosti među podacima i identifikaciju instanci objekta podataka. Uvode identifikator objekta kao anotaciju za opis atributa, pomoću kojeg se mogu identifikovati instance objekata, i atributi koji upućuju na identifikator drugog objekta. U pitanju su već dobro poznati koncepti iz relacionih baza podataka: primarni i spoljni ključ. Dozvoljeno je višestruko pojavljivanje atributa za spoljni ključ, čime se izražava zavisnosti „više prema više“ među podacima. Objekat podataka mogu opisivati i drugi atributi, ali se njihova specifikacija predstavlja u modelu podataka. Zaključeno je da prošireni objekat podataka treba da poseduje naziv i skup atributa: atribut koji opisuje stanje objekta, identifikator objekta i atributi koji uspostavljaju relacije za drugim objektima. Opisano proširenje je dato na slici 2. Drugo, definisana je izvršna semantika za proširen model procesa. Omogućeno je da se SQL upiti izvedu direktno iz modela procesa na osnovu anotacija ulaznih i izlaznih objekata podataka.



Slika 2. Proširen BPMN objekat podataka [18]

Posebno razvijeni jezici za *artifact-centric* pristup, GSM i Procler notacija, biće detaljnije prikazani u nastavku rada.

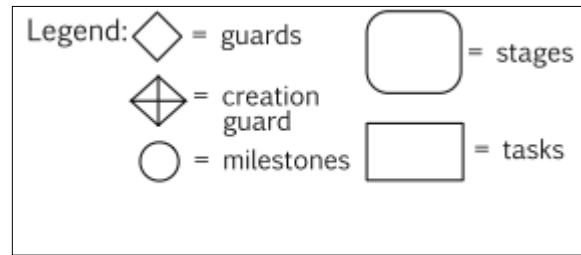
### 3.1 GSM metamodel

U radu [19] predstavljen je osnovni matematički zapis GSM metamodela i formulacija semantike izvršavanja. Grafički prikaz osnovnih elemenata dat je na slici 3.

Osnovni elementi GSM metamodela su:

1. Model informacija sadrži attribute koji opisuju poslovni objekat. Uvedeni su i statusni atributi za opis stanja aktivnosti, kao i ključnih ciljeva. Na primer: aktivnost može biti aktivna ili završena, a događaj postignut ili narušen. Za prikaz modela koristi se relaciona šema sa ugnježdenim zapisima.
2. Faza aktivnosti (eng. *stage*) opisuje izvršavanje aktivnosti unutar životnog ciklusa artifakta. Postoji atomska i kompozitna struktura faze. Atomska struktura faze definiše izvršavanje jedne aktivnosti ili pozivanje servisa iz okruženja, što predstava spoljašnji događaj faze aktivnosti. Faze instance artifakta se mogu izvršavati sekvencijalno ili paralelno. Izlazni podaci faze aktivnosti upisuju se u model informacija.
3. Kontrolna operacija (eng. *guard*) predstavlja logički izraz (eng. *Sentry*) za proveru da li je zadovoljen uslov kojim se aktivira izvršavanje faze aktivnosti. Vrednost izraza se beleži u statusnim atributima modela informacija. Da bi se aktivnost izvršila, vrednost statusnog atributa atomske faze aktivnosti mora da bude „aktivan”.
4. Kontrolni cilj (eng. *milestone*) predstavlja logički izraz koji proverava da li su ostvareni operativni poslovni ciljevi faze aktivnosti. Faza aktivnosti je izvršena ako je ostvaren jedan od kontrolnih ciljeva i njen status se ažurira u modelu informacija artifakta.

Kontrolne operacije i kontrolni ciljevi se izvršavaju okidanjem događaja (eng. *triggering*) i/ili proverom uslova nad modelom informacija posmatranih instanci artifakta. Događaji mogu biti unutrašnji ili spoljašnji, ali samo unutrašnji događaji, kao i uslovi, mogu da imaju reference i ka drugim artifaktima u sistemu. Događaj može biti pokretanje aktivnost, zatvaranje aktivnosti, statusni događaj i događaj iz okruženja koji služi za pokretanje specifičnih kontrolnih operacija i kontrolnih ciljeva.

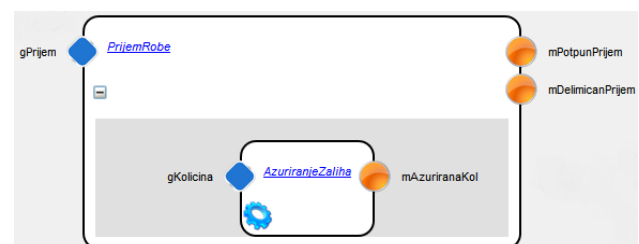


Slika 3. Osnovni koncepti GSM okvira [19]

Važno je napomenuti da se kontrolnim operacijama utvrđuje kontrolni tok (eng. *control-flow*) izvršavanja aktivnosti u modelu. Specifikacija ponašanja modela i ograničenja u ponašanju definisana su putem ECA (eng. *Event Condition Action*) pravila. ECA pravila se koriste za upravljanje početkom izvršavanja aktivnosti i kada će aktivnosti biti završena. OCL jezik se koristi za formalnu specifikaciju uslova u pravilima. U pitanju je deklarativan jezik za definisanje dozvoljenih ponašanja u životnom ciklusu artifakta, koji se proširen da podržava predikatnu logiku za ugnježdene strukture podataka.

Za ilustraciju biće prikazana faza aktivnosti *PrijemRobe*, koja pripada životnom ciklusu artifakta *Narudžbenica* za proces nabavke u okviru Microsoft Dynamics NAV ERP sistema (slika 4). Informacioni model artifakta *Narudžbenica* sadrži kolekciju stavki robe, prijemnica i faktura. Dalje, definisani su statusni atributi za kontrolne operacije i ciljeve svake faze životnog ciklusa artifakta. U našem primeru: *gPrijem* je statusni atribut za kontrolnu operaciju, dok su *mPotpunPrijem* i *mDelimicanPrijem* statusni atributi za kontrolne ciljeve faze *PrijemRobe*. Logički izrazi za kontrolnu operaciju i ciljeve faze aktivnosti *PrijemRobe* dati su u tabeli 1.

Da bi se izvršila aktivnost podfaze *AzuriranjeZaliha*, prvo mora da bude ispunjen uslov da je narudžbenica odobrena, odnosno kontrolni cilj *mOdobrena* faze *Odlučivanje* životnog ciklusa artifakta *Narudžbenica* je ispunjen. Provera se vrši kontrolnom operacijom *gPrijem*. Zatim se proverava da li je ispunjen uslov kontrolne operacije *gKolicina* podfaze *AzuriranjeZaliha*. Prijem robe može da bude delimičan ili da je u potpunosti izvršen što predstavlja ciljeve *PrijemRobe*, od kojih samo jedan može da bude ispunjen za okinut događaj. Zbog toga postoji provera da li je količina primljene robe manja od poručene količine za svaku stavku robe instance artifakta *Narudžbenica*.



Slika 4. Faza životnog ciklusa artifakta *Narudžbenica*

Tabela 1. Logički izrazi za fazu *PrijemRobe* artifakta *Narudžbenica*

Faza životnog ciklusa	Kontrolne operacije	Kontrolni ciljevi
Prijem robe	on.mOdobrena.achieved()	on.mAzuriranaKol.achieved() if self.stavkeListe → exists (stavka stavka.kolicina > stavka.primljenaKol)
		on.mAzuriranaKol.achieved() if self.stavkeListe → forall (stavka stavka.kolicina=stavka.primljenaKol)

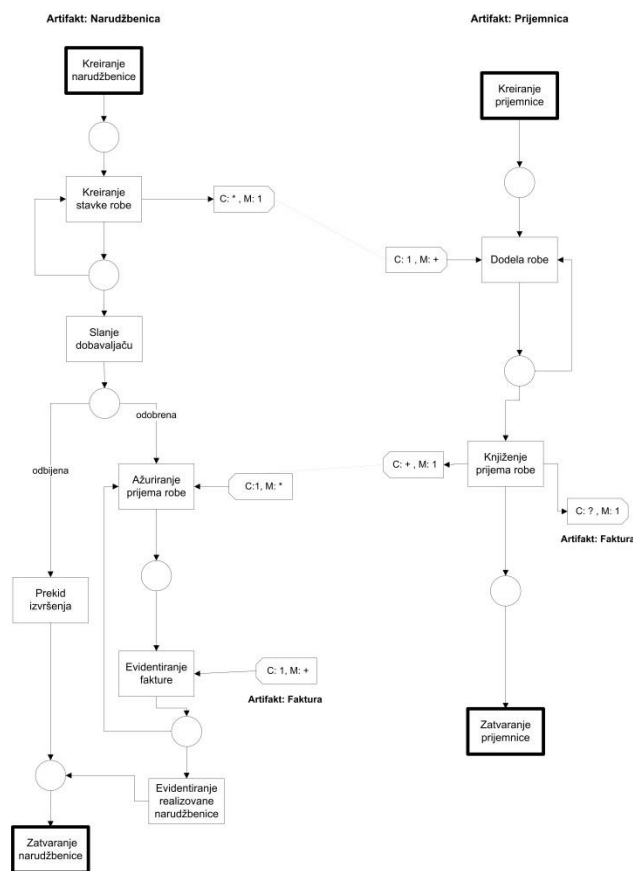
### 3.2 Proklet notacija

Petrijeva mreža se koristi za opis životnog ciklusa artifakta u okviru *proklet* elementa [15]. U pitanju je posebna klasa Petrijeve mreže pod imenom *Workflow* mreža. Karakteristika *Workflow* mreže je da ima izvorne i krajnje tranzicije, koje nemaju ulazno odnosno izlazno mesto respektivno. Svaki čvor, bilo da je mesto ili tranzicija, se nalazi na putu između određene izvorne i krajnje tranzicije. Međutim, *Workflow* mreža je proširena portovima (eng. *port*) za komunikaciju između *proklet* elemenata, koji su međusobno zavisni. Svaki port je konektovan za samo jednu aktivnosti, odnosno tranziciju u *Workflow* mreži. Tranzicija može da šalje i prima poruke (eng. *performatives*) putem porta, koje se čuvaju u posebnoj bazi znanja. Za izvršavanje aktivnosti potrebno je da odgovarajuća tranzicija u *Workflow* mreži bude omogućena, da su svi preduslovi zadovoljeni i da svaki ulazni port aktivnosti sadrži poruku.

Komunikacijski kanal (eng. *channel*) uspostavlja vezu između dva porta opisujući dinamiku interakcije između instanci *proklet* klasa [10]. Svaki port ima dva atributa: kardinalnost i broj poruka (eng. *multiplicity*). Anotacija na portu za kardinalnost označava broj primaoca poruke, „+” označava barem jednog primaoca, „1” označava konkretno jednog primaoca poruke, dok „?” označava da ne postoji ili postoji tačno jedan primalac poruke.

Na slici 5 prikazane su dve *proklet* klase. *Proklet* klasa *Narudžbenica* opisuje aktivnosti kreiranja narudžbenice i stavki robe, zatim slanje narudžbenice dobavljaču, ažuriranje robe i evidentiranje fakture ukoliko je narudžbenica odobrena. U suprotnom se izvršava aktivnost prekida izvršavanja narudžbenice. Prijem robe za određenu narudžbenicu može da se vrši iz delova, što je obezbeđeno povratnim lukom, kada izvršenje tranzicije *Evidentiranje fakture* proizvede token u izlazno mesto. *Proklet* klasa *Prijemnica* opisuje aktivnosti evidentiranje robe koja je pristigla i knjiženje tačne količine robe. Prilikom evidentiranja robe uspostavlja se veza sa klasom *Narudžbenica*. Preduslov za izvršenje aktivnosti *Dodela*

*robe* je prijem poruke putem porta od tačno jedne instance klase *Narudžbenica*. Poruka sadrži podatke o robi koja je poručena i identifikator instance. Time je u modelu procesa specificirano ograničenje da se ne može primiti roba koja nije prethodno poručena. Putem ovog porta može se primiti najmanje jedna, ali i više poruka, tokom životnog ciklusa jedne instance klase *Prijemnica*. Izlazni port aktivnosti *Kreiranje stavke robe* ima kardinalnost „\*”, što označava da se za jednu narudžbenicu može kreirati više *prijemnica* robe. Prema tome, rezultat aktivnosti *Knjiženje prijema robe* je slanje poruke ka više instanci klase *Narudžbenica*, čime se ažurira količina primljene robe u jednoj turi, odnosno putem jedne *prijemnice*.



Slika 5. *Proklet* model za dva artifakata procesa nabavke

### 4. UPOREDNA ANALIZA

Jezici prikazani u ovom radu uglavnom koriste različite formalizme za specifikaciju četiri dimenzije BALSa okvira. Životni ciklus artifakta može biti definisan imperativno, koristeći automate sa konačnim brojem stanja (eng. *Finite State Machine - FSM*), dok se GSM metamodel koristi za više deklarativan opis životnog ciklusa. GSM predstavlja u osnovi proceduralni sistem koji obezbeđuje da se u svakom trenutku može odrediti aktivnost, koja sledeća treba da se izvrši, na osnovu definisanih pravila. Podržava paralelno izvršavanje unutar instance artifakta i modularnost koristeći hijerarhijske konstruktore [19], [20]. Stoga, autori u radu [9] navode da

je GSM pristup pokušaj konstruisanja ECA pravila u kontekstu upravljanja poslovnim procesima.

Glavni elementi GSM metamodela i njegova formalna semantika izvršavanja prihvaćena je od strane organizacije *The Object Management Group* (OMG) za *Case Management Model and Notation* (CMMN) standard [21]. CMMN metamodel i notacija se koriste za opis i grafički prikaz izvršavanja slučaja. Bitna razlika je što se u CMMN notaciji koristi automat stanja za opis životnog ciklusa. Dalje, životni ciklusa artifakta u okviru *procler* elemenata se definiše imperativno koristeći *Workflow* mrežu. Kao alternativa se pojavljuje i UML dijagram stanja za prikaz životnog ciklusa, kao i proširen element podataka BPMN notacije.

Opisani jezici eksplicitno i grafički reprezentuju stanja u evoluciji artifakta, kako je stanje ostvareno i pod kojim uslovima. Razlika je što GSM metamodel poseduje dodatni koncept, *kontrolni cilj*, koji označava da je faza u evoluciji artifakta završena i omogućuje praćenje ostvarenja željenih rezultata. Redosled izvršavanja faza u životnom ciklusa artifakta je uslovljen kontrolnim operacijama, dok je kod *Workflow* mreže i UML dijagrama stanja prikazan direktnije koristeći tranzicije koje spajaju dva stanja.

UML dijagram klasa se može koristiti za formalnu i grafičku specifikaciju strukture artifakta [16], [22]. S druge strane, GSM metamodel formalno i grafički opisuje informacioni model i životni ciklus artifakta u okviru jednog modela, ali eksplicitno ne pruža opis interakcija između instanci artifakata. Drugim rečima, interakcije su opisane formalno koristeći ECA pravila. Kao nedostatak navodi se da nije moguće odmah uočiti redosled izvršavanja aktivnosti, jer je prvo neohodno izvršiti proveru pravila. Drugi pristup je korišćenje komunikacijskih kanala za eksplicitno modelovanje interakcije između artifakata tako da *procler* elementi međusobno razmenjuju struktuirane poruke. Poruke se čuvaju u posebnoj bazi znanja, koja predstavlja model informacija za *procler* elemente. Podaci iz baze znanja mogu se upotrebiti za definisanje preduslova za izvršavanje određene aktivnosti, kao i za postuslove. U dosadašnjim radovima nije predložena konkretna sintaksa za definisanje preduslova i postuslova aktivnosti.

Primer upotrebe jednog savremenog standardnog jezika modelovanja dat je u radu [16], gde je za prezentaciju svake dimenzije BALSa okvira određen odgovarajući UML dijagram. Istaknute su njegove prednosti grafičkog formalnog jezika sa preciznom semantikom i mogućnost jednostavnijeg mapiranja jedne dimenzije u drugu dimenziju. Nedostatak se ogleda u korišćenju više različitih dijagram što usloznjava proces modelovanja i zahteva veće znanje domenskih eksperata. Pored toga, ne postoji izvršni sistem (eng. *Workflow engine*) za implementaciju predloženog rešenja.

U prvom pristupu proširenja BPMN notacije [17], životni ciklus artifakata i njihove međusobne interakcije se definišu imperativno koristeći osnovne BPMN

konstrukture. Nedostaje opis strukture i relacija između elemenata informacionog modela, kao i njihov grafički prikaz. Za razliku od prvog proširenja, u drugom radu [18] definisana je izvršna semantika za predloženo proširenje BPMN objekta podataka. Objekat podataka je proširen sa više anotacija za definisanje zavisnosti među podacima. Međutim, životni ciklus artifakta nije eksplicitno modelovan i problem koji ostaje je vizuelni opis strukture i relacija između artifakata.

Tabela 2. Rezultati komparativne analize jezika za modelovanje poslovnih procesa

	GSM	Procler	UML artifact-centric model	BPMN proširenje [17]	BPMN proširenje [18]
BALSa okvir dimenzije					
1. Informacioni model	+	+/-	+	-	-
2. Životni ciklus entiteta	+	+	+	+	+/-
3. Servisi	+	+	+(D)	+	+
4. Asocijacije	+(D)	+/-	+/-	+	+/-
Specifikacija redosleda izvršavanja aktivnosti	D	I	I	I	I
Kompleksne zavisnosti podataka u okviru modela procesa	-	+	-	-	+
Grafički opis strukture entiteta	+	-	+	-	-
Grafički opis relacija između entiteta u modelu procesa	-	+	-	-	-
Prikaz u okviru jednog modela	+	+	-	+	+

podržava (+); delimično podržava (+/-); ne podržava (-); I – imperativno; D – deklarativno

## 5. ZAKLJUČAK

Za uspešno modelovanje savremenih kompleksnih poslovnih procesa potrebno je, pored specifikacije redosleda izvršavanja aktivnosti, definisati detaljne informacione zahteve i pridružiti ih aktivnostima. Stoga, u radu je dat pregled jezika modelovanja koji poseduju koncepte za opis procesa putem životnog ciklusa entiteta podataka na konceptualnom nivou. Prikazana su aktuelna rešenja sa osvrtom na njihove mogućnosti primene, prednosti i nedostatke. Kao značajne prednosti opisanih jezika ističu se fleksibilnost u procesu modelovanja, modularnost i opis složenih zavisnosti podataka, koje utiču na izvršenje procesa.

Možemo zaključiti da trenutno ne postoji standardni, široko prihvaćeni jezik, za grafički i formalni opis

strukture artifakata, njegovog životnog ciklusa i relacija između artifakata. Nastavak istraživanja se ogleda u definisanju proširenja BPMN metamodela za formalan i grafički opis strukture entiteta, prikaz njihovih interakcija, zajedno sa označavanjem ograničenja kardinalnosti, kao integralni deo funkcionalne i informacione perspektive modela procesa. BPMN notacija je odabrana zbog svoje razumljivosti, fleksibilnosti i popularnosti kod domenskih eksperata. Proširena BPMN notacija bi mogla da se koristi za specifikaciju složenih veza zavisnosti u podacima i među aktivnostima kod procesa sa više aktivnih dokumenata i slučajeva. Cilj je integrisati konceptualno modelovanje podataka i modelovanje ponašanja procesa u jedinstvenu celinu.

## LITERATURA

- [1] W. M. P. van der Aalst, R. S. Mans, and N. C. Russell, "Workflow Support Using Proclefs: Divide, Interact, and Conquer Limitations of Monolithic Workflows," *IEEE Data Eng. Bull.*, vol. 32, no. 3, pp. 16–22, 2009.
- [2] V. Künzle and M. Reichert, "PHILharmonicFlows: towards a framework for object-aware process," *J. Softw. Maint. Evol. Res. Pract.*, vol. 23, no. 4, pp. 205–244, 2011.
- [3] A. Meyer and M. Weske, "Activity-centric and Artifact-centric Process Model Roundtrip," in *Business Process Management Workshops*, 2013, pp. 167–181.
- [4] K. Bhattacharya, R. Hull, and J. Su, "A data-centric design methodology for business processes," *Handb. Res. Bus. Process Model. IGI Glob.*, pp. 503–531, 2009.
- [5] D. Cohn and R. Hull, "Business artifacts: A data-centric approach to modeling business operations and processes," *IEEE Data Eng. Bull.*, vol. 32, no. 3, pp. 3–9, 2009.
- [6] R. Hull, J. Su, and R. Vaculin, "Data management perspectives on business process management: tutorial overview," *Proc. 2013 Int. Conf. Manag. data - SIGMOD '13*, pp. 943–948, 2013.
- [7] A. Marrella, M. Mecella, A. Russo, S. Steinau, K. Andrews, and M. Reichert, "A Survey on Handling Data in Business Process Models," in *23rd Italian Symposium on Advanced Database Systems (SEBD)*, 2015, pp. 1–8.
- [8] A. Nigam and N. S. Caswell, "Business artifacts: An approach to operational specification," *IBM Syst. J.*, vol. 42, no. 3, pp. 428–445, 2003.
- [9] R. Hull, E. Damaggio, F. Fournier, M. Gupta, A. Nigam, P. Sukaviriya, and R. Vaculin, "Introducing the Guard-Stage-Milestone Approach for Specifying Business Entity Lifecycles," in *Proc. Intl. Workshop on Web Services and Formal Methods (WS-FM)*, 2010, no. LNCS 6551, pp. 1–22.
- [10] D. Fahland, M. De Leoni, B. F. van Dongen, and W. M. P. van der Aalst, "Many-to-many: Some observations on interactions in artifact choreographies," in *CEUR Workshop Proceedings*, 2011, vol. 705, pp. 9–15.
- [11] R. Hull, "Artifact-Centric Business Process Models: Brief Survey of Research Results and Challenges," *Move to Meaningful Internet Syst. OTM 2008*, pp. 1152–1163, 2008.
- [12] T. Chao, D. Cohn, A. Flatgard, S. Hahn, M. Linehan, P. Nandi, A. Nigam, F. Pinel, J. Vergo, and F. Y. Wu, "Artifact-based transformation of ibm global financing," in *In: Dayal U., Eder J., Koehler J., Reijers H.A. (eds) Business Process Management. BPM 2009. Lecture Notes in Computer Science*, 2009, vol. 5701, pp. 261–277.
- [13] R. Hull, E. Damaggio, and R. De Masellis, "Business artifacts with guard-stage-milestone lifecycles: managing artifact interactions with conditions and events," in *Proceedings of the 5th ACM international conference on Distributed event-based system*, 2011, pp. 51–62.
- [14] W. M. P. van Der Aalst, P. Barthelmeß, C. a Ellis, and J. Wainer, "Workflow Modeling using Proclefs," *7th Int. Conf. CoopIS*, pp. 198–209, 2000.
- [15] W. M. P. Van Der Aalst, R. S. Mans, and N. C. Russell, "Workflow Support Using Proclefs: Divide, Interact, and Conquer Limitations of Monolithic Workflows," *IEEE Data Eng. Bull.*, vol. 32, no. 3, pp. 16–22, 2009.
- [16] M. Estañol, A. Queralt, M. R. Sancho, and E. Teniente, "Specifying Artifact-Centric Business Process Models in UML," in *Shishkov B. (eds) Business Modeling and Software Design. BMSD 2014. Lecture Notes in Business Information Processing*, 2015, vol. 220, pp. 62–81.
- [17] N. Lohmann and M. Nyolt, "Artifact-centric modeling using BPMN," in *In International Conference on Service-Oriented Computing*, 2012, pp. 54–65.
- [18] A. Meyer, L. Pufahl, D. Fahland, and M. Weske, "Modeling and enacting complex data dependencies in business processes," *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, vol. 8094 LNCS, pp. 171–186, 2013.
- [19] E. Damaggio, R. Hull, and R. Vaculin, "On the equivalence of incremental and fixpoint semantics for business artifacts with Guard-Stage-Milestone lifecycles," *Inf. Syst.*, vol. 38, no. 4, pp. 561–584, 2013.
- [20] R. Vaculin, R. Hull, T. Heath, C. Cochran, A. Nigam, and P. Sukaviriya, "Declarative business artifact centric modeling of decision and knowledge intensive business processes," *Proc. - IEEE Int. Enterp. Distrib. Object Comput. Work. EDOC*, no. Edoc, pp. 151–160, 2011.
- [21] OMG (Object Management Group), "Case management model and notation, version 1.1," 2016.
- [22] D. Fahland, M. De Leoni, B. F. Van Dongen, and W. M. P. Van Der Aalst, "Behavioral conformance of artifact-centric process models," *Lect. Notes Bus. Inf. Process.*, vol. 87 LNBIP, pp. 37–49, 2011.

# CRM U ELEKTRONSKOM OBRAZOVANJU CRM IN THE ELECTRONIC EDUCATION

Tamara Gajić<sup>1</sup>, Ivan Tot<sup>2</sup>

*Vojska Srbije; Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu<sup>1</sup>  
Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu<sup>2</sup>*

**Sadržaj** – Predmet istraživanja ovoga rada je primena CRM (Customer Relationship Management) koncepta u elektronskom obrazovanju. U radu je opisan koncept upravljanja odnosima sa studentima (eng. Student Relationship Management - SRM).

**Abstract** – The subject of this paper is the use of CRM (Customer Relationship Management) concept in the electronic education. In the thesis provides description of Student Relationship Management – SRM.

## 1. UVOD

Upravljanje odnosima s klijentima (eng. *Customer Relationship Management - CRM*) je kontinualan i dugotrajan poslovni koncept usmeren ka pronalaženju i zadržavanju klijenata kako bi se povećali prihodi. Koristi se i u visokom obrazovanju, kao termin koji definiše sveobuhvatno shvatanje upravljanja odnosima između studenata, fakulteta i osoblja, lokalne zajednice, korporativnih partnera i alumna (svršenih studenata). Često se navodi i kao podkoncept, upravljanje odnosima sa studentima (eng. *Student Relationship Management – SRM*) [1].

U radu je istražena upotreba CRM koncepta u elektronskom obrazovanju. Ovo istraživanje može da posluži kao primer efikasnog upravljanja odnosima sa studentima koji se može primeniti na Vojnoj akademiji u Beogradu.

## 2. CRM (CUSTOMER RELATIONSHIP MANAGEMENT)

Upravljanje odnosima s klijentima predstavlja niz metoda, tehnika i oprobanih praksi u okviru poslovnog sistema, u svrhu unapređenja komunikacije i saradnje s klijentima, promovisanje proizvoda i usluga i maksimiziranja poslovne dobiti [2]. U osnovi CRM-a je sinteza poslovnih procesa, ljudskih resursa i softvera [3]. Očekivanja klijenata su velika. Ako je klijent zadovoljan, uvek iznova dolazi u poslovni odnos sa preduzećem. Cilj preduzeća je da ima lojalne klijente, jer samo zadovoljan korisnik donosi preduzeću profit [2].

Uspešna implementacija strategije upravljanja odnosima s klijentima zasniva se na [4-5]: upravljanju promenama, marketingu, menadžmentu prodaje, podršci odlučivanju i upravljanju projektima.

Razlikuju se tri područja CRM-a [6]: operativni, analitički i organizacioni.

Na slici 1. prikazana su područja CRM-a.



Slika 1. Područja CRM-a

Operativni CRM je zadužen za svakodnevnu operativnu komunikaciju s klijentima radi unosa podataka u informacioni sistem preko odgovarajućih aplikacija, bez analize.

Analitički CRM je neophodan u slučajevima kada postoji velika količina podataka. Na osnovu detaljne analize prikupljenih podataka kreira se slika o klijentu i njegovim potrebama. Predstavlja najkompleksniji i najskuplji segment CRM sistema. Zasniva se na konceptima kao što su: poslovna inteligencija, *data mining* i *big data*.

Organizacioni ili kolaborativni CRM uspostavlja kontakte i interakcije s korisnicima kroz tradicionalne i savremene medije. Sistem šalje korisnicima obaveštenja i ponude, a odgovori se vraćaju u sistem kroz operativni CRM.

Anatomija CRM arhitekture je veoma složena, a njene osnovne komponente su [6]:

- Transakciona baza – CRM arhitektura uvek počinje sa transakcionom bazom na vrhu. Ona prikuplja podatke iz različitih dodirnih tačaka (eng. *touchpoint*). Pomoću njih se prikuplja što je moguće više informacija o korisnicima usluga. Te informacije se koriste kao baza za buduću personalizaciju korisnika.
- *Customer Data Warehouse* – Predstavlja analitičku osnovu CRM arhitekture. Transakciona baza transformiše podatke iz različitih dodirnih tačaka i prosleđuje ih do *data warehouse*. Na tom mestu se podaci pridružuju primljenim demografskim podacima o korisnicima i započinje se proces analize.
- *Analytical Process* – Kada su podaci smešteni u *warehouse* bazu mogu se započeti analize koje pomažu kompanijama da otkriju profile korisnika.
- *Customer Profile Database* – Obuhvata podatke o korisniku koji će poslužiti kao baza za personalizaciju svakog korisnika. O svakom korisniku postoje demografski podaci i analitički podaci.



Iako se u arhitekturi sistema za upravljanje odnosima s klijentima mogu uočiti pojedinačni slojevi, sve komponente treba posmatrati kao mrežu integrisanih i međusobno zavisnih delova [3].

Personalizacija je prilagođavanje sadržaja veb-sajtova korisniku, dok personalizacija dozvoljava korisniku da odabere sadržaje koji ga interesuju. Personalizacija se postiže upotrebom tehnologija, a personalizacija popunjavanjem određenog upitnika na sajtu. Implementacija personalizacije podrazumeva se u savremenim aplikacijama CRM-a, kao i ostalim oblastima elektronskog poslovanja [2].

Efektivna implementacija CRM-a zahteva postojanje organizacione kulture koja je orijentisana na klijente i usklađivanje poslovnih procesa sa CRM strategijom [7]. Složenost projekta implementacije CRM softverskih rešenja zavisi od veličine preduzeća [8]. Na složenost utiče i broj povezanih aktivnosti koje je neophodno realizovati da bi organizacija postigla određene rezultate. Složenost se povećava i povećavanjem stepena neizvesnosti na tržištu [9].

### 3. CRM U OBRAZOVANJU

U pogledu obrazovanja, CRM predstavlja sistem za upravljanje odnosima sa studentima (eng. *Student Relationship Management - SRM*), koji omogućava održavanje optimalnih odnosa između obrazovne institucije i studenata [10]. Pomaže promovisanju fakulteta potencijalnim studentima i održavanju odnosa sa njima za vreme studiranja i nakon završenih studija.

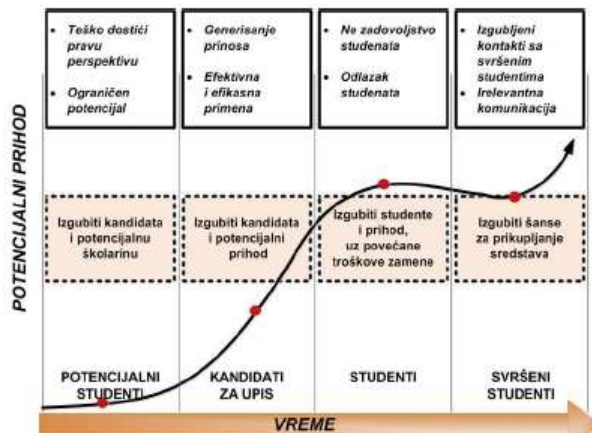
Pomoću informaciono - komunikacionih tehnologija povezuju se studenti sa nastavnicima i drugim kolegama. Za to se najčešće upotrebljavaju *e-mail*, čet, forumi, društveni mediji i drugi kanali komunikacije. Upravljanje odnosima sa studentima podrazumeva detaljni strateški, operacioni i organizacioni informaciono - tehnološki koncept kako bi se ponudilo jedinstveno rešenje za individuu ili grupu [3].

SRM je podkoncept CRM-a i preuzima određene poglede i ideje iz njega, ali ima i svoje koje su prilagođene u skladu sa njim [2].

Menadžment u obrazovanju je prilagođeni pristup koji podrazumeva korišćenje relacionog marketinga koji je nastao od marketinga usluga. Marketing literature nudi nekoliko modela za građenje dugotrajnog odnosa sa studentima u visokoškolskim ustanovama. Dva modela koja zaslužuju posebno pominjanje su vezana za lojalnost studenata. Prvi govori da na lojalnost studenata najviše utiču sledeća tri elementa: kvalitet usluge, emocionalna uključenost i poverenje u univerzitet [11]. Drugi govori da su najvažniji elementi koji utiču na lojalnost studenata su zadovoljstvo i reputacija univerziteta. Zadovoljstvo je određeno kvalitetom usluga, korišćenjem informacionih tehnologija i indirektno, pravilnikom univerziteta. Zadovoljstvo studenata drastično utiče na reputaciju

univerziteta i kao takvo jeste ključni faktor za odedivanje lojalnosti studenta i reputacije univerziteta [11].

Na slici 2. prikazan je životni ciklus SRM-a.



Slika 2. Životni ciklus SRM-a

### 4. CRM U ELEKTRONSKOM OBRAZOVANJU

U elektronskom obrazovanju CRM predstavljaju prvenstveno strategiju, a tek onda softversko rešenje. Glavni fokus je na uspešnom upravljanju odnosima između institucije i ključnih ciljnih grupa [3]. CRM u elektronskom obrazovanju podrazumeva upravljanje odnosima sa studentima tokom čitavog životnog ciklusa studenata (potencijalni studenti, studenti, svršeni studenti) [2]. CRM predstavlja ulaznu putanju ka drugim softverskim aplikacijama kao što su SIS (*Student Information Systems*) i ERP (*Enterprise Resource Planning Systems*) [2]. Na sledećoj slici broj 3. prikazan je CRM koncept u e-obrazovanju.



Slika 3. CRM u e-obrazovanju

Za obrazovnu instituciju izbor CRM rešenja koja će se implementirati jednako je važan kao i strateška odluka kojom se institucija odlučuje za CRM filozofiju. Za te potrebe se često koristi *Datamonitor* matrica odlučivanja i radari za ispitivanje funkcionalnosti [3].

### 5. SOFTVER ZA REALIZACIJU CRM-A

Softverska rešenja za CRM predstavljaju osnovu za uspešnu realizaciju CRM koncepta, posebno u onlajn poslovanju. Ovakva rešenja su skupa jer zahtevaju prilagođavanje potrebama, poslovnoj logici i procesima preduzeća.

Osnovne funkcionalnosti koje CRM softver treba da pruži obuhvataju [2]:

- Kompletne informacije o klijentima,
- Tačne informacije o klijentima u realnom vremenu,
- Predviđanja s drugim informacionim sistemima,
- Prilagodavanje i integraciju sa servisima preduzeća.

Jedno od softverskih rešenja u oblasti upravljanja odnosima sa klijentima je *Salesforce CRM*. Koristi se kao *SaaS (Software as a service)* i bazirano je na *cloud computing* konceptu. Sistem se može prilagoditi potrebama klijenata [2], a radno okruženje aplikacije je jednostavno za korišćenje i predstavljeno je na slici 4.



Slika 4. Radno okruženje *Salesforce CRM*

*Microsoft Dynamics CRM* predstavlja rešenje za upravljanje odnosima sa klijentima koje integriše informacije iz različitih izvora. Informacije o klijentima se smeštaju u jedinstvenu bazu podataka, čime se omogućava brz i lak pristup potrebnim informacijama. Neke od osnovnih funkcionalnosti ovog softverskog rešenja su: višejezičnost, komunikacija sa klijentima na *cloud computing*-u u interakciji sa *Microsoft Azure*-om [2]. Na slici 5. prikazano je njegovo radno okruženje.



Slika 5. Radno okruženje *Microsoft Dynamics CRM*

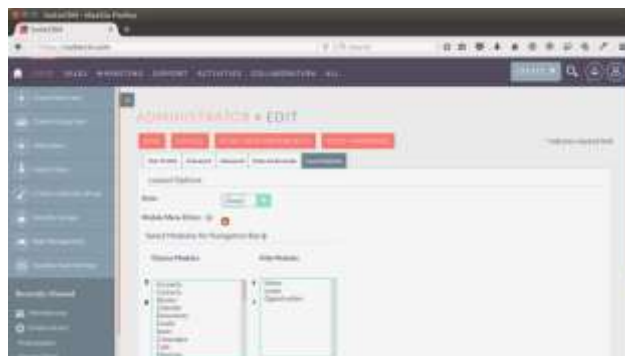
*SugarCRM* je veb-aplikacija koja je napravljena nad otvorenim standardima i *open source LAMP (Linux, Apache, MySQL, PHP)* platformom. Podržava rad sa

*MySQL, SQLServer* i *Oracle* bazom. Omogućava formiranje i održavanje slike o klijentima, od prvog kontakta do realizacije prodaje i postprodajnih aktivnosti. Programski paket *SugarCRM* sastoji se iz tri edicije: *Sugar Community Edition, Sugar Professional* i *Sugar Enterprise* [2]. Na slici 6. prikazano je radno okruženje *SugarCRM*.



Slika 6. Radno okruženje *SugarCRM*

Iz *SugarCRM* projekta nastao je *SuiteCRM*. Kao softver otvorenog koda korisnicima pruža veći broj funkcionalnosti u odnosu na raniju verziju [2]. Radno okruženje *SuiteCRM* nalazi se na slici 7.



Slika 7. Radno okruženje *SuiteCRM*

## 6. CRM U ELEKTRONSKOM OBRAZOVANJU NA VOJNOJ AKADEMIJI

*SRM* rešenje predstavlja kompletan paket usluga koji pomaže u upravljanju odnosima sa studentima, promovisanju fakulteta potencijalnim studentima i održavanju odnosa sa njima za vreme studiranja i nakon što završe svoje studije. *SRM* se može koristiti da se olakša proces elektronskog obrazovanja u visokoškolskom obrazovanju [3]. Kao primer visokoškolske ustanove može se uzeti Vojna akademija, Univerziteta odbrane u Beogradu. Jedan od predloga za bolje pružanje informacija je uvođenje portal sistema, koja omogućava personalizovani pristup. Mogu se integrisati više aplikacija i informacionih sistema kao što su na primer administracija ispita, učenja na daljinu, *e-mail* usluga i bibliotekarski katalogi. Prilikom integracije neophodno je zaštititi lične podatke, posebno u zatvorenim sistemima kao što je Ministarstvo odbrane i Vojska Srbije i Vojna akademija kao obrazovna institucija. Mnoge kompanije koje se bave izradom softvera ponudile su moguća rešenja portala za institucije visokog obrazovanja. Kompanija *SunGard Higher Education* nudi sistem napravljen da odgovori na sve studente

potrebe tokom celog školovanja. Nudi mnoge usluge od nastavnih planova do kontakata. Veoma je bitno uključiti studente u odabir najboljih rešenja za efikasno učenje [3].

## 7. ZAKLJUČAK

U radu je predstavljena upotreba CRM-a u elektronskom obrazovanju. Primetno je da u oblastima visokog obrazovanja postoji tendencija porasta broja institucija koje primenjuju CRM rešenja, kako bi efikasnije upravljali odnosima sa studentima i promenama studentske demografije. CRM u elektronskom obrazovanju omogućava automatizaciju aktivnosti kao što su generisanje i slanje e-mail-ova, odgovaranje na studentske zahteve za određenom vrstom informacija, zakazivanje termina.

Predstavljen sistem portala korišćenjem CRM-a može da se upotrebi na Vojnoj akademiji u Beogradu. Na taj način bi se povećao stepen zadovoljstva studenata, poboljšavanje studentskog servisa, omogućavanje efikasnije komunikacije kroz veći broj komunikacionih kanala, smanjenje stope napuštanja fakulteta pre završetka studija, povećanje efikasnosti i troškova privlačenja i upisa novih studenata i zadržavanje starih, povratak uloženi sredstava u implementaciji CRM koncepta.

## LITERATURA

- [1] Radenković, B., Despotović-Zrakić, M., Bogdanović, Z., Barać, D., Labus, A., *Elektronsko poslovanje*, udžbenik za Elektronsko poslovanje, Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2015.
- [2] Steel, M. et. al., *Developing customised CRM projects: The role of industry norms, organisational context and customer expectations on CRM implementation*, Industrial Marketing Management, 2013.

[3] Vulić, M., *Primena mobilnih servisa za unapređenje CRM koncepta sistema elektronskog obrazovanja*, Master rad, Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2010.

[4] Almotairi, M., *A Framework For Successful CRM Implementation*, European and Mediterranean Conference on Information Systems 2009, Izmir, Turkey, 2009.

[5] King, S., F., Burges, T., F., *Understanding success and failure in customer relationship management*, Industrial Marketing Management, 2008.

[6] Tohidi, H., Jabbari, M., M., *CRM as a Marketing Attitude Based on Customer's Information*, Procedia Technology 1, 2012.

[7] Conduit, J., Mavondo, F., T., *How critical is internal customer orientation to market orientation*, Journal of Business Research, 2001.

[8] Zikmund, W., G. et al., *Customer relationship management. Integrating marketing strategy and information technology*, 2003.

[9] Moldoveanu. M., C., Bauer, R., M., *On the relationship between organizational complexity and organizational structuration*, Organization Science, 2004.

[10] Kumar, M., *Customer Relationship Management*, New York, USA, 2012.

[11] Hennig-Thurau, T., Langer, M., F., Hansen, U., *Modelling and managing student loyalty. An approach based on the concept of relationship quality*, Journal of Service Research, 2001.

# PERFORMANSE NEREGENERATIVNOG KOOPERATIVNOG SISTEMA SA BEŽIČNIM PRENOSOM INFORMACIJA I ENERGIJE

## THE PERFORMANCE ANALYSIS OF NONREGENERATIVE COOPERATIVE SWIPT SYSTEM

Vesna Blagojević<sup>1</sup>, Aleksandra Cvetković<sup>2</sup>  
*School of Electrical Engineering, University of Belgrade<sup>1</sup>*  
*Faculty of Electronics Engineering, University of Nis<sup>2</sup>*

**Sadržaj** – Broj uređaja u bežičnim mrežama konstantno raste i poboljšanje performansi koje je moguće ostvariti kroz njihovu međusobnu kooperaciju je veoma značajno. Takođe, veliki broj uređaja koji se koristi postavlja dodatne izazove i po pitanju njihovog ekonomičnog i efikasnog napajanja. U radu je izvršena analiza kooperativne neregenerativne relejne mreže, kod koje se napajanje releja vrši bežičnim putem od strane izvorišnog čvora mreže, pri čemu su u obzir uzeta realistična ograničanja nastala kao posledica nelinearnosti uređaja.

**Abstract** – The number of devices in wireless networks is constantly growing. Therefore, the performance improvement that can be obtained by means of cooperation is of the highest importance. Large number of various devices impose additional challenges considering the issues of economical and efficient energy supply. The analysis of cooperative nonregenerative relay network with simultaneous wireless information and power transfer (SWIPT) is provided in this paper. The realistic nonlinear energy harvester model is applied in the performance analysis.

### 1. UVOD

Poznato je da primena tehnika kooperacija u bežičnim mrežama omogućava poboljšanje performansi i pouzdanosti sistema [1]. Analize vezane za trendove u razvoju telekomunikacionih mreža predviđaju brzi rast broja umreženih uređaja koji imaju primenu u svakodnevnom životu, sa ciljem povećanja efikasnosti i opšteg poboljšanja kvaliteta života (*smart home, smart city,...*). Ovi koncepti podrazumevaju postojanje velikog broja umreženih senzora ili uređaja potrebnih za praćenje raznih parametara u okruženju. Po predviđanjima izloženim u [2], broj uređaja povezanih na IP (*Internet Protocol*) mreže do 2022. godine iznosiće prosečno 3.6 uređaja po stanovniku. Osim očekivanog povećanja ukupnog saobraćaja, povećani broj korisnika će dovesti i do povećane potrošnje energije koja vodi do potencijalnih ekoloških problema, pa je nužno naći način za povećanje energetske efikasnosti.

S druge strane, veliki broj primopredajnih uređaja u mreži nameće i nove izazove po pitanju napajanja uređaja. Iako je klasično rešenje sa baterijskim napajanjem uobičajeno, u slučaju većeg broja uređaja ono može biti nepraktično zbog potrebe za zamenom baterija ili eventualne ograničene pristupačnosti ovih uređaja. Stoga su rešenja

koja podrazumevaju bežična napajanja uređaja veoma atraktivna [3]-[4].

Poboljšanje energetske efikasnosti mreže moguće je primenom EH (*energy harvesting*) tehnologije koja podrazumeva sakupljanje postojeće energije iz okruženja (solarna, mehanička energija,...). Osim navedenih pristupa, izvori energije takođe mogu biti i signali i postojeća interferencija iz RF (*radio frequency*) opsega, čime se omogućava istovremeni prenos energije i informacija. Iz tog razloga, postoji veliko interesovanje za primenu EH tehnologije u savremenim konceptima i mrežama kod kojih energetska efikasnost predstavlja veliki izazov, kao što su IoT (*Internet of Things*) i 5G mreže [5]-[6]. Posebno je od interesa primena EH tehnologije u kooperativnim mrežama, čime se mogu objediniti visoka pouzdanost i spektralna efikasnost koju nudi kooperativan prenos, sa savremenim energetske efikasnim i fleksibilnim rešenjima za napajanje uređaja.

Kooperativna relejna mreža sa EH napajanjem iz RF izvora analizirana je u [7], pri čemu se prenos energije i informacija obavlja primenom TSR (*time switching relaying*) i PSR (*power splitting relaying*) protokola. U prvom pristupu, za prenos energije i informacija dodeljeni su vremenski nepreklapajući intervali, dok se u drugom pristupu koristi koncept podele snage na deo za skladištenje i prenos informacija. Relejne mreže u oba slučaja mogu biti realizovane sa primenom regenerativnih ili neregenerativnih releja, odnosno sa primenom AF (*Amplify and Forward*) i DF (*Decode and Forward*) prenosa [1]. U prvom slučaju relej pojačava signal konstantnim ili promenljivim pojačanjem, u zavisnosti od informacije o stanju u kanalu, dok se u drugom slučaju vrši kompletna regeneracija signala.

U ovom radu je izvršena analiza performansi AF kooperativne relejne mreže sa bežičnim prenosom informacija i energije, pri čemu je razmatran nelinearan EH uređaj na relejnom čvoru. Analiza je izvršena za slučaj kada u propagacionom okruženju postoji prisustvo kompozitnog fedinga, kojim se istovremeno modeluju efekti višestruke propagacije i efekat senke. Performanse konvencionalne neregenerativne relejne mreže, sa relejem koji ima sopstveni izvor napajanja, razmatrane su u radu [8] za slučaj kompozitnog fedinga. Analiza DF relejne mreže sa linearnim EH uređajem i Generalizovanom-K raspodelom fedinga prikazana je u [9], dok je uticaj nelinearnosti u DF sistemu detaljno analiziran u [10]. Po saznanju autora, u literaturi nije dostupna analiza

neregativne AF mreže u sistemu sa kompozitnim fedingom i bežičnim prenosom energije.

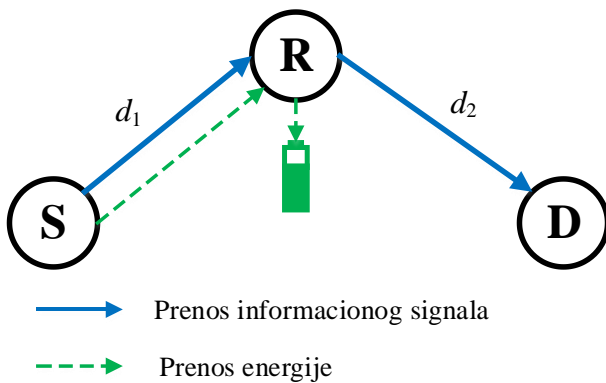
U radu je razmatran relejni system sa AF relejem promenljivog pojačanja. Analiza je izvršena pod pretpostavkom da relej nema sopstvene izvore energije, već energiju potrebnu za prenos signala na drugoj deonici dobija od izvorišnog čvora, u skladu sa TSR protokolom. Izvršena je analiza ergodičnog kapaciteta i kapaciteta otkaza, pri čemu je na releju primenjen nelinearni model EH uređaja.

Sadržaj rada po odeljcima dat je u delu koji sledi. U drugom odeljku izložen je model kanala i sistema, dok su performanse sistema definisane u trećem poglavlju. U četvrtom poglavlju izloženi su numerički rezultati koji pokazuju uticaj parametara kanala i sistema na kapacitet sistema, nakon čega je izložen zaključak rada.

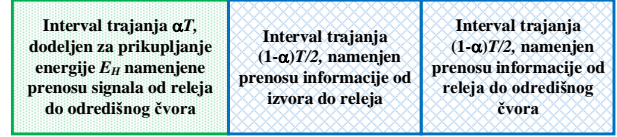
## 2. MODEL KANALA I SISTEMA

Posmatra se model kooperativne relejne mreže prikazane na Slici 1, koja se sastoji od izvorišnog (predajnog) čvora S, relejnog čvora R i odredišnog (prijemnog) čvora D [9]. Razmatra se scenario gde između izvorišnog i odredišnog čvora ne postoji direktna linija vidljivosti, pa se komunikacija odvija posredstvom AF releja koji pojačava i prosleđuje signal. Pojačanje releja je promenljivo i usklađeno sa CSI (*channel state information*) informacijom u kanalu između S i R čvora. Relej nema sopstvene izvore energije potrebne za prenos signala, već ga energijom snadbeva izvorišni čvor. Rastojanje od izvorišnog i odredišnog čvora do relejnog čvora jednako je  $d_1$  i  $d_2$ , respektivno.

U radu je razmatran opšti slučaj kada pri prostiranju signala između čvorova relejne mreže istovremeno dolazi do efekta fedinga, kao posledice višestruke propagacije signala, i efekta senke. Feding u kanalu se modeluje Nakagami- $m$  raspodelom zbog širokog opsega primenljivosti, dok se efekat senke modeluje log-normalnom raspodelom. Međutim, kompozitna raspodela dobijena na ovaj način nije pogodna za matematičku analizu. Kako je pokazano da se efekat senke može uspešno modelovati Gama raspodelom, kompozitni model kanala se može opisati primenom Generalizovane- $K$  raspodele, pa se zakon raspodele anvelope fedinga može prikazati u kompaktnoj formi [9]-[10].



Slika 1. Model kooperativne relejne mreže sa bežičnim prenosom informacija i energije.



Slika 2. Ilustracija TSR protokola za bežičnim prenosom informacija i energije u relejnoj mreži.

Anvelopa fedinga u kanalu između izvorišnog i relejnog čvora označena je sa  $h_{SR}$ , dok je vrednost odgovarajućeg koeficijenta u kanalu između relejnog i odredišnog čvora označena sa  $h_{RD}$ . Shodno tome, pojačanja snage signala na prvoj i drugoj deonici jednaka su  $\gamma_1 = |h_{SR}|^2$  i  $\gamma_2 = |h_{RD}|^2$ , respektivno, i opisani su sledećom funkcijom gustine verovatnoće (*probability density function*, PDF)

$$p_{\gamma_i}(\gamma) = \frac{2}{\Gamma(m_{mi})\Gamma(m_{si})} \left( \frac{m_{mi}m_{si}}{\bar{\gamma}_i} \right)^{\frac{m_{mi}+m_{si}}{2}} \times \times \gamma^{\frac{m_{mi}+m_{si}}{2}-1} K_{m_{si}-m_{mi}} \left( 2\sqrt{\frac{m_{mi}m_{si}}{\bar{\gamma}_i}} \gamma \right), \quad i=1,2, \quad (1)$$

gde je  $m_{mi}$  Nakagami- $m$  parametar fedinga, a  $m_{si}$ , parametar Gama raspodele kojom se modeluje efekat senke. Srednje pojačanje snage na prvoj i drugoj deonici označeno je sa  $\bar{\gamma}_i = E\{\gamma_i\}$   $i=1, 2$ , dok su sa  $\Gamma(\cdot)$  i  $K_\beta(\cdot)$  označene Gama funkcija [11, jedn. (8.31)] i modifikovana Beselova funkcija  $\beta$ -tog reda [11, jedn. (8.432.3)], respektivno.

Pretpostavlja se da u kanalu deluje spori feding kod kojeg su koeficijenti pojačanja konstantni u toku trajanja jednog vremenskog bloka  $T$ . Kako relej nema sopstvene izvore energije, prenos informacija i sakupljanje energije koju šalje izvorišni čvor obavlja se u skladu sa TSR protokolom prenosa, koji je ilustrovan na Slici 2. Kao što sa slike može uočiti, svaki vremenski blok trajanja  $T$  podeljen je na dva dela. U okviru prvog dela vrši se sakupljanje energije, dok se u drugom delu vrši prenos informacionog signala od izvorišnog do relejnog, a zatim i od relejnog do odredišnog čvora.

Izvorišni čvor emituje signal  $s$  srednjom snagom  $P_S$  ka relejnom čvoru. Prijemni signal na relejnom čvoru može se izraziti kao

$$y_R = \sqrt{\frac{P_S}{d_1^\delta}} h_{SR} s + n_R, \quad (2)$$

gde  $n_R$  predstavlja komponentu aditivnog belog Gausovog šuma (*Additive White Gaussian Noise*, AWGN), dok je sa  $\delta$  označen koeficijent gubitaka snage usled prostiranja (*path loss exponent*). Odnos snage signala i snage šuma (*Signal-to-Noise Ratio*, SNR) na relejnom čvoru jednak je

$$\gamma_R = \frac{P_S}{d_1^\delta \sigma_R^2} \gamma_1. \quad (3)$$

U toku prvog dela vremenskog intervala  $\alpha T$  ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ) vrši se sakupljanje energije potrebne za prenos signala od releja do odredišnog čvora, koja je određena izrazom

$$E_H = \eta \frac{P_S \gamma_1}{d_1^\delta} \alpha T, \quad (4)$$

gde je sa  $\eta$  označen koeficijent efikasnosti konverzije energije. Preostali deo vremenskog bloka  $T$  koristi se za prenos informacionog signala. U jednakim podintervalima trajanja  $(1-\alpha)T/2$  signal se prenosi od izvorišnog do relejnog čvora, a zatim i od relejnog do odredišnog čvora.

Ukupna energija sakupljena u toku trajanja prvog dela vremenskog bloka  $T$ , koristi se za emitovanje informacionog signala koji je primio relejni čvor. U radu se razmatra nelinearni model EH uređaja kojim se vrši sakupljanje energije potrebne za emitovanje signala relejnog čvora. Korišćenje ovakvog modela je opravdano i posledica je upotrebe nelinearnih komponenti. Usled nelinearnosti EH uređaja, snaga kojom se emituje signal sa relejnog čvora je direktno srazmerna ulaznoj snazi signala za vrednosti manje od praga  $P_{th}$ , dok za veće vrednosti dolazi do zasićenja, pa važi

$$P_R = \frac{E_H}{(1-\alpha)T/2} = \begin{cases} \frac{2\eta\alpha}{(1-\alpha)} \frac{P_S}{d_1^\delta} \gamma_1, & \frac{P_S}{d_1^\delta} \gamma_1 \leq P_{th}, \\ \frac{2\eta\alpha}{1-\alpha} P_{th}, & \frac{P_S}{d_1^\delta} \gamma_1 > P_{th}. \end{cases} \quad (5)$$

Relej pojačava primljeni signal pojačanjem  $G = 1/\left(\sqrt{P_S/d_1^\delta} \gamma_1\right)$  tako da se signal na izlazu iz releja može izraziti kao

$$y_{Riz} = \sqrt{P_R} G \left( \sqrt{\frac{P_S}{d_1^\delta}} h_{SR} s + n_R \right). \quad (6)$$

Prijemni signal na odredišnom čvoru jednak je

$$y_D = \sqrt{\frac{P_R}{d_2^\delta}} h_{RD} G \left( \sqrt{\frac{P_S}{d_1^\delta}} h_{SR} s + n_R \right) + n_D, \quad (7)$$

pri čemu  $n_D$  predstavlja komponentu AWGN na prijemu. Ukupan ekvivalentni odnos snage signala i šuma na odredišnom čvoru može se napisati u obliku

$$\gamma_{ek} = \frac{\gamma_R \gamma_D}{\gamma_D + \gamma_R}, \quad (8)$$

gde je  $\gamma_R$ , dat jednačinom (3), dok je odnos trenutne snage signala i snage šuma na destinaciji,  $\gamma_D$ , jednak

$$\gamma_D = \begin{cases} \frac{2\eta\alpha}{(1-\alpha)\sigma_D^2} \frac{P_S}{d_1^\delta d_2^\delta} \gamma_1 \gamma_2, & \frac{P_S}{d_1^\delta} \gamma_1 \leq P_{th}, \\ \frac{2\eta\alpha}{(1-\alpha)\sigma_D^2} \frac{P_{th}}{d_2^\delta} \gamma_2, & \frac{P_S}{d_1^\delta} \gamma_1 > P_{th}. \end{cases} \quad (9)$$

### 3. ANALIZA PERFORMANSI SISTEMA

U narednom delu biće izvršena analiza performansi AF kooperativnog relejnog sistema, kod kojeg se komunikacija odvija preko relejnog čvora koji nema sopstveni izvor napajanja već energiju dobija bežičnim putem od izvorišnog čvora.

Jedna od osnovnih mera performansi je verovatnoća prekida (otkaza) sistema, koja je u slučaju AF relejnog sistema jednaka verovatnoći da ukupan ekvivalentni SNR na odredištu bude manji od unapred definisanog praga  $\gamma_{th}$

$$P_{out} = P(\gamma_{eq} \leq \gamma_{th}) = P\left(\frac{\gamma_R \gamma_D}{\gamma_R + \gamma_D} \leq \gamma_{th}\right). \quad (10)$$

Kapacitet otkaza predstavlja maksimalnu brzinu prenosa koja se može postići u kanalu, sa verovatnoćom otkaza  $P_{out} = \Pr(\gamma < \gamma_{th})$ , nastalog usled dejstva jakog fedinga u kanalu, kada je ekvivalentni odnos  $\gamma_{eq}$  manji od date vrednosti praga, i jednak je

$$C_{out} = \frac{1}{2 \ln 2} (1 - P_{out}(\gamma_{th})) \ln(1 + \gamma_{th}). \quad (11)$$

U slučaju AF relejnog sistema kod kojeg se prenos informacija i energije obavlja u skladu sa TSR protokolom, samo deo  $(1-\alpha)T$  svakog vremenskog bloka je namenjen prenosu informacija, pa je protok  $T_{out}$  jednak [8]

$$T_{out} = (1-\alpha)C_{out}, \quad (12)$$

Ergodični kapacitet kanala predstavlja maksimalnu srednju vrednost brzine prenosa sa proizvoljno malom verovatnoćom greške, kada je interval usrednjavanja dovoljno dug tako da se u toku njegovog trajanja pokazuju ergodične karakteristike kanala i jednak je

$$C_{erg} = \frac{1}{2 \ln 2} E_{\gamma_R \gamma_D} \left\{ \ln \left( 1 + \frac{\gamma_R \gamma_D}{\gamma_R + \gamma_D} \right) \right\}, \quad (13)$$

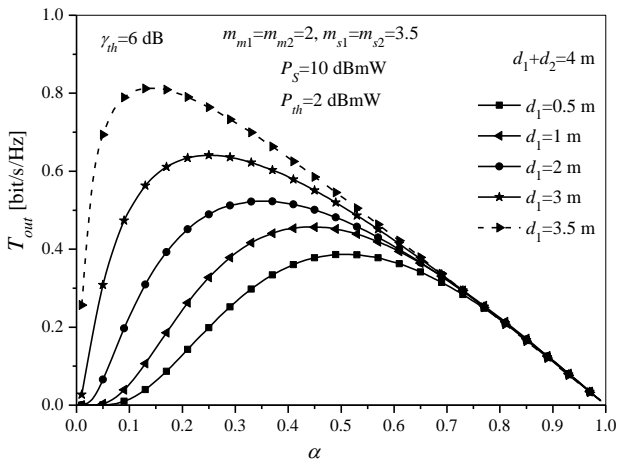
dok je odgovarajući protok u slučaju primene TSR protokola jednak

$$T_{erg} = (1-\alpha)C_{erg}. \quad (14)$$

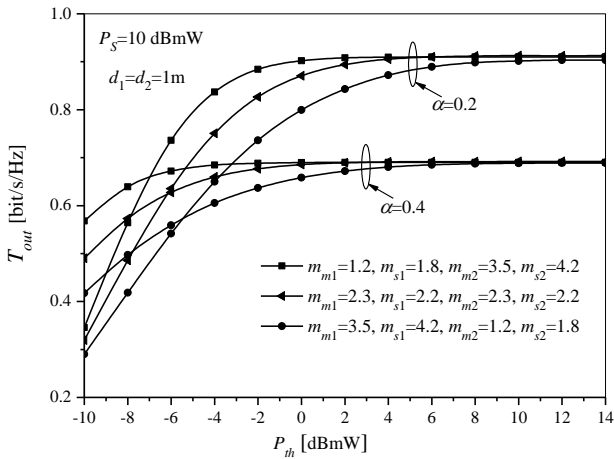
U narednom poglavlju biće razmatran kapacitet kooperativnog relejnog sistema u kojem je EH uređaj nelinearan.

### 4. NUMERIČKI REZULTATI

Numerički rezultati prikazani u ovom delu rada dobijeni su simulacionim postupkom. Za svaki od kanala između izvorišnog čvora i releja, kao i releja i odredišnog čvora, generisane su sekvence koeficijenata fedinga dužine  $10^7$  odbiraka. Primenjen je nelinearni EH model, a pri određivanju performansi sistema korišćeni su sledeći parametri:  $\eta=0.8$ ,  $\sigma_R^2 = \sigma_D^2 = 0.01$ ,  $\bar{\gamma}_1 = \bar{\gamma}_2 = 1$  i  $\delta=2.7$ .



Slika 3. Protok  $T_{out}$  u funkciji vremenskog parametra  $\alpha$ .

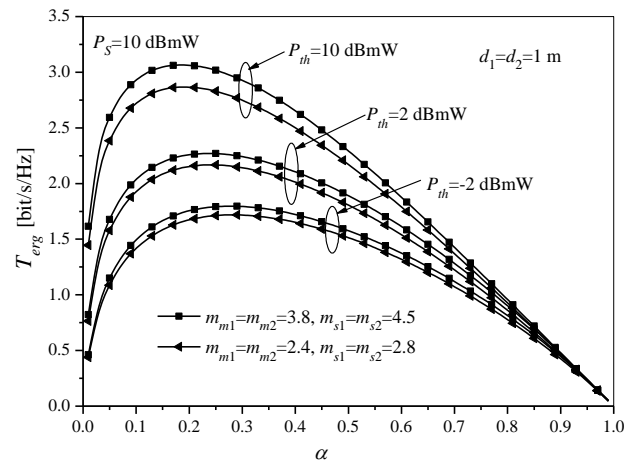


Slika 4. Zavisnost protoka  $T_{out}$  od praga zasićenja  $P_{th}$ .

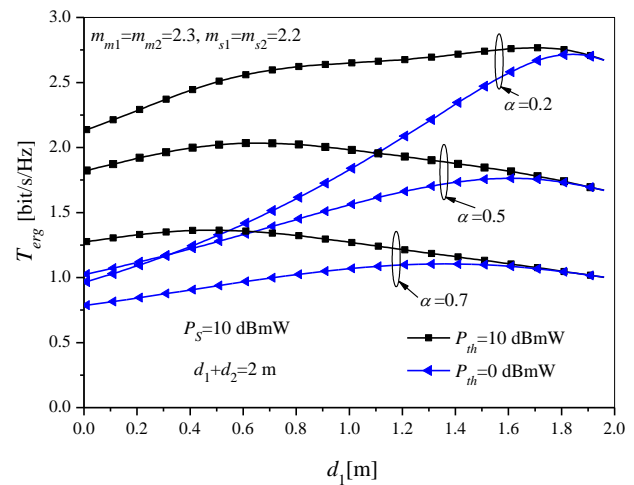
Na Slici 3 prikazan je protok  $T_{out}$  u funkciji parametra  $\alpha$ , za različite pozicije releja, pri čemu je zbir rastojanja na prvoj i drugoj deonici konstantan i jednak  $d_1+d_2=4\text{m}$ . Predajni čvor emituje signal snagom  $P_S=10\text{dBmW}$ , dok je vrednost praga zasićenja usled nelinearnosti  $P_{th}=2\text{dBmW}$ . Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da se, za posmatrane parametre sistema, veće vrednosti protoka dobijaju u slučaju kada je rastojanje releja i prijemnog čvora manje. Ova pojava se može objasniti činjenicom da u slučaju malih rastojanja na prvoj deonici, ograničenje nelinearnog uređaja dominantno određuje maksimalnu snagu releja. Takođe, u tom slučaju je i rastojanje između releja i odredišnog čvora veće, što smanjuje snagu prijemnog signala. Sa udaljavanjem releja od predajnika, snaga prijemnog signala na releju opada, ali efekat zasićenja nije dominantan. Kako je rastojanje na drugoj deonici tada kraće, ukupna prijemna snaga na odredištu je veća. Sa slike se može uočiti i da se optimalan procenat vremena namenjen sakupljanju energije, kojim se ostvaruje maksimalan protok, smanjuje udaljavanjem releja od predajnog čvora.

Zavisnost protoka od praga zasićenja  $P_{th}$  prikazana je na Slici 4, za različite uslove fedinga i efekta senke u kanalu, kao i dve vrednosti vremenskog parametra  $\alpha$  ( $\alpha=0.2$  i  $\alpha=0.4$ ). Kao što je očekivano, sa povećanjem vrednosti praga zasićenja, performanse se poboljšavaju, ali iznad određene vrednosti  $P_{th}$ , sistem ulazi u zasićenje usled konstantne predajne snage izvorišnog čvora i konstantnih parametara sistema. Na osnovu prikazanih rezultata, može se uočiti da za manje vrednosti praga  $P_{th}$ , veće vrednosti kapaciteta dobijaju u slučaju kada su parametri fedinga na prvoj deonici manjih vrednosti. Dakle, za veće vrednosti kapaciteta pogodnija je pozicija releja kod koje su uslovi prostiranja na drugoj deonici bolji u odnosu na prvu deonicu.

Protok na osnovu ergodičnog kapaciteta u zavisnosti od vremenskog parametra  $\alpha$ , za različite vrednosti snage zasićenja  $P_{th}$ , prikazan je na Slici 5. Performanse su analizirane za različite uslove fedinga i efekta senke u kanalu, pri čemu su rastojanja izvorišnog i odredišnog čvora do releja međusobno jednaka.



Slika 5. Protok  $T_{erg}$  u funkciji vremenskog parametra  $\alpha$ .



Slika 6. Protok  $T_{erg}$  u funkciji rastojanja  $d_1$ .

U svim posmatranim slučajevima, sa povećanjem ograničavajuće vrednosti  $P_{th}$ , protok se povećava. Sa povećanjem vrednosti parametara  $m_{mi}$  i  $m_{si}$ ,  $i=1,2$ , efekat fedinga i senke je manji, što dovodi do poboljšanja performansi sistema. Takođe, vrednost optimalnog parametra  $\alpha$  kojim se ostvaruje maksimalni protok se smanjuje sa vrednošću praga  $P_{th}$ , jer je u tom slučaju optimalnu količinu energije moguće prikupiti u manjem intervalu vremena.

Na Slici 6 prikazana je zavisnost protoka  $T_{erg}$  od rastojanja između izvorišnog čvora i releja, kada je zbir rastojanja na obe deonice  $d_1+d_2=2m$ . U slučaju kada je efekat nelinearnosti EH uređaja dominantan (za  $P_{th}=0\text{dBmW}$ ) protok se znatno povećava sa udaljavanjem releja od izvorišnog čvora. Pri tome, veće poboljšanje se ostvaruje za manje vrednosti parametra  $\alpha$ . U slučaju kada nelinearnosti EH uređaja nemaju dominantan uticaj (za  $P_{th}=P_S$ ) promena položaja releja ima manji značaj. Za veće vrednosti parametara  $\alpha$  ( $\alpha=0.7$ ), na velikim udaljenostima releja od predajnog čvora, protok se smanjuje jer je prijemna snaga na releju manja usled većeg slabljenja u kanalu, što utiče na smanjenje predajne snage releja. U slučaju veće vrednosti parametra  $\alpha$  tj. dužeg trajanja EH faze, optimalno je manje rastojanje na prvoj deonici i duža druga deonica veze.

## 5. ZAKLJUČAK

U radu je izložena analiza kooperativne neregenerativne relejne mreže, kod koje relej nema sopstvene izvore energije i napajanje se vrši primenom EH tehnologije. Izvršena je analiza kapaciteta otkaza i ergodičnog kapaciteta, kao i odgovarajućih protoka, u slučaju kada se prenos informacija i energije u relejnoj mreži obavlja primenom TSR protokola. Uočeno je da se performanse sistema poboljšavaju sa porastom parametara fedinga odnosno smanjenjem dejstva višestruke propagacije i efekta senke. U skladu sa očekivanjima, porast praga nelinearnosti povećava kapacitet sistema. U slučaju kada je vrednost praga nelinearnosti EH uređaja niska, za konstantan zbir rastojanja na oba linka, veći kapacitet se postiže u slučajevima kada je relej bliži odredišnom čvoru. Takođe, u tom slučaju je i optimalan procenat vremena za prenos energije manji. Kada je prag nelinearnosti visok, optimalan položaj releja je bliži izvorišnom čvoru.

## NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Rad je podržan od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, u okviru projekta tehnološkog razvoja TR 32028 "Napredne tehnike efikasnog korišćenja spektra u bežičnim sistemima" i projekta tehnološkog razvoja TR 32037 "Istraživanje i razvoj robusnih sistema za prenos podataka i njihova primena u korporativnim mrežama".

## LITERATURA

- [1] M. Dohler and Y. Li, *Cooperative Communications: Hardware, Channel and PHY*, Chichester, West Sussex, United Kingdom: John Wiley & Sons, 2010.
- [2] Cisco Visual Networking Index: Forecast and Trends, 2017–2022, White Paper, <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white-paper-c11-741490.pdf>.
- [3] J. Huang, C. Xing and C. Wang, "Simultaneous wireless information and power transfer: technologies, applications, and research challenges", *IEEE Communications Magazine*, vol. 55, no. 11, pp. 26-32, November 2017.
- [4] P. Kamalinejad, C. Mahapatra, Z. Sheng, S. Mirabbasi, V. C. M. Leung and Y. L. Guan, "Wireless energy harvesting for the internet of things", *IEEE Communications Magazine*, vol. 53, no. 6, pp. 102-108, June 2015.
- [5] A. Ö. Ercan, M. O. Sunay and I. F. Akyildiz, "RF Energy Harvesting and Transfer for Spectrum Sharing Cellular IoT Communications in 5G Systems," in *IEEE Transactions on Mobile Computing*, vol. 17, no. 7, pp. 1680-1694, July 2018.
- [6] D. Niyato, D. I. Kim, M. Maso and Z. Han, "Wireless Powered Communication Networks: Research Directions and Technological Approaches," in *IEEE Wireless Communications*, vol. 24, no. 6, pp. 88-97, Dec. 2017.
- [7] A. A. Nasir, X. Zhou, S. Durrani and R. A. Kennedy, "Throughput and ergodic capacity of wireless energy harvesting based DF relaying network", *Proc. of IEEE International Conference on Communications (ICC)*, pp. 4066-4071, Sydney, Australia, June 2014.
- [8] Datsikas, C. K., Peppas, K. P., Lazarakis, F. I. and Tombras, G. S., "Error rate performance analysis of dual-hop relaying transmissions over generalized- $K$  fading channels", *AEU—International Journal of Electronics and Communications*, vol. 64, no. 11, pp. 1094–1099, November 2010.
- [9] V. Blagojevic, A. Cvetkovic, P. Ivanis "Performance analysis of energy harvesting DF relay system in generalized- $K$  fading environment", *Physical Communications*, vol. 28, pp. 190-200, June 2018.
- [10] V. M. Blagojević, A. M. Cvetković, P. N. Ivaniš, "On the Capacity of SWIPT Cooperative Relaying System in Generalized Fading Environment", *Proc. of XIV International Conference SAUM 2018*, pp. 16-24, Niš, Serbia, November 14-16, 2018.
- [11] I.S. Gradshteyn and I.M. Ryzhik, *Table of Integrals, Series, and Products*, London, United Kingdom: Academic Press, 2007.
- [12] A.J. Goldsmith, *Wireless Communications*, New York, United States: Cambridge University Press, 2005.



# IZBOR MODULACIJA I TALASNIH DUŽINA FSO SISTEMA U ODNOSU NA SNR i BER

## DECISION OF THE MODULATION AND WAVE LENGTH FOR FSO SYSTEMS WITH ASPECT TO SNR AND BER

Vladimir Šašo<sup>1</sup>, Borivoje Milošević<sup>2</sup>, Srdjan Jovković<sup>1</sup>  
*University ALFA BK Belgrade, Serbia<sup>1</sup>*

*University UNION Nikola Tesla, Faculty of Business and Law, Belgrade, Serbia<sup>2</sup>*

**Sadržaj** – Bežične – wireless mreže su konvencionalno realizovane i bazirane na tehnologiji radio-frekventnih komunikacija. Međutim, kapaciteti ovakvih mreža limitirani su spektrom radio frekvencija, brzine prenosa ne zadovoljavaju sve veće korisničke zahteve. Jedno od rešenja za ovakve probleme sigurno se može potražiti u izboru medijuma koji može omogućiti i ispuniti sve zadatke, koji se u današnje vreme traže u okviru opisanih zahteva. Ideja je bila da se napravi sistem koji će omogućavati pouzdan prenos velikog broja informacija, velike brzine prenosa podataka, a koji će biti teško prisluškivati i ometati, sistem skoro nezavistan od raznih smetnji i fadinga tokom propagacije signala kroz prostor. Primenjena je jedna zaboravljena tehnologije za prenos informacija različitih sadržaja, optika u slobodnom prostoru - Free Space Optics. U radu će se govoriti o vrlo bitnim parametrima ovog prenosa: izboru modulacionih metoda, izboru frekvencija laserskog zraka, a sve u svrhu dobijanja kvalitete informacije na prijemniku. Takav izbor naravno mora da zadovolji uslove definisane odnosima SNR i BER.

**Abstract** - Wireless networks are conventionally implemented and based on radio frequency communications technology. However, the capacities of such networks are limited by the radio frequency spectrum, the transmission speeds do not meet the increasing demands of the user. One of the solutions to these problems can certainly be found in the choice of media that can enable and fulfill all the tasks that are currently being sought within the described requirements. The idea was to create a system that would allow a reliable transmission of a large amount of information, high data rates, which would be difficult to eavesdrop and hinder, a system almost independent of various interferences and fading when propagating the signal through the space. One forgotten technology for transferring information from different environment, free space optics - Free Space Optics. The paper will discuss the very important parameters of this transmission: choice of modulation methods, selection of laser beam frequencies, all for the purpose of obtaining information on the receiver. Such a choice must of course satisfy the conditions defined by the SNR and BER.

### 1. UVOD

Svedoci smo da je u prethodnim decenijama uložena ogromna trud i novac ne bi li se izgradila globalna optička

kablovska mreža, sposobna da prati sve veće potrebe za brzim i sigurnim prenosom informacija. Iako su mnogi lideri u oblasti telekomunikacija, kao i interesenti za razvoj savremenih računarskih tehnologija sanjali o mrežama zasnovanim samo na optičkim kablovima, procenat povezanih krajnjih korisnika direktno na optičku kablovsku mrežu (što je uslov da bi se dostigla projektovana brzina prenosa) čak i u gradskim sredinama nije ispunio njihova očekivanja.

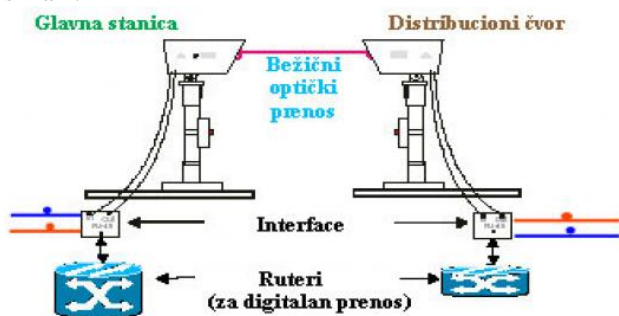
Razlozi za to su višestruki. Optičke kablovske mreže nastavljaju sa razvojem odmerenom brzinom ali je sam proces njihovog uvođenja neretko dug, komplikovan, preskup, a uložena sredstva nepovratna. Tkođe, održavanje i popravka postojećih optičkih sistema kada dođe do slučajnih prekida ili prekida usled prirodnih katastrofa je jako tehnički izazovna. Stoga, ako uzmemo u obzir sve navedeno, kao i već postojeću infrastrukturu modernih gradova, shvatićemo da nam je potrebna alternativno rešenje. Tehnologija koja se nameće kao realno rešenje ovog problema je bazirana na optici u slobodnom prostoru ili kako se stručno naziva Free Space optika (FSO).

FSO tehnologija je starija od kablovske optike. Dok su elektronske inovacije, kao što su tranzistori i integrisana kola, dovele do posleratnog razvoja telekomunikacije, pronalazak lasera je omogućio dalja istraživanja naprednih optičkih komunikacija koje su tada koristile jedini medijum za prenos laserskog zraka dostupan fizičarima u vojnoj i svemirskoj industriji - atmosferu ili "free space", odakle i potiče naziv Free space optika. Istraživanja u oblasti Free space optike nastavljaju da napreduju zajedno sa sve širom upotrebom u svemirskoj industriji, pokrivajući namene u komercionalnim i privatnim telekomunikacionim mrežama. Današnja komercijalna rešenja su rezultat vrhunca napretka Free space tehnologije.

Optički komunikacioni sistemi u slobodnom prostoru su širokopoljaska komunikaciona multipleks tehnologija u liniji vidljivosti koja koristi optičke modulirane signale da bi bežično prenosila informacije. Kapaciteti koji su u ovom trenutku na raspolaganju idu i do 4-10 Gb/s, na daljinama do nekoliko desetina kilometara.

Zbog različitih bofizičkih karakteristika oka u dominantnim opsezima talasnih dužina koje se koriste, razmatranje bezbednosti oka ima ključnu ulogu u

krajnjem izboru talasne dužine. Laserski zraci sa talasnom dužinom od oko 800 nm su blizu infra-crvenog područja i nevidljivi su, ali i kao kod vidljive svetlosti prolaze rožnjaču i sočivo i fokusiraju se u maloj tački na mrežnjači. Kolinearni svetlosni zrak, u ovom opasnom po mrežnjaču talasnom opsegu, koji ulazi u oko je 100.000 puta koncentrisaniji kada udari u mrežnjaču. Mrežnjača nema nervne senzore za bol i nevidljiva svetlost ne prouzrokuje treptaj oka, pa se zbog toga na talasnoj dužini od 800 nm mrežnjača može trajno oštetiti i pre nego žrtva bude svesna opasnosti. Za razliku od toga, laserski zraci sa talasnom dužinom od 1550 nm se asorbjuju u rožnjači i sočivu i ne fokusiraju se na mrežnjači. Bežična optička veza može se koristiti na više nivoa: kao gradska mreža (MAN – Metropolitan Area Network) za povezivanje korisnika u topologiji od tačke do tačke (Point to Point), ili za komunikaciju u lokalnim mrežama unutar zgrada i objekata (LAN – Local Area Network). Pošto je ova tehnologija sa stanovišta cene vrlo prihvatljiva (oko sedam puta jeftinija od kablovskog prenosa), u svetu se javlja čitava ekspanzija novih bežičnih optičkih linkova, slika 1.



Slika 1. FSO sistem

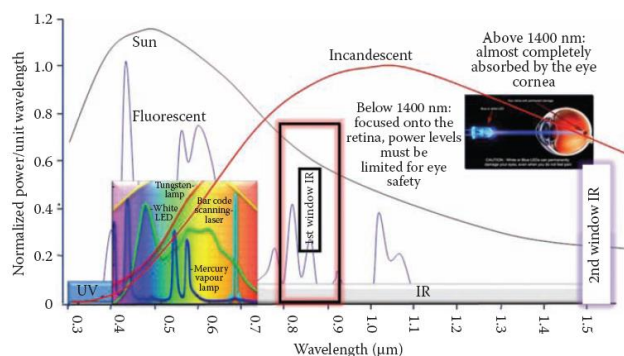
Zbog pomenutih biofizičkih karakteristika oka dozvoljena snaga lasera je oko 50 puta veća za talasnu dužinu od 1550 nm. Ova činjenica je veoma važna projektantima, jer veća snaga lasera omogućava da sistem funkcioniše na većim udaljenostima, u lošim atmosferskim prilikama i da obezbeđuju brži prenos.

FSO sistemi se koriste zbog sledećih osobina:

- velika brzina prenosa,
- modularan način izgradnje mreže,
- otpornost na prisluškivanje,
- nema potrebe za posebne dozvole,
- minimalni godišnji troškovi,
- manja cena od sistema sa optičkim vlaknima,
- laka i brza instalacija,
- efikasnost u premošćavanju "poslednje milje",
- lako povezivanje manjih delova mreže.

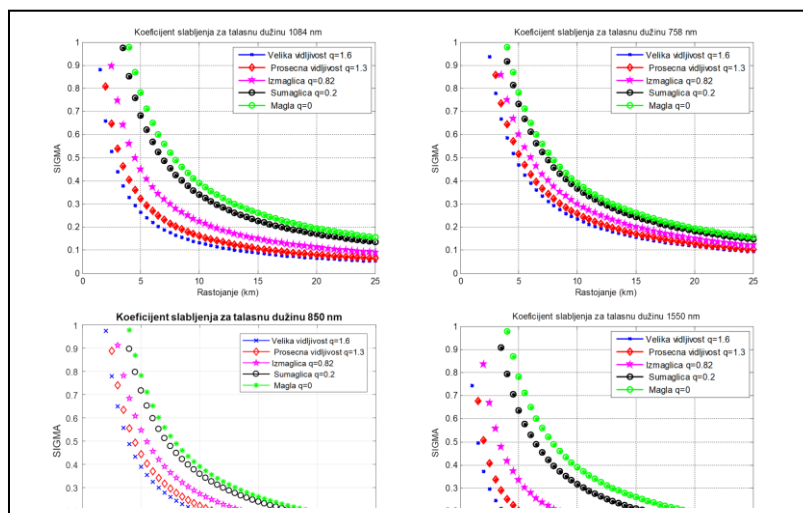
## 2. IZBOR TALASNE DUŽINE

U narednom delu biće razmatran jedan od najbitnijih problema sa ekonomskog aspekta, a to je izbor talasne dužine optičkog linka. Talasne dužine i korespondirajuće energije elektromagnetskih talasa prikazane su na slici 3. Važan podatak za FSO sisteme u pogledu njihovog opasnog dejstva na ljudsko oko je taj, da je vizuelni opseg ljudskog oka spada u prozor od 400 nm do 700 nm. Slika 2.



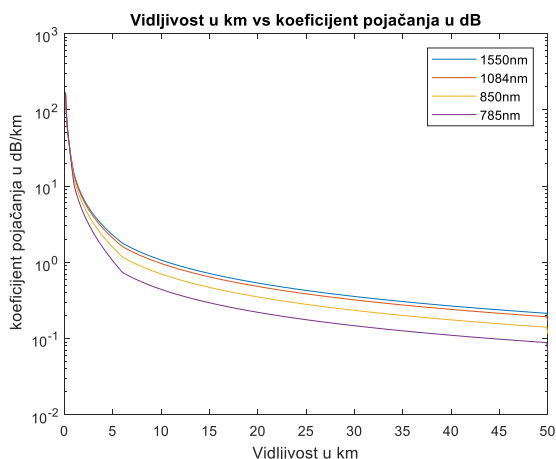
Slika 2. Talasne dužine i energija ultravioletnog, vidljivog i infrared dela the elektromagnetskog spektra i njihov uticaj na ljudsko oko

Izvršićemo MATLAB proveru prethodno navedenih tvrdnji o prednostima talasne dužine od 1550nm nad talasnim dužinama od 785, 850 i 1084nm, u funkciji rastojanja i koeficijenta slabljenja, slika 3. [1,2,3]



Slika 3. Koeficijenti slabljenja signala u odnosu na talasnu dužinu

Na osnovu dobijenih rezultata jasno se može zaključiti da pri različitoj vidljivosti i pod uticajem drugačijih atmosferskih prilika talasna dužina od 1550nm ima znatno manji koeficijent slabljenja u odnosu na ostale talasne dužine. Shodno tome, zaključujemo da je prenos signala (podataka) putem FSO linka pogodnije vršiti izborom talasne dužine od 1550nm. Ova pretpostavka može se potvrditi i sledećom slikom 4.



Slika 4. Koeficijent pojačanja u odnosu na atmosferske uslove vidljivosti u zavisnosti od talasnih dužina laserskog zraka

### 3. IZBOR MODULACIJE

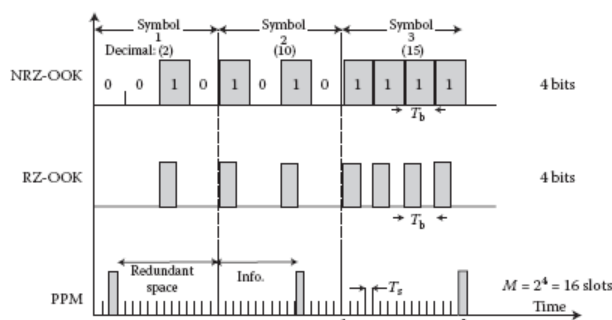
Postoji mnogo različitih tipova modulacionih šema koje su prikladne za FSO komunikacione sisteme kao što su On-Off Keying (OOK), Pulse Position Modulation (L-PPM), Pulse Amplitude Modulation (M-PAM), Differential Phase Shift Keying (DPSK), Binary Phase Shift Keying (BPSK) i Quadrature Phase Shift Keying (QPSK). Budući da je prosečna emitovana optička snaga uvek ograničena, performanse modulacionih tehnika se često upoređuju u smislu prosečne primljene optičke snage potrebne za postizanje minimalne greške po bitu BER-a i kvalitativnog odnosa signal-šum SNR, naravno za odabranu brzinu prenosa podataka. Vrlo je važno da šema modulacije bude energetska najkorisnija, ali to ipak nije jedino odlučujuće. [4,5,6]

U FSO sistemima koriste se najčešće dva tipa modulacije: On-Off Keying (OOK) i Pulse Position Modulation (PPM).

*On-Off-Keying* modulacija šalje svaki bit podataka u jednom slotu, jedinica odgovara laserskom impulsu dok nula odgovara izostajanju signala. Prijemnik odlučuje svake  $T_s$  sekunde o prisutnosti signala. Pošto se po jedan bit šalje u svakom slotu, onda je  $T_s=1/B_r$ , gde je  $B_r$  bitska brzina. U ovom slučaju znači, da se koristi talasni opseg jednak bitskoj brzini  $B_w=B_r$ . Da bi se održala srednja vrednost snage konstantnom, možemo zaključiti da se jednak broj nula i jedinica šalje i jednom vremenskom intervalu. Zbog toga se zahteva da srednja vrednost fotona po bitu bude prepolovljena a transmitovana snaga signala za jedan signal postaje  $P_t=2P_{avg}$ , gde je  $P_{avg}$  srednja snaga signala. Da bi se odredilo da li je poslati signal

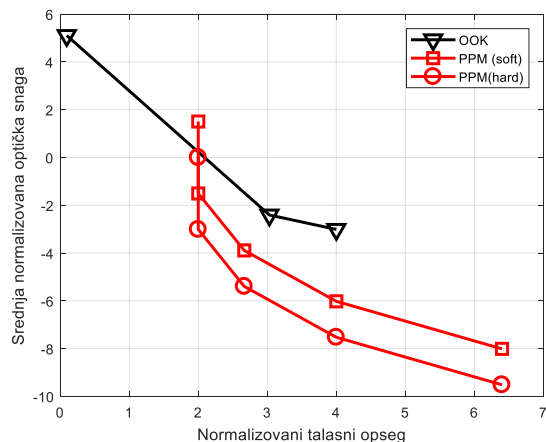
jedinica ili nula prijemnik upoređuje prijemni signal sa vrednošću praga (vrednost prijemnog signala je stohastička promenljiva označena sa  $X$ ). Tada prijemnik bira jedinicu ako je  $X > T_{opt}$  a nulu u drugom slučaju. Optimalna vrednost praga  $T_{opt}$  je kada je verovatnoća za oba prijemna signala dekodiranih kao jedinica ili nula jednaka. OOK je dominantna modulaciona šema koja se koristi u komercijalnim zemaljskim bežičnim optičkim komunikacionim sistemima. To je prvenstveno zbog njene jednostavnosti i otpornosti prema urođenim nelinearnostima lasera i velike propusne moći i brzine. Spoljni modulator OOK može koristiti ili nepovratne na nulu "non-return-to-zero" (NRZ) ili povratne na nulu – "return-to-zero" (RZ) impulsne formate.

*Pulse-position-modulation* koristi simbole fiksne dužine za slanje poruka. Ovi signali imaju fiksnu dužinu u vremenu, podeljeni na  $M$  slotova. Broj slotova tada određuje dužinu simbola. Za reprezentaciju određenog simbola impuls je poslat unutar samo jednog slota, kao što je prikazano na slici 5. Pošto PPM koristi jedan impuls za svaki simbol, broj slotova zavisi od broja bitova poslanih po simbolu  $M=2^k$ .



Slika 5. FSO OOK i PPM signali

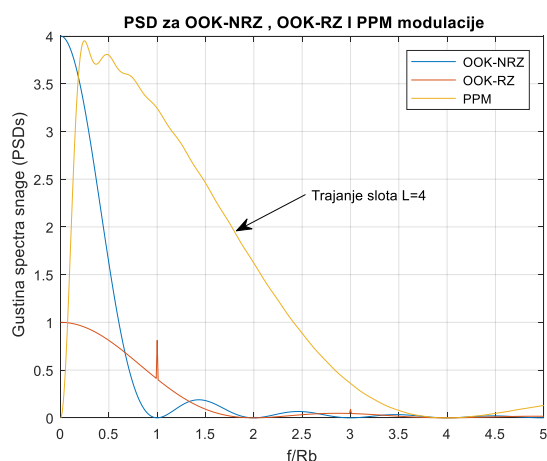
Sledeći grafik prikazuje odnos normalizovane snage optičkog signala u zavisnosti od primenjene modulacije signala, slika 6.



Slika 6. Odnos snage signala i modulacije

Uvodjenje optičkih bežičnih primopredajnika namenjenih masovnom tržištu će verovatno biti ograničeno troškovima koje im nameće njihova implementacija. Stoga je vrlo važno da odabrana tehnika modulacije bude

prilično jednostavna za realizaciju. Postizanje izvrsne energetske efikasnosti i / ili efikasnosti propusnog opsega je od male koristi ako je šema tako složena za implementaciju, pa je zbog tih troškova čini neizvodljivom. Još jedna značajna analiza i razmatranje prilikom ocenjivanja tehnika modulacije je mogućnost za otklanjanje smetnji koje proizlaze iz raznih izvora u ambijentu kroz koji laserski zrak propagira. Najjednostavniji način smanjivanja nivoa snage signala koji putuje kroz ovo okruženje je korišćenje električnog filtriranja visokih propusnih vrednosti i povećavanje frekvencije talasa. Prema tome, poželjno je da odabrana tehnika modulacije ne zahteva značajnu količinu snage koja je potrebna za kvalitetan prenos optičkog signala, da može da podrži srednje i visoke brzine prenosa podataka i bude otporna na različite izvore smetnji koje se mogu javiti prilikom propagacije talasa kroz slobodan prostor. Kod brzina prenosa do 115 2 kbit/s, trajanje impulsa je nominalno 3/16 trajanja bita. Za brzine prenosa od 0.576 i 1.152 Mbit/s, trajanje impulsa je nominalno 1/4 trajanja bita. PPM se takođe koristi na višim nivoima brzine prenosa podataka (>4Mbps). Spektralna gustina električne energije (PSD) za OOK-NRZ i OOK-RZ je  $\gamma = 0.5$  i ona je nezavisno i jednako distribuirana (IID) i za kodiranje nule i za kodiranje jedinice respektivno, slika 7.



Slika 7. Odnos PSD i primenjene modulacije

#### 4. ANALIZA SNR I BER

$E_b/N_0$  (Energy per Bit to Power Spectral Density Ratio) je takodje vrlo važan parametar prenosa podataka u FSO komunikacijama. To je mera normalizovanog odnosa signala i šuma: Signal-to-Noise Ratio (SNR), takodje poznat kao "SNR per bit". [7,8,9]

Ovaj podatak je vrlo koristan za izračunavanje performansi greške po bitu - Bit Error Rate (BER) u šemama sa različitim digitalnim modulacijama, bez uzimanja u razmatranje o kome se propusnom opsegu radi.

Šum – (Noise) u komunikacijama predstavlja pojavu slučajnih električnih i elektromagnetskih fluktuacija u uređajima i prenosnom mediju komunikacionog kanala. Analiziran je uticaj sunčevog zračenja i koeficijenta

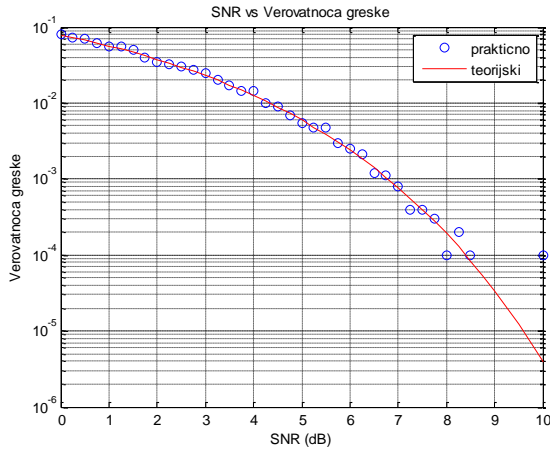
refleksivnosti površine na primljenu snagu od pozadine i objekta u laserskim sistemima, koji rade na talasnoj dužini 1.550  $\mu\text{m}$ . Na nivo primljene snage od pozadine i objekta, koji se nalaze u vidnom polju prijemnika, utiče promena iradijancije od Sunca, transmisija atmosfere, kao i koeficijent refleksivnosti površine objekta i njegove okoline. Promena nivoa primljene snage šuma izražena je dinamikom, koja iznosi oko 127 dB, na mestu objekta. Nivo primljene optičke snage reflektovane od objekta i okoline određuje odnos signal/šum u prijemniku. Analizirana je promena odnosa signal-šum (SNR) za konstantnu vrednost primljenog reflektovanog laserskog zračenja (PS), u funkciji promene snage pozadine (PB). Promena odnosa signal-šum je maksimalna za  $PS \approx PB$  i iznosi oko 2 dB.

Šumovi se tokom prenosa signala kroz komunikacioni kanal mešaju sa prenošenim signalom. Negativan uticaj mešanja signala sa šumom najviše dolazi do izražaja u prijemniku kada je, zbog slabljenja tokom prenosa, usled neminovnog gubljenja snage, signal toliko oslabljen da šum maskira njegov informacioni sadržaj čime se povećava mogućnost pogrešne detekcije. Detekcija i ekstrakcija korisnog signala iz šuma u komunikacionim prijemnicima osnovni je predmet proučavanja teorije telekomunikacija i centralni problem koji se rešava tokom projektovanja i realizacije komunikacionih kanala. Osnovni parametri komunikacionog kanala su šum prenosnog medijuma do ulaza prijemnika i šum ulaznog pojačavača prijemnika. Atmosferski šum sa može javiti usled različitih uslova propagacije talasa kao što su:

- Oblaci, magla i različite atmosferske padavine koje dosta povećavaju temperaturu šuma
- Temperatura šuma oblaka može biti reda veličine nekoliko stotina Kelvina
- Atmosferski šum je više izražen u slučaju jačih padavina i zavisi od prečnika čestica
- Atmosferski šum je naročito izražen na većim frekvencijama (iznad 10 GHz)

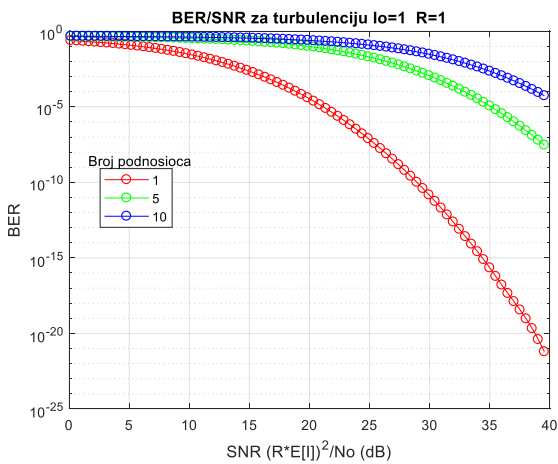
Šum ulaznog pojačavača prijemnika je uglavnom Gausov beli i obojeni šum. Ukupna primljena optička snaga  $P_0 = PS + PB$ , gde je  $PS$  primljena snaga lasera koja se reflektuje iz objekta, a  $PB$  snaga signala na prijemniku posle propagacije kroz turbulentnu sredinu. Možemo zaključiti da velike promene odnosa signal šum prate velike promene snage  $PB$ , i to kada je  $PS$  manje od  $PB$ .

Kako snaga  $PS$  raste i postaje veća od  $PB$ , tako uticaj  $PB$  na odnos signal šum opada i postaje beznačajan. Zbog toga je vrlo važno eliminisati uticaj snage od pozadine, objekata i atmosfere, jer tako održavamo velikim odnos signala i šuma i možemo detektovati laserski signal visokog kvaliteta. Na slici 8 prikazan je odnos signal/šum i verovatnoća greške u prenosu optičkog signala.



Slika 8. SNR vs Verovatnoća greške u prenosu signala

Kada je u pitanju prenos signala kroz jako turbulentnu sredinu odnos SNR i BER dat je na slici 9.



Slika 9. SNR vs BER pri jakoj turbulenciji sa različitim brojem podnosioca signala

U radu se dalje analiziraju performanse BER-a za FSO komunikacijske sisteme koristeći modulacione šeme OOK i PPM preko AVGN šuma i fedinga definisanog Rajsovom raspodelom. Implementacijom OOK i PPM modulacionih tehnika postavlja se glavni kriterijum za upoređivanje varijacije BER-a u odnosu na različite odnose signal šum  $E_b/N_0$ . Uočeno je da OOK modulacija pruža bolje performanse od PPM modulacije u smislu brzine prenosa podataka. Performanse AVGN kanala su najbolje među svim kanalima jer imaju najmanji BER pri OOK i PPM modulacionim šemama. U slučaju turbulencije tokom šropagacije signala, nezavisna vrednost za grešku po bitu je BER,  $P_e$  izračunava se primenom Gaus-Hemitovoe kvadrature integracije:

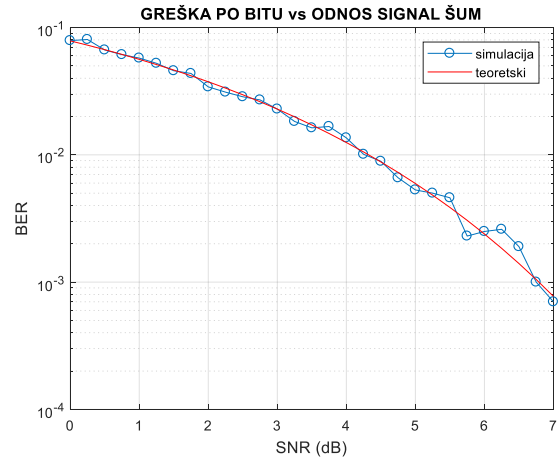
$$P_e = \int_0^{\infty} \frac{1}{2} \exp\left(-\frac{1}{2} SNR e\right) P_I(I) dI$$

$$= \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \sum_{i=1}^n \omega_i \exp\left(-K^2 \exp(x_i 2\sqrt{2}\sigma_i - \sigma_i^2)\right)$$

gde:

$$K = \frac{RAI}{2\sqrt{\sigma^2}}, \quad \{x_i\}_{i=1}^n$$

pretstavlja nule n-tog reda Hermitovog polinoma i korespondirajući težinski faktor, slika 10.

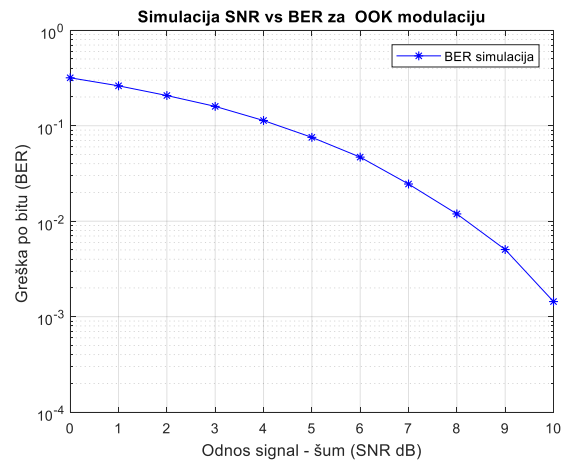


Slika 10. Odnos BER i SNR

*On-Off Keying (OOK)*: Verovatnoća greške za OOK modulaciju optičkog signala, detektovanog pomoću fotodiode, može biti izražena u funkciji odnosa signal-šum SNR sledećom relacijom:

$$BER_{OOK} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{1}{2\sqrt{2}} \sqrt{SNR}\right)$$

Simulacija odnosa SNR i BER za OOK modulaciju u kanalu sa AWGN šumom korišćenjem Monte Carlo metode data je na slici 11. [7,8,9]



Slika 11. Odnos BER i SNR za OOK modulaciju

*Pulse Position Modulation (PPM)*: U ovoj modulaconoj šemi, svaki impuls lasera može se upotrijebiti za predstavljanje jednog ili više bitova informacija po svojoj relativnoj poziciji u vremenu u odnosu na startni simbol, čije je trajanje identično sadržaju informacionih bitova. Velika prednost PPM šeme je eliminacija izbora praga odlučivanja u odnosu na ulaznu snagu signala. Pošto je "L" moguća kodna pozicija impulsa za "K<sub>l</sub>" bitova informacija u PPM šemi, bitska brzina se može izraziti kao:

$$R_b = B_{reg} \frac{\log_2 L}{L}$$

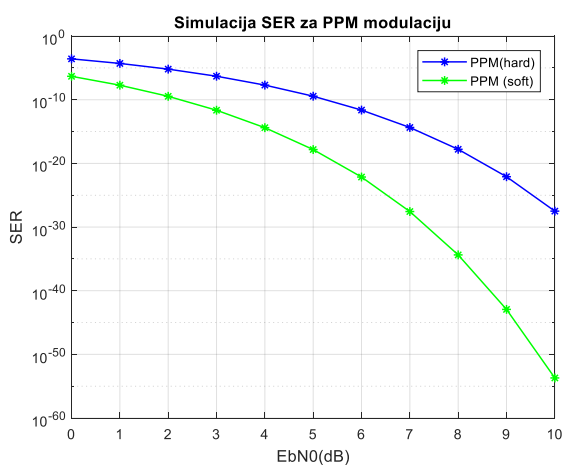
Na osnovu toga izraz za BER primenm PPM šeme modulacije može se predstaviti izrazom:

$$BER_{PPM} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left( \frac{1}{2\sqrt{2}} \sqrt{SNR \frac{L}{2} \log_2 L} \right)$$

Zamenom “ $L=2^{k_1}$ ” u prethodan izraz, možemo izračunati drugu BER formu za L-PPM šemu kao funkciju broja bitova:

$$BER_{PPM} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left( \frac{1}{2\sqrt{2}} \sqrt{K_1 2^{k_1-1} SNR} \right)$$

Analiza odnosa greška po simbolu i signal/šum predstavljena je na slici 12.



Slika 12. Odnos BER i SNR za PPM modulaciju

## 5. ZAKLJUČAK

On-Off Keying (OOK) modulaciona šema se češće koristi zbog upotrebe vrlo povoljnog propusnog opsega i lakog izvođenja. OOK modulacija u komunikacionom kanalu sa jakim atmosferskom turbulencijom pokazuje vrlo malo povećanje nivoa greške po bitu, što naravno vrlo povoljno utiče povećanje performansi FSO sistema. PPM je energetski bolja modulaciona šema jer se takođe veći broj bitova mogu poslati kroz optički kanal, pa se na osnovu toga mogu poboljšati performanse FSO sistema. Kao što je prikazano u ovom radu, normalizovana prosečna snaga za PPM modulaciju se smanjuje sa povećanjem broja bitova koji se šalju, ali normalizovani propusni opseg se povećava sa zatevom za povećanje broja bitova koji se mogu poslati.

## LITERATURA

- [1] Z. Ghassemlooy, W. Popoola, S. Rajbhandari, “Optical Wireless Communications System and Channel Modelling with MATLAB“, CRC Press, Taylor & Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300
- [2] T. Y. Elganimi, “Studying the BER performance power-and bandwidth-efficiency for FSO communication systems under various modulation schemes“, Jordan Conference on Applied Electrical Engineering and Computing Technologies (AECT), 2013.
- [3] H Henniger and O. Wilfert, “An Introduction to Free Space Optical Communications“, Radio Engineering, vol. 19, no. 2, June 2010.
- [4] F. Xiong, “Digital Modulation Techniques“ (Second edition, Norwood, MA, Artech House, Inc., 2006)
- [5] Dhaval Shah, Bhavin Nayak, Dharmendra Jethawani , “Study Of Different Atmospheric Channel Models“, IJECET, Volume 5, Issue 1, January (2014), pp. 105-112
- [6] S.G. Wilson, Digital Modulation and Coding (New Jersey, Prentice Hall, 1996
- [7] B. Barua, S. P. Majumder, “Free Space Optical Communication with OOK and BPSK modulation under different turbulent condition“, International Conference on Informatics Electronics & Vision (ICIEV), 2013
- [8] Mazin Ali A. Ali, “Performance Analysis of WDM-FSO Link under Turbulence Channel“, Journal (World Scientific News), P.p 160-173, 2016
- [9] Yan Li, Mi Li, Yin Poo, Jiachen Ding, Minghui Tang, Yuangang Lu, “Performance analysis of OOK, BPSK, QPSK modulation schemes in uplink of ground-to-satellite laser communication system under atmospheric fluctuation.” Optics Communications. 2014; 3(17): 57-61
- [10] Sawhil, Priyanka Bhardwaj, “Effect of Atmospheric Turbulence and Pointing Error on OOK in Free Space Optics“, International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT) – Volume 59 Issue 3- May 2018
- [11] Taissir Youssef Elganimi, “Performance Comparison between OOK, PPM and PAM Modulation Schemes for Free Space Optical (FSO) Communication Systems: Analytical Study“, International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 79 – No 11, October 2013
- [12] Ijaz, M, Ghassemlooy, Z, Ansari, S, Adebajo, O, Le Minh, H, Rajbhandari, S. (2010) “Experimental investigation of the performance of different modulation techniques under controlled FSO turbulence channel“, 5th International Symposium on Telecommunications, 2010, Iran Telecom Research Center, Tehran, Iran, 4-6 December.
- [13] Yu Zeng, “Adaptive Modulation Schemes for Optical Wireless Communication Systems“, School of Engineering, University of Warwick, April 2010
- [14] Hani Al Hajjar, “Evaluation of optical technologies for home networking at very high-speed“, Optics / Photonic. Télécom Bretagne, Université de Bretagne-Sud, 2013

# KOMPARATIVNA ANALIZA SOFTVERA ZA SAKUPLJANJE I ANALIZU PROTOKA MREŽNOG SAOBRAĆAJA COMPARATIVE ANALYSIS OF NETFLOW COLLECTING AND ANALYZING SOFTWARE TOOLKITS

Nemanja Miljković<sup>1,2</sup> (mnemanja92.etf@gmail.com), Slavko Gajin<sup>1</sup> (slavko.gajin@rcub.bg.ac.rs)  
*School of Electrical Engineering, University of Belgrade, Bul. Kralja Aleksandra 73, 11120 Belgrade, Serbia<sup>1</sup>*  
*HORISEN Solutions d.o.o., Kralja Petra Prvog 50, 35250 Paraćin, Serbia<sup>2</sup>*

**Apstrakt** – NetFlow je mrežni protokol, razvijen od strane kompanije Cisco Systems, čija je uloga prikupljanje informacija o IP saobraćaju i monitoring mrežnog saobraćaja. Uobičajena postavka sistema za monitoring saobraćaja sastoji se od tri glavna segmenta: eksportera saobraćaja, kolektora saobraćaja i aplikacije za analizu. U ovom članku dat je pregled i komparativna analiza softverskih alata za monitoring mrežnog protoka. Alati koji su testirani su NfSen, Nagios Network Analyzer, Flowmon i NetVizura. Njihove najznačajnije funkcionalnosti su razmatrane i poređene i na kraju su dati glavni zaključci.

**Abstract** - NetFlow is a network protocol developed by Cisco Systems for collecting IP traffic information and monitoring network traffic. A typical flow monitoring setup consists of three main components: flow exporter, flow collector and analysis application. In this article overview and comparative analysis of NetFlow monitoring software toolkits is presented. Software that were tested are NfSen, Nagios Network Analyzer, Flowmon and NetVizura. Their main functionalities and features were discussed and compared and at the end main conclusions were drawn.

## 1. INTRODUCTION

NetFlow is a feature that was introduced on Cisco routers that provides the ability to account IP network traffic passing through their interfaces. By analyzing the data provided by NetFlow, a network administrator can determine things such as source and destination of traffic, class of service, and causes of congestion. A typical flow monitoring setup (using NetFlow) consists of three main components: flow exporter, flow collector and analysis application. Flow exporter accounts traffic of each flow and export flow records towards one or more flow collectors. Flow collector is responsible for reception, storage and processing of flow data received from a flow exporter and analysis application analyzes received flow data in the context of intrusion detection or traffic profiling [1].

In this article comparative analysis of different NetFlow collecting and processing software toolkits is performed. Considered toolkits are NfSen, Nagios Network Analyzer, NetVizura and Flowmon. These tools were set up in test set of real working environment and their features, analytical capabilities, performances and advantages were discussed. First two sections of this article are focused on NetFlow theoretical aspects overview and process of setting test environment (with initial software configurations). Incoming sections are related to

dashboards and specific features of every compared software while they are emphasizing all possibilities of each software and the differences between them. Last two sections are introducing possible use cases and alerting principles, with accent on advantage of every compared software. In these sections main differences and similarities are taken into account from the perspective of user experience. Considering every feature and NetFlow analysis representation it was discussed which software had best performances and for what use cases every of these software toolkits could be the most suitable for. In the final section the most important conclusions were drawn.

## 2. NETFLOW ANALYSIS

NetFlow is a network protocol developed by Cisco Systems for collecting IP traffic information and monitoring network traffic. While the term NetFlow has become a de-facto industry standard many other manufacturers support alternative flow technologies including; Juniper (Jflow); 3Com/HP, Dell and Netgear (s-flow); Huawei (NetStream); Alcatel-Lucent (Cflow); and Ericsson (Rflow), while IEEE has defined IPFIX [2]. Routers and Layer 3 switches that support NetFlow collect IP traffic statistics on all interfaces where NetFlow is enabled, and later export those statistics as NetFlow records, toward at least one NetFlow collector – typically a server that does the actual traffic analysis. The NetFlow collector then processes the data to perform the traffic analysis and presentation in a user-friendly format. NetFlow collectors can take the form of hardware based collectors or probes, or software based collectors. Monitoring and analyzing NetFlow will help obtain valuable information about network users and applications, peak usage times, and traffic structure. In contrast with traditional SNMP-dependent systems, NetFlow-based network traffic monitoring has the ability to characterize traffic from applications and users, understand the traffic patterns, provide a holistic view for monitoring network bandwidth utilization and WAN traffic, support CBQoS validation and performance monitoring, be used for network traffic forensics, and aid in compliance reporting.

The NetFlow Packet Header provides basic information about the packet such as the NetFlow version, number of records contained within the packet, and sequence numbering, so that lost packets can be detected. All NetFlow packets begin with version-dependent header that contains at least these fields: version number (version v5, v8, v9, v10), sequence number to detect loss and duplication, timestamps at the moment of export, as

system uptime or absolute time and number of records (v5 or v8) or list of templates (v9). The NetFlow Version 9 record format consists of a packet header followed by at least one or more template or data FlowSets. The combination of packet header, and one or more template and data FlowSets is called an Export Packet. Built by a device (for example, a router) with NetFlow services enabled, this type of packet is addressed to another device (for example, a NetFlow collector). This other device processes the packet (parses, aggregates, makes statistics, and stores information on IP flows) [3].

### 3. SETTING TEST ENVIRONMENT

This study is performed on LAN network realized using one Mikrotik router that is connected to outside WAN network through two telecommunication operators, (primary and secondary link). There are 30 machines in tested network and NetFlow is generated on the router with defined port numbers, one for each software toolkit used for NetFlow monitoring and analyzing.

Software toolkits that were used for this study are NfSen 1.3.8 [4], Nagios Network Analyzer 2.3.0 [5], Flowmon 8.02.13 [6] and NetVizura 4.6.1 [7], first one is free and the other three are commercial software tolls. NfSen was installed on Debian 8 server and the other three were installed as VirtualBox virtual machines under CentOS 6. All four solutions have web-based user interface that was used during this study for comparative analysis. Schematic representation of test setting for this study is presented in the Figure 1 below. Router configuration was set so that router is sending NetFlow data to specified whitelisted IP addresses of virtual servers running previously mentioned software toolkits that are analyzed during this study. Note that it port numbers also had to be defined for every server IP address where it is not necessary to define different ports for every server. As for router configuration last thing was version of NetFlow and for this study we used NetFlow v9 and IPFIX.

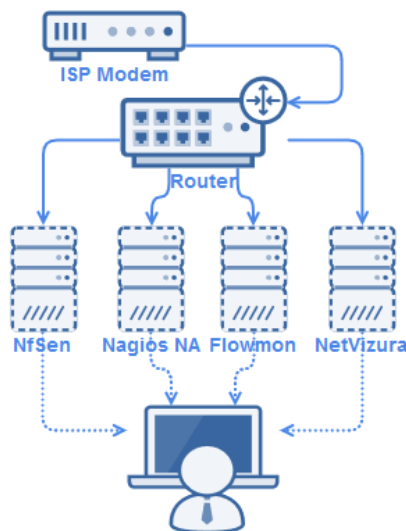


Figure 1. Schematic representation of used test setting

After installing and setting up virtual servers and router configuration we had to check or change initial software settings in order to be sure that we are getting NetFlow

traffic from the router properly. First step was to log in into web-based user interface and to check and configure NetFlow collection port number. Here we have first differences between compared solutions. On NfSen every configuration is set using terminal and editing configuration files of this software and the other three have user interface-based configuration panels. Without going deep into details of every setting, that can be defined in these toolkits, we need to explain some differences between settings configuration at least for those that should initially be set so that NetFlow traffic can be received, presented and analyzed on web-based user interfaces.

As it is already mentioned every configuration of NfSen is set from the server terminal by editing `/etc/nfsen.conf` configuration file, these configurations will not be described since focus of our study is comparative analysis of functionalities. However, it is important to mention that in this file we can set collection port number and source characteristics among other additional configurations [4]. On other three tools these settings are applied in web-based user interface, configuration process is similar but not the same for every tool. In Nagios NA the most important is to create a source under Source card with defined listening port and source IP address and incoming flow type are optional if it is not set Nagios NA listens to every traffic coming from defined port. Also, there is one additional thing that helps saving server disk spaces and it is called Raw Data Lifetime expressed in hours, days or weeks this defines how long raw data is stored on the server [5].

NetVizura and Flowmon have plenty of different additional settings and configurations. Note that Flowmon even has separate module Configuration Center where all of these settings can be configured. What is most important is that both of these tools only need properly configured ports and on NetVizura it is configured at Settings>NetFlow Settings>Configuration by editing NetFlow Collection port field. Here you can also configure Minimum free disk space that has similar use as Raw Data Lifetime in Nagios NA but it defines minimum free space that has to stay free and if this space is less than defined old data will be erased [7]. As it was already mentioned Flowmon has its Configuration Center and listening ports are defined on FMC Config tab where built-in collector's listening ports can be edited. Note that Flowmon initial virtual machine is set so that it has four network interfaces, two for NetFlow and one for sFlow, so in order to set proper port number you just need to edit one of the defined ports. As for disk space Flowmon has separate tab for Quotas Manager where everything can be set and defined [6]. At the end of this overview of initial settings it is very important, for all of these tolls, to have properly set time zone so that time zone of the server and application is the same. In next section features of these software toolkits will be presented and compared.

### 4. DASHBOARD OVERWIEV

NfSen dashboard is given as a Home tab and there are only some basic graphical NetFlow representations given



in Flows/s, Packets/s and Bits/s units as a function of time. This page has these three representations given for 24 hours, one week, one month and one-year periods. Nagios NA has different approach and, on its dashboard, there are three separate fields, first one is giving insight into pinned sources from which Nagios NA is getting NetFlow traffic, second and third are related to alerts and abnormal behaviour analytics in time and those are used after some particular conditions are set. This implies that Nagios NA's main page is focused on alerts and problems reporting and the pinned source field give us information about pinned source name, status, data flow type and lifetime and disk usage. Note that the only thing considering traffic flow is given in small chart field, representing 30 minutes time slot, that is also part of source information field.

Unlike previously described tools, NetVizura has very transparent dashboard. On the top of this dashboard there is a list of active alarms that gives us insight into alarms that are set and activated. Below this section there are initially six graphical representation of different information provided by NetFlow traffic. First section Top Interfaces is reserved for traffic in bits/s in defined time slot that is collected from router's most used interfaces. Note that on every graphic "+" side is used for traffic going out of and "-" is used for the traffic going in to interface. Second section All Traffic presents all of NetFlow traffic in bits/s, packets/s and flows/s in defined time slot and on third, Top Services, we can see the most active services, and their traffic in bits/s, with defined port numbers. Very interesting and useful section is Top Conversation section that represents, in bytes, which pairs of IP addresses has the largest amount of shared, upload and download, network traffic. We should note that from the perspective of network administrator this Top Conversation (Figure 2.) section is something that should be recognized as advantage of NetVizura since this is not part of any other tool and since this is giving us fast overview of active conversations. In addition to these sections there are Top Subnet Sets and Top End Users sections. First one gives us, after setting subnets in configuration, in and out flow statistics for separated subnets of our network. Second additional section is used for networks where AD is in place and it shows chart of traffic flows by defined active directory users.

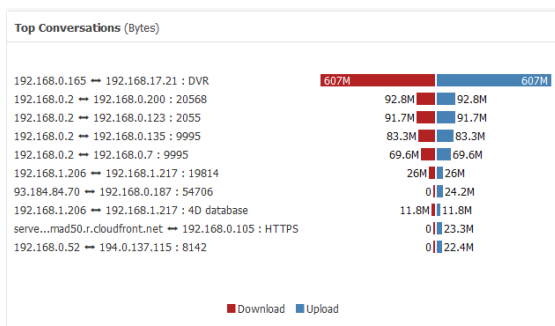


Figure 2. Top Conversations section

The last main page that we should discuss is Flowmon's main page that is given as a separate module named Flowmon Dashboard. This module has two tabs, main is Overview and the second one is Reports tab. Overview

tab is reserved for different NetFlow traffic information similar to NetVizura's dashboard but the main difference here is that it has larger number of sections, that could be added as widgets, representing different and specific types of data. All of this data is generated from another module called Flowmon Monitoring Center (FMC) and process of setting up new widget starts with choosing FMC of FMC-AD (active directory) list of widgets, second can be chosen if active directory is set up in tested network. Here we will point out some of the most useful widgets which are also offered by default configuration of Flowmon Dashboard. First group of widgets shows us information regarding Structure of routing protocol traffic and Structure of Service (and/or) Messenger Traffic, these structures are given as bar charts in bits/s for defined timeslots and represented with different colors for each protocol/service. In Structure of routing protocols traffic most common used protocols, such as EGP, RIP, BGP, GRE, are listed and also for Structure of Messenger Traffic proper protocols are considered (jabber, icq, irc, etc.). Structure of Service Traffic widget has the most popular network services taken into consideration (dns, smb, dhcp, smtp, etc.). Another interesting group of widgets is the one representing Host with Top Upload/Download/Data Transfer where the list and pie chart (one color for each host) of hosts with largest amount of transferred data is given. Similarly, Top Clients of Web Servers, Top Mail Users, and other similar, widgets are represented as lists and pie charts.

As for FMC-AD widgets that could be set are Active Devices in Time, IP Families, TOP Operating Systems/Vendors/Vlan/Flow Sources, this is not tested since we don't have AD in place but this is one of the greatest widgets group since it can give us a lot of useful information about our environment. Final thing that we should mention here is Reports tab and this tab is used for adding and setting schedules for different kinds of reports, every widget can be added as a report and then report can be scheduled and sent to defined e-mail address on specific day of the week in specific time.

## 5. FEATURES AND COMPARATIVE ANALYSIS

In this section main features of compared software toolkits are discussed. These features are related to NetFlow data analysis and reporting. All four tested toolkits have different approaches and different use cases and with that different advantages and disadvantages. Here we will list the most important features of each software toolkit and in addition to that make comparative analysis of their functionalities.

NfSen has Details tab which is separated into Profile and NetFlow Processing sections, as presented on Figure 3. below. First section is reserved for graphical representations of NetFlow traffic represented in different forms (packets/s, flows/s or traffic/s) for different protocols (All, TCP, UDP, ICMP or other) in user defined time slot (from 12 hours to 1 year) where linear or logarithmic scale and stacked or linear graph can be used. For us more interesting is NetFlow Processing section

which can give us different types of information depending on how we set up conditions. First option is used to list flows with defined limit of flows and type of aggregation, sorting and output. One of the most useful and resourceful option is listing flows with bi-direction aggregation which gives us output similar to Top Conversation section of NetVizura but with specified time and port. All IP addresses in the flow or statistic listing can be easily looked up by clicking on the IP address.



Figure 3. Details tab on NfSen

Another option is TopN statistics overview. Here we can list different types of statistics, source or/and destination IP address, port, interface, next hop IP, etc. These statistics are listed by flows, packets, bytes with applied defined limitations regarding traffic or packets. Note that there is filter section where more complex filtering condition can be added by typing conditional function. As it can be seen, for every option, there is nfdump command that could be executed on server terminal. These commands would give the same raw data result on terminal so this can be seen as advantage of this tool.

Sources (or Source Groups if applicable) tab on Nagios NA gives us detailed information about NetFlow traffic (for specified source of source group). There are four subtabs: Summary, Reports, Queries and Percentile Calculation. In Summary we can see bandwidth graph represented in bytes, flows, packets and bytes/sec using logarithmic or linear scale for defined time slot. Also, there is Top 5 Talkers section where source and destination IP addresses and ports are shown for five connections that have largest data transfer, given in percentage. Reports subtab is used for generation of custom or saved reports (that are predefined by user). For custom reports user is defining time slot from two hours to one month or can set some defined range in time, note that this time slot depends on raw data lifetime. User is also defining what type of information report should generate, source or destination IP or port. There are also

graphical representations for defined type of data shown above custom report list (Figure 4.).

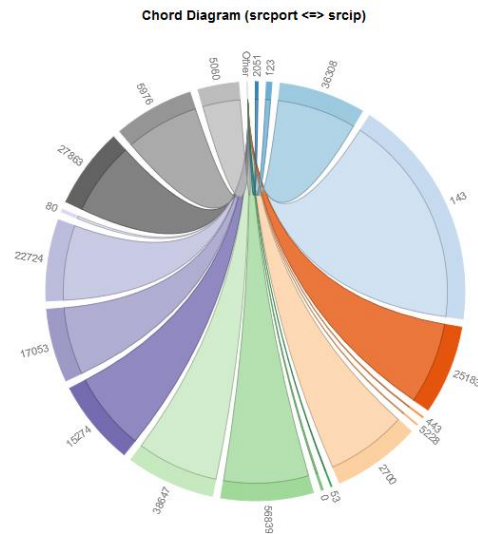


Figure 4. Nagios - Chord Diagram of top listed source ports

Queries are used for defining specific type of reports that could be combination of previously described and they allow user to define report with function based on raw data. Percentile Calculator can be used for calculation of the bandwidth usage based on the NetFlow data collected in specified time frame. NetVizura is much more sophisticated tool than two previously described. The majority of analytic tools and features are placed under NetFlow tab of NetVizura. First important part of this tab is Exporters section where overview of traffic generated on every source or exporter is presented. This traffic is given either for each interface separately or for all interfaces combined and expressed in packets/s, bits/s or flows/s (see Figure 5.).

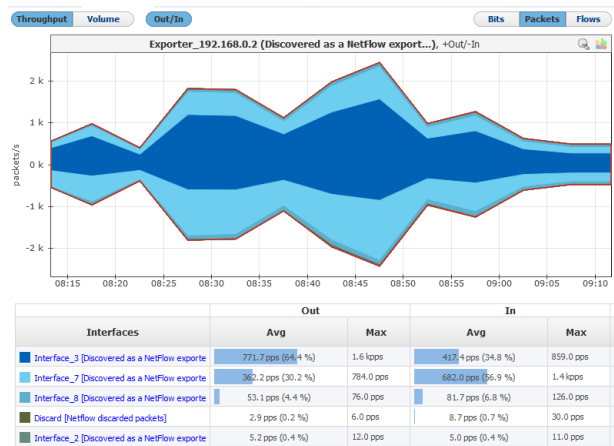


Figure 5. NetVizura NetFlow traffic throughput for each interface

This feature can be used to monitor traffic on each interface of every exporter which gives us better overview of every section of our network, especially if there are different VLANs configured on different interfaces. Next to Interface card there are also Host, Conversation, Service, Protocol, QoS and AS cards. These cards are ports and country information), services and protocols

related to specified interface. Distribution by QoS shows specific traffic in the terms of service quality. This is interesting in particular to companies that provide a QoS based service or use such services themselves. Traffic Patterns is NetFlow section that allows user defined, custom monitoring of any specific traffic type, independently of any physical infrastructure. All of these traffic type customizations are done in Settings>NetFlow Settings>Patterns and for example we could set pattern that shows internal traffic (with external network), e-mail traffic (with e-mail server), social networks, blocked traffic, etc. Mandatory criteria needed for creating a Traffic Pattern is the IP address criteria. Namely, it is mandatory to enter at least one address range in the Internal Address range field. Also, it is possible to set up additional filters using the include and/or exclude commands. Additional filters are based on exporter and its interfaces, services, protocol, QoS and next hop. These filters can be freely combined to make very specific Traffic Patterns which are matching the traffic we are interested in. For instance, by combining first three filters, it is possible to monitor the traffic from a single network device that uses a specific service in communication with a specific Autonomous System. As for Exporters there are the same cards for Traffic Patterns for showing proper information for specified pattern with exception of Subnet card that is replacing Interface card. This Subnet card is showing network traffic for different subnets of chosen pattern. Additionally, there are End Users, Favourites and System sections. End Users is used if there is configured Active Directory to show NetFlow data for concrete user and System is used for overview of system status and performances. All of previously described sections are part of TopN main card and beside these features there is one very useful feature called Raw Data. Here we can list individual .nfa file where raw data for specific time slot can be found or we can list flows where most recent flows are listed first.

Last tested software, Flowmon, has separate module with different features which are part of regular Flowmon version, this module is called Flowmon Monitoring Center. First section of this module is Dashboard which is already described in previous text. Next is Sources section where list of all sources is given with graphical overview of NetFlow traffic of each source. Main section is Analysis section which contains two windows: Analyzed traffic and Advanced analysis. First is used for graphical representations of NetFlow traffic profiles (chosen from Profile section) given in bits/s for define protocols and timeslots. After choosing specific source, profiles that can be applied are: QoS\_ToS, Total traffic, icmp, mail, messenger, routers, services and user. From the titles of these profiles it is obvious which profile has which role. Example of mail profile traffic during workhours is shown on the Figure 6. below. Advance analysis is greatest feature that gives Flowmon greater value since both options, Statistics or List Flows, have plenty of different types of statistics or aggregation rules that could be applied. Some of the Statistics groups that are available are related to IP statistics, HTTP, Autonomous Systems, Interfaces, VLANs, MAC

Addresses, DHCP or DNS statistics, etc. Similar groups of flows aggregation types are available under the List Flows option. Additionally, different filters can be written as functions and applied for both explained options.

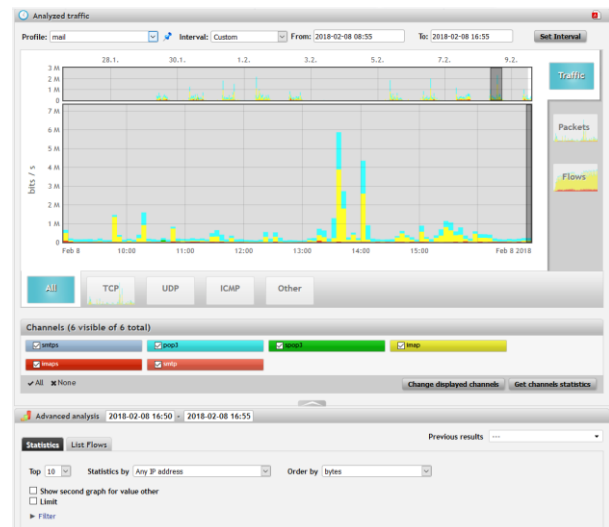


Figure 6. Flowmon mail traffic chart

Reports is another section of Flowmon Monitoring Center where different kinds of reports can be set and then sent to defined e-mail address. Reports are set to pick network analysis in specific timeslot and for specific type of data taken and generated in Analysis section. In addition to these sections there are Active Devices and VoIP Traffic sections. First one is used in combination with active directory to show network activity statistics for active devices (or users) and VoIP Traffic is giving network traffic analysis for VoIP calls. Flowmon also has additional modules that are not part of basic tool like Flowmon APM, Flowmon DDoS Defender, Flowmon ADS but these were not taken into account during this comparative analysis. Although, these modules would give additional, wide applicability to Flowmon software.

## 6. ALERTING AND USE CASES

Before it's moved on to retrospective of possible use cases of these tools that are considered, we should discuss one feature that each of these tools has and that is alerting. Every feature of every tool that we mentioned can have specific use in specific situation but alert settings and alerting is something that should be properly set and used despite the choice of software. On NfSen there is Alerts tab where new alerts can be created and enabled. First step is to set name and status of new alert and what profile this filter is applied to. Then we should configure conditions where these can be based on total flow summary or individual top statistics. With first one we configure limits of total amount of network traffic given in flows, packets or bytes (or defined in a second) in specified timeslot and the second one is applied by setting boundaries for amount of network traffic for concrete statistics (for example source/destination IP address or port). Note that in both cases multiple conditions could be set and applied. After configuring conditions, we should set when this condition is triggered and what are the actions. Action that we can apply in NfSen is sending an

e-mail to specified address with specified subject and it can be triggered after condition is fulfilled (one or couple of times) but with some delays between two actions. In Nagios NA alerts are set in three steps. In the first step we should set appropriate source and view that is configured in view tab that is considered for that alert. Second step is reserved for setting criteria where we should configure what for is traffic analyzed (depending on view) and what are threshold values, it is also possible to set specified destination/source port or IP address that should be, or should not be, taken into consideration. The last step is reserved for selection of alerting methods and here we can set sending e-mail to users or set some additional Nagios settings if Nagios NA is integrated with Nagios, also Nagios NA can send SNMP traps or execute concrete set of commands. Flowmon has very similar alerting settings as one described for NfSen, the main difference is that as an action, despite of sending an e-mail, we can choose to run a script, send syslog or send SNMP trap. NetVizura also has similar possibilities for setting alarm thresholds but one new thing is that you can set alarm level from 1 to 5, note that action NetVizura can provide is sending mail to defined address.

Now we move on to use cases that were performed and tested during this study. Since every software has its advantages for some use cases here, we discuss these advantages for specific cases and point out for which usage we gain the best performances for every toolkit. Considering this NfSen has poor graphical interface but NetFlow Processing section can provide a lot of information regarding traffic by applying proper conditions. Since this software is free and has proper alerting options it can be seen as a good free solution although for every additional information manual settings are necessary. Advantage of this tool is also that it is possible to use nfdump commands on server terminal and that it uses small amount of resources. Nagios NA has better user interface but it is commercial software. Additionally, Nagios NA also demands additional settings for every concrete information but has some, not so detailed, overviews set by default. Despite of its not so high price Nagios NA use cases are limited as for every concrete information one should properly set concrete views or reports in order to get enough information what can be time consuming process. Note that these two tools were unable to work with IPFIX generated from our Mikrotik router.

Flowmon and NetVizura have much larger scope of possible use cases, since these tools have various different features. Flowmon has some basic similarities with NfSen when it comes to ways of applying different analysis but with differences regarding visualization, where Flowmon is much more sophisticated. Furthermore, Flowmon has additional possibilities in its Advanced analysis section and also Flowmon Dashboard is constructed in a way that gives user much more information about different statistics and analysis. Though, for some concrete information it is necessary to make some additional setups that are similar to those in NfSen. Main advantages and differences of Flowmon are VoIP Traffic section in basic version but also additional features that could be applied.

Idea of Flowmon is definitely to have one platform for analysis, performance monitoring and security response and this is achieved by applying additional features. NetVizura gave the best overall performances regarding NetFlow analysis since it offers very powerful and transparent visualization without any costs to specter of functionalities. Using NetVizura opens possibility to easily list different NetFlow analytics and statistics and got additional information regarding any available feature. Additionally, it can show data and statistics for separate exporter interfaces and network subnets. Among all functionalities aimed for NetFlow traffic monitoring Conversations and Raw Data features of NetVizura are definitely something what makes things easier for network administrators.

## 7. CONCLUSION

In this article comparative analysis of different NetFlow monitoring software was presented. Focus was on different features and advantages of every compared software. First step was to determine how initial setup is configured for every of theme and how test environment was set to guarantee equal conditions for all of theme. Starting with Dashboard overview user interfaces, analytical and visualization capabilities were compared from a user perspective. Main differences of most important features were described with emphasis on how they could be used and where they could be applied using user interface.

The most important section was giving an overview of alerting possibilities and best use cases of every software. In this section advantages and disadvantages of tested software were pointed out with some conclusions regarding their usability. Taking into account prices, visualization, performances and possibilities of additional features and use cases it is obvious that NetVizura and Flowmon gave best results. Main conclusion is that Flowmon is adequate solution if there is place for buying additional features for performance and security monitoring but NetVizura has the best basic NetFlow analysis and visualization characteristics.

## REFERENCES

- [1] Hofstede Rick et al. "Flow Monitoring Explained: From Packet Capture to Data Analysis with NetFlow and IPFIX". *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. IEEE Communications Society 16 (4). 2014.
- [2] RFC7011 Online: <https://www.ietf.org/rfc/rfc7011.txt> Accessed: 20.08.2018
- [3] Online:<https://www.solarwinds.com/what-is-NetFlow> Accessed: 10.8.2018.
- [4] Online: <http://nfsen.sourceforge.net/> Accessed: 20.08.2018.
- [5] Online: <https://confluence.netvizura.com/> Accessed: 20.08.2018.
- [6] Online: <https://www.flowmon.com/en/resources> Accessed: 20.08.2018.
- [7] Online: <https://www.nagios.com/products/nagios-network-analyzer/> Accessed: 20.08.2018.

# GENERALIZOVANI VS. KORISNIČKI SOFTVERI U REVIZIJI FINANSIJSKIH IZVEŠTAJA

## GENERALIZED VS. USERS FINANCIAL STATEMENT AUDIT SOFTWARE

Kristina Mijić<sup>1</sup>

Univerzitet u Novom Sadu, Ekonomski fakultet u Suboticije<sup>1</sup>

**Sadržaj** – U radu je prezentovana potreba za korišćenjem informacionih tehnologija u reviziji finansijskih izveštaja. U teorijskom delu rada ukazano je na specifičnosti generalizovanih i korisničkih softvera koji se kao specijalizovani softveri koriste u procesu revizije finansijskih izveštaja. Istraživački deo rada obuhvata pregled i analizu rezultata istraživanja primene generalizovanih i korisničkih softvera u reviziji finansijskih izveštaja kod revizorskih firmi u Republici Srbiji. Istraživanje se bazira na anketiranju uzorka revizorskih firmi, a kao posebni segmenti analizirani su obaveznost primene softvera u reviziji finansijskih izveštaja, vrsta softvera koja se primenjuje u reviziji, način pribavljanja softvera i sl. Rezultati istraživanja ukazuju da u 83,33% revizorske firme je propisana obaveznost upotrebe softvera u reviziji, a kao najzastupljeniji jesu korisnički softveri.

**Ključne reči:** revizija finansijskih izveštaja, generalizovani softver, korisnički softver.

**Abstract** - This paper presents the need for the use of software in the financial statement audit. In the theoretical part of this paper, it is pointed out the specificities of generalized and user software that are used as specialized software in the process of financial statements audit. The research part of the paper includes an overview and analysis of the results of the survey on the application of generalized and user software in the financial statements audit among audit firms in the Republic of Serbia. The survey is based on sample of audit firms, and includes analysis of the obligation to apply software in financial statements audit, the type of software, the method of obtaining software, etc. The results of the survey indicate that in 83.33% of the audit firm is prescribed the obligation to use the software in the audit, and the most commonly used are users software.

**Keywords:** financial statement audit, software

### 1. UVOD

Proces revizije finansijskih izveštaja u današnje vreme ne može se zamisliti bez primene softvera koji su specijalizovani za revizorske aktivnosti. Odbor za međunarodne standarde revizije i usluge uveravanja determinisao je revizorski softver kao kompjuterski program koji pomaže revizorima da pristupe klijentovim podacima i sprovedu revizorske testove [5]. Upotrebom softvera u reviziji obezbeđuju se brojne prednosti sa aspekta performansi realizacije procesa revizije finansijskih izveštaja. Osnovna svrha upotrebe softvera u reviziji finansijskih izveštaja ogleda se u smanjenju rizika

u izražavanju neadekvatnog revizorskog mišljenja. Upotrebom softvera u reviziji finansijskih izveštaja rizik se smanjuje uz pretpostavku da se primenom softvera revizorsko testiranje u određenoj meri vrši na bazi celokupne populacije, a ne na bazi uzorka, kao i na činjenici da se smanjuje rizik nastanka greške u radu revizora u odnosu na manuelni sistem rada. Pored toga, vlasnici revizorskih firmi teže da unaprede efikasnost u sprovođenju revizijskih angažmana. Unapređenje efikasnosti revizije, kroz smanjenje vremena i troškova u sprovođenju revizije, ne može biti nikako na štetu kvaliteta revizije. Narušavanje kvaliteta revizije može imati značajne posledice za vlasnike revizijske firme, kao što su novčane kazne, oduzimanje licence za obavljanje poslova revizije, pa sve do krivične odgovornosti [7]. Prema tome, primena softvera u reviziji finansijskih izveštaja ne predstavlja samo opciju za revizore, nego postaje nužnost. U procesu revizije finansijskih izveštaja revizori se koriste različitim softverskim rešenjima usled sledećih faktora [8]:

- Veliki obim revizorskih procedura potrebno je sprovesti u ograničenom vremenskom periodu
- Revizija finansijskih izveštaja treba da se sprovede uz poštovanje celokupne revizijske regulative i uz obezbeđivanje kvaliteta u radu revizora
- Manuelni sistem sprovođenja revizije nosi sa sobom visok rizik nastanka grešaka u radu revizora, kao i visok rizik neidentifikovanja grešaka na nivou finansijskih izveštaja.
- Klijentovi podaci su dostupni u velikoj meri u elektronskom obliku.
- Revizori imaju obavezu da revidiraju računovodstveni informacioni sistem klijenta u domenu koji se odnosi na interne kontrole finansijskog izveštavanja.

Kao najznačajnije koristi od primene softvera u reviziji finansijskih izveštaja mogu se navesti [6]:

- Unapređenje procesa upravljanja rizikom i unapređenje kvaliteta u procesu revizije finansijskih izveštaja
- Fokus na podatke klijenta uz smanjenje manuelnog rada
- Značajno smanjenje primene uzorka
- Mogućnost obrade i analize podataka iz različitih izvora i različitih tipova podataka
- Jednostavan pregled revizijskog traga

Na tržištu softvera se nalazi veliki izbor generalizovanih revizorskih softvera, a među najpoznatijim su ACL i IDEA. Pored generalizovanih revizorskih softvera, brojne

revizorske firme se odlučuju da razvijaju softvere za reviziju finansijskih izveštaja prema sopstvenim potrebama. Odluka o izboru softvera zavisi pre svega od veličine revizorske firme, broja klijenata revizije, kao i od analize troškova nabavke, implementacije i korišćenja određene vrste softvera.

U radu će se predstaviti specifičnosti generalizovanih i korisničkih revizorskih softvera i sprovede se njihova komparativna analiza. Dalje, u radu će se sprovesti istraživanje o upotrebi softvera u reviziji finansijskih izveštaja kod revizorskih firmi u Republici Srbiji. Istraživanje se zasniva na anektiranju revizorskih firmi u Republici Srbiji sa aspekata obaveznosti primene softvera u reviziji finansijskih izveštaja, vrste softvera koji se koristi, način pribavljanja, koristi od primene softvera i slično.

## **2. GENERALIZOVANI SOFTVERI U REVIZIJI FINANSIJSKIH IZVEŠTAJA**

Generalizovani softveri u reviziji finansijskih izveštaja predstavljaju softvere koji se kao gotovo softversko rešenje kupuju na tržištu i koji se namenjeni za analizu podataka u revizorske svrhe. Postoji veliki broj generalizovanih revizorskih softvera, kao što su: ACL (Audit Command Language), IDEA (Interactive Data Extraction and Analysis), TeamMate + Audit, AuditDesktop, ProAudit i drugi. Kao najpoznatiji generalizovani revizorski softveri ističu se ACL i IDEA, među kojima u pogledu funkcija koje pružaju korisnicima, odnosno revizorima, nema značajnih razlika. Razlike između generalizovanih softvera ACL i IDEA mogu se sagledati kroz vreme nastanka i ocenu korisničkog interfejsa. ACL softver je nastao nešto pre programa IDEA, te su stoga pouzdanost i duža tradicija uticale da ACL softver dana ima nešto veći broj korisnika od softvera IDEA (ACL se koristi u preko 140 zemalja, dok se program IDEA koristi u preko 130 zemalja). Sa druge strane softver IDEA je bolje ocenjen sa aspekta korisničkog interfejsa u pogledu navigacije i rada sa tabelama. Bez obzira o kojem generalizovanom softveru je reč osnovne funkcije ovih softvera sa aspekta zadovoljavanja specifičnih potreba revizije jesu:

- Importovanje različitih tipova klijentovih fajlova
- Utvđivanje gepova, duplikata, stratifikacija, uzorkovanja, sumiranje
- Ekstrahovanje podataka prema zadatim kriterijumima
- Kreiranje različitih izveštaja i grafičkih prikaza
- Kreiranje automatskog loga, odnosno revizijskog traga
- Automatsko pokretanje funkcija definisanim redosledom i dr.

Generalizovani revizorski softveri imaju značajnu ulogu u objektivnosti u radu revizora obzirom na veoma visoku zaštitu podataka. Naime, generalizovani softveri pored automatskog revizijskog loga, odnosno revizijskog traga, rezultat svakog revizijskog testa zaštićuju na nivo samo pregleda, a ne i izmene podataka. Prema tome, revizori ne

mogu da utiču na rezultate obrade podataka i ishod krajnjeg revizorskog mišljenja u izveštaju.

## **3. KORISNIČKI SOFTVERI U REVIZIJI FINANSIJSKIH IZVEŠTAJA**

Korisnički softveri u reviziji finansijskih izveštaja obuhvataju softvere koji su kreirani specifično za potrebe konkretne revizorske firme. Dakle, revizorska firma može da se odluči da li da kupi softver kao gotovo softversko rešenje, odnosno da izvrši nabavku generalizovanog revizorskog softvera ili da razvija softver za reviziju finansijskih izveštaja prema svojim potrebama. Korisnički programi se razvijaju od zaposlenih u okviru revizorske firme ili se naručuju od specijalizovanih programerskih kuća ukoliko revizorska firma nema kapaciteta za samostalni razvoj.

Korisnički softveri se uobičajeno razvijaju u okruženju programa Excel. Sa aspekta troškova, samostalni razvoj korisničke aplikacije u okruženju Excel ne zahteva visoke troškove. Ovi troškovi se ogledaju u troškovima zaposlenih na razvoju aplikativnog rešenja za potrebe revizorske firme. Sa druge strane, upotreba korisničke aplikacije u okruženju Excel zahteva od krajnjih korisnika, odnosno revizora, značajno viši nivo znanja iz oblasti primene informacionih tehnologija, nego kod upotrebe generalizovanih revizorskih softvera. Razlog tome je što revizori u cilju sprovođenja revizorskih testova kao što je npr. provera ispravnosti kursiranja, provera obračuna amortizacije, provera starosne strukture potraživanja i slično, moraju samostalno da kreiraju naprednije formule u okruženju Excel. Generalizovani revizorski programi ne zahtevaju od revizora poznavanje programiranja ili pisanje određenih formula i prema tome imaju veoma dobre ocene sa aspekta jednostavnosti upotrebe. Međutim, obzirom na razliku u ceni između korisničkih i generalizovanih revizorskih softvera, korisnički softveri imaju značajno mesto u upotrebi među malim i srednjim revizorskim firmama. Obzirom na značaj i obim primene korisničkih softvera u okruženju programa Excel u reviziji finansijskih izveštaja, razvijen je ActivData dodatak u programu Excel. Dodatak ActivData je specijalno namenjen za revizorske potrebe i eliminiše deo revizorskog poznavanja pisanja naprednih formula u programu Excel kako bi se revizorske aktivnosti realizovale. Navedeni dodatak je veoma sličan funkcijama generalizovanih revizorskih softvera ali poseduje značajno manji broj funkcija. Instalacija i upotreba dodatka ActivData naravno iziskuje dodatna novčana ulaganja revizorske firme.

## **4. FAKTORI UPOTREBE SOFTVERA U REVIZIJI**

Generalizovani i korisnički softveri u reviziji finansijskih izveštaja imaju istu svrhu: realizacija procesa revizije prema zahtevima regulative i izdavanje pouzdanog revizorskog izveštaja. Pored značajnih prednosti od upotrebe softvera u reviziji finansijskih izveštaja i dalje se kod pojedinih revizorskih firmi nije propisana obaveznost njihove primene ili se uopšte ne primenjuju. Upotreba revizorskih softvera uslovljenja je dejstvom brojnih

faktora. Autori Ahmi i Kent [1] su grupisali faktore koji utiču na upotrebu softvera u reviziji u sledećih pet kategorija koji su prikazani u tabeli 1.

Tabela 1. Faktori koji utiču na upotrebu softvera u reviziji [1]

Grupa faktora	Opis	Faktori – primeri
Tehnički faktori	Faktori povezani sa instalacijom i upotrebom revizorskih softvera	-Kompatibilnost softvera -Jednostavnost upotrebe -Adekvatna korisnička dokumentacija -Lakoća modifikacije i nadogradnje
Organizacioni faktori	Faktori na nivou revizorske firme	-Obuka i trening zaposlenih -Postojanje resursa za nabavku, upotrebu i održavanje softvera -obaveznost primene na nivou revizorske firme -IT podrška na nivou revizorske firme
Faktori profesije revizije	Faktori na nivou revizije kao profesije	-Obaveznost primene na nivou revizorskih standarda -Postojanje revizijske metodologije u kojoj je implementirana primena softvera
Faktori klijenta	Faktori koji se vezuju na nivou klijenta revizije	-Kompleksnost klijentovog IT okruženja -Lakoća pristupa klijentovim podacima -Veličina klijenta -Klijentov pogled na pitanje zaštite podataka
Lični faktori	Faktori koji se odnose na revizore kao pojedince	-Dovoljan nivo znanja za upotrebu softvera u reviziji -Iskustvo sa upotrebom informacionih tehnologija -Preferencije revizora o upotrebi softvera ili manuelnom radu u reviziji
Eksterni faktori	Ostali faktori iz okruženja	-Adekvatnost tehničke podrške od dobavljača -Upotreba sličnih softverskih rešenja od strane drugih revizorskih firmi

Kada se donosi odluka koji softver implementirati na nivou revizorske firme za potrebe revizije treba sagledati sličnosti i razlike između generalizovanih i korisničkih softvera kao i faktore koji utiču na njihovu upotrebu. Kada se govori o razlikama između navedenih softverskih rešenja u reviziji najznačajnije su razlike sa sledećih aspekata:

- Standardizacija funkcija – generalizovani revizorskih softveri imaju standardizovane funkcije, dok se kod korisničkih softvera funkcije kreiraju prema potrebama revizorske firme
- Troškovi pribavljanja i upotrebe softvera – kod generalizovanih softvera troškovi su viši.
- Mogućnost modifikacije – kod generalizovanih softvera u reviziji modifikacija se sprovodi od dobavljača, dok kod korisničkih softvera koji su razvijeni od strane revizorske ne postoji zavisnost od dobavljača
- Nivo pouzdanosti u radu – generalizovani revizorski softveri imaju viši nivo pouzdanosti i manju rizik detekcije u reviziji.
- Nivo znanja revizora iz oblasti informacionih tehnologija – korisnički revizorski softveri zahtevaju viši nivo znanja iz oblasti informacionih tehnologija.

KPMG je dao komparaciju generalizovanih revizorskih softvera i korisničkih softvera u okruženju Excel (tabela 1).

Tabela 2. Komparacija generalizovanih i korisničkih revizorskih softvera sa aspekta funkcionalnih kriterijuma [6]

Funkcionalni kriterijumi	Generalizovani revizorski softveri	Korisnički revizorski softveri (v2010 Excel)
Veličina podataka	Oko 2,2 milijarde redova	1.048.576 redova i 16.384 kolone
Izvor podatak	Importovanje podataka	Manuelni unos i importovanje podataka
Manipulacija sa podacima	Da	Da
Kreiranje izveštaja i grafikona	Da	Da
Povezivanje sa drugim podacima	Povezivanje sa bazom podataka preko ODBC	Statički linkovi sa drugim podacima
Automatski revizijski log - trag	Da	Ne
Automatska realizacija funkcija	Da (VBA)	Da (VBA)
Eksportovanje podataka	Da	Da

Pred revizore se postavlja veliki broj zahteva sa aspekta potrebnih znanja i veština, a u današnje vreme i digitalna pismenost. Digitalna pismenost predstavlja sposobnost osobe da efektivno koristi računar u svom radu i van radnog mesta [4]. U cilju obezbeđenja digitalne

pismenosti revizorske firme organizuju obuke revizorima specijalno iz domena upotrebe softvera u reviziji.

## 5. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA UPOTREBE SOFTVERA U REVIZIJI FINANSIJSKIH IZVEŠTAJA

Osnovni cilj istraživačkog dela rada jeste da se sagledaju karakteristike upotrebe softvera u reviziji finansijskih izveštaja revizorskim društvima registrovanim na teritoriji Republike Srbije. Prema registru društva za reviziju u Republici Srbiji trenutno posluje 66 revizorskih društava. Istraživanje upotrebe softvera u reviziji finansijskih izveštaja sprovedeno je na bazi upitnika. Inicijalni uzorak za ispitivanje obuhvatio je svih 60 revizorskih firmi. Obzirom na dobijene odgovore, konačan uzorak čini 24 revizorske firme.

Tabela 3. Opis uzorka revizorskih firmi

Opis uzorka	Broj revizorskih firmi	%
Revizorske firme u uzorku	24	36,36%
Ostale revizorske firme	42	63,64%
Ukupan broj revizorskih firmi u Srbiji	66	100,00%

Upitnik se sastoji od 6 pitanja čijom analizom treba da se sagledaju specifičnosti upotrebe softvera u reviziji finansijskih izveštaja sa sledećih aspekata:

- 1) Obaveznost upotrebe softvera u reviziji na nivou revizorske firme
- 2) Vrsta softvera koja se primenjuje
- 3) Način pribavljanja softvera
- 4) Upotrebe softvera u fazi planiranja revizije
- 5) Organizovanje obuke i treninga za zaposlene
- 6) Koristi od upotrebe softvera u reviziji

Na osnovu dobijenih odgovora od revizorskih firmi, podaci su obrađeni primenom deskriptivne statističke metode. Rezultati su prikazani u vidu tabela u narednom poglavlju.

## 6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA UPOTREBE SOFTVERA U REVIZIJI U SRBIJI

U tabeli br. prikazani su rezultati obaveznosti upotrebe softvera u reviziji finansijskih izveštaja.

Tabela 4. Rezultati istraživanja obaveznosti primene softvera u reviziji na nivou revizorske firme

Obaveznost upotrebe softvera	Broj revizorskih firmi	%
Da	30	83,33%
Ne	6	16,67%
Ukupno	36	100%

Rezultati ukazuju da u 83,33% revizorskih firmi u Republici Srbiji je propisana obaveznost upotrebe softvera u reviziji finansijskih izveštaja na nivou

revizorske firme kroz internu regulativu. I pored značaja upotrebe softvera u reviziji finansijskih izveštaja u 16,67% revizorskih firmi nije propisana obaveznost upotrebe kroz metodologiju revizije. Iako obaveznost nije propisana kod navedenih revizorskih firmi prisutni su softveri koji se koriste za potrebe revizije.

U narednoj tabeli prikazani su vrste softvera koje se koriste u reviziji od strane revizorskih firmi u Republici Srbiji.

Tabela 5. Rezultati istraživanja vrste softvera koja se primenjuje u reviziji

Vrsta softvera	Broj revizorskih firmi	%
Generalizovani softveri	3	8,33%
Korisnički softveri	27	75%
Generalizovani i korisnički softveri	6	16,67%
Ukupno	36	100%

Sagledavajući vrstu softvera koja se koristi uočava se pojedine revizorske firme koriste i generalizovane i korisničke softvere. Korisnički softveri su primarno zastupljeni u reviziji finansijskih izveštaja kod revizorskih društava u Republici Srbiji (75%). Na osnovu dobijenih odgovora svi korisnički softveri su okruženju programa Excel. Posmatrajući upotrebu generalizovanih softvera revizorske firme u Republici Srbiji se pre svega odlučuju za program IDEA, zatim ACL i prisutna je upotreba i programa Tickmark od strane jedne revizorske firme.

U sledećoj tabeli su prikazani rezultati istraživanja sa aspekta načina pribavljanja revizorskog softvera.

Tabela 6. Rezultati istraživanja načina pribavljanja softvera u reviziji

Način pribavljanja softvera u reviziji	Broj revizorskih firmi	%
Softver je kupljen	24	66,76%
Softver je razvijen od strane revizorske firme	12	33,33%
Ukupno	36	100%

Kada je reč o načinu pribavljanja softvera iako su kod revizorskih firmi u Republici Srbiji primarno zastupljeni korisnički softveri, revizorske firme nemaju dovoljno resursa sa samostalnim razvojem softvera. Rezultati ukazuju da čak 66,7% revizorskih firmi eksterno nabavlja softver, pa čak i kada je u pitanju korisnički softver za reviziju kreiran u okruženju programa Excel. Korisničke softvere koristi 33 anketiranih revizorskih firmi, a svega 12 njih je izvršilo samostalni razvoj softvera.

Kada je reč o upotrebi softvera u fazi planiranja revizije finansijskih izveštaja sve anketirane revizorske firme koriste softvere u navedenoj fazi. Faza planiranja je od izuzetnog značaja obzirom na procenu sistema internih kontrola, procenu rizika, ocenu materijalnosti i druge



aktivnosti od kojih zavisi dalji tok aktivnosti revizora u procesu prikupljanja dokaza.

Rezultati istraživanja sa aspekta načina organizovanja obuke i treninga zaposlenim revizorima iz domena upotrebe softvera u reviziji finansijskih izveštaja su prikazani u sledećoj tabeli.

Tabela 7. Rezultati istraživanja načina organizovanja obuke revizorima o upotrebi softvera

Način organizovanja obuke revizorima	Broj revizorskih firmi	%
Interna obuka	12	33,33%
Eksterna obuka	6	16,67%
Interna i eksterna obuka	18	50%
UKUPNO	36	100%

Na osnovu dobijenih rezultata uočava se pre svega da sve revizorske firme organizuju obuku za revizore sa aspekta upotrebe softvera u reviziji. Interna obuka kao jedini vid obuke organizuje se u 33,33% revizorskih firmi, dok su eksterne obuke u vidu plaćenih seminara i kurseva od strane specijalizovanih konsultantskih firmi prisutne kod većine revizorskih firmi (66,67%). Takođe, pojedine revizorske firme pored eksternih obuka, organizuju i interne obuke.

U narednoj tabeli prikazani su stavovi revizorskih firmi sa aspekta koristi od upotrebe softvera u reviziji finansijskih izveštaja.

Tabela 8. Rezultati istraživanja koristi od upotrebe softvera u reviziji

Koristi od upotrebe softvera u reviziji	Broj revizorskih firmi	%
Dobijaju se dokazi višeg nivoa pouzdanosti	36	100%
Smanjuje se vreme potrebno za reviziju	14	38,89%
Mogućnost sprovođenja većeg obima testova	14	38,89%
Smanjuju se troškovi procesa revizije	6	16,67%
Ukupno	36	-

Na osnovu dobijenih odgovora uočava se da revizorske firme na prvo mesto kao najznačajniju korist od upotrebe softvera u reviziji stavljaju dobijanje dokaza višeg nivoa pouzdanosti. Pored toga, kao koristi ističu se smanjenje vremena potrebno za realizaciju revizije, mogućnost sprovođenja većeg obima testova, kao i smanjenje troškova realizacije procesa revizije.

## 7. ZAKLJUČAK

Upotreba softvera u reviziji finansijskih izveštaja u današnje vreme nije samo opcije, nego predstavlja i

nužnost za efikasno i pouzdano sprovođenje procesa revizije. Na tržištu se nalazi veliki broj softvera koji pomažu revizorima u sprovođenju specifičnih revizorskih procedura. Odluka o vrsti softvera koji će se koristiti na nivou revizorske firme donosi se od strane menadžmenta revizorske firme. Da li će revizorska firma koristiti generalizovani ili korisnički revizorski softver, ili čak obe vrste softvera pre svega zavisi od tehničkih faktora primene softvera, kao i od faktora na nivou revizorske firme, revizijske profesije, revizora kao pojedinca i ostalih faktora iz okruženja.

Prema globalnom istraživanju AuditNet korisnički softveri u okruženju Excel su najviše zastupljeni (70%) dok se generalizovani softveri ACL i IDEA koriste u 39%, odnosno 19% anketiranih revizorskih firmi i samostalnih revizora [2]. Komparacija globalnog istraživanja upotrebe softvera u reviziji i upotrebe softvera u revizorskim firmama u Republici Srbiji dovodi do sličnih rezultata sa aspekta upotrebe korisničkih softvera. U Republici Srbiji čak u 75% slučajeva se koriste korisnički softveri u okruženju Excel. Međutim sa druge strane u svega 25% ispitanih revizorskih firmi se koriste generalizovani revizorski softveri. Razlog za relativno malu zastupljenost generalizovanih softvera kod revizorskih firmi u Republici Srbiji jeste pre svega cena i sa druge strane veličina, odnosno kapacitet i resursi sa kojima revizorske firme raspolažu. Tome u prilog govori i podatak da iako su kod revizorskih firmi u Republici Srbiji zastupljena pre svega korisnička softverska rešenja, tek svaka treća revizorska firma samostalno razvija softver za svoje potrebe.

Iako je revizijska profesija u Republici Srbiji relativno mlada, obzirom da je 1996. godine Zakonom o računovodstvu prvi put regulisano pitanje revizije finansijskih izveštaja, u čak 83,33% revizijske firme kroz metodologiju revizije i interna akta implementirana je obaveznost upotrebe softvera u reviziji. Obaveznost primene softvera u reviziji finansijskih izveštaja u narednom periodu će se svakako povećati zbog značajnih koristi koje ostvaruju. Pre svega primenom softvera u reviziji dobijaju se dokazi višeg nivoa pouzdanosti što utiče na kvalitet procesa revizije i nivo pouzdanosti revizorskog izveštaja. Pouzdani revizorski izveštaji dalje imaju implikacije na povećanje kvaliteta celokupnog sistema finansijskog izveštavanja. Pored toga, primena softvera u reviziji omogućuje i sprovođenje većeg obima testova, sprovođenje testova na bazi celokupne populacije, smanjenje vremena i troškova potrebnih za realizaciju procesa revizije i slično.

I pored brojnih prednosti na nivou revizorske firme koje se ostvaruju upotrebom softvera u reviziji finansijskih izveštaja, upotreba softvera može naići i na brojna ograničenja. Pre svega prisutan je otpor zaposlenih revizora kod uvođenja novog softverskog rešenja, kao i stav određenog broja menadžmenta koji na softver gleda isključivo kao na troška za revizorsku firmu. Revizorske firme pored treninga i obuke na polju upotrebe softvera u reviziji treba pažnju da posvete i odgovarajućim praksama upravljanja promenama u cilju smanjenja otpora

promenama [3]. U cilju prevazilaženja navedenih ograničenja i daljeg unapređenja kvaliteta revizije finansijskih izveštaja neophodna je zajednička aktivnost revizorske profesije, revizorskih firmi i revizora kao pojedinaca.

## LITERATURA

[1] Ahmi, A., Kent, S. "The Utilisation of generalized audit software (GAS) by external auditors", *Managerial Auditing Journal*, Vol. 28, No. 2, pp 88-113, 2013.

[2] AuditNet. "Audit Data Analysis Software Survey". preuzeto 20.07.2018. године са <https://www.surveymonkey.com/results/SM-WYX6VMW2/>

[3] Bradford, M., Henderson, D. "Barriers and Enablers to Auditors Accepting Generalized Audit Software", *ISACA Journal*, Vol. 5, 2017, preuzeto sa <https://www.isaca.org/Journal/archives/2017/Volume-5/Pages/barriers-and-enablers-to-auditors-accepting-generalized-audit-software.aspx>.

[4] Dimitrijević, D., Tasić, S., Tasić, Z., Janković, M., Andrejević, D. "Uticaj digitalne pismenosti na uspešnost i produktivnost zaposlenih", *Zbornik radova – YUINFO2017*, Beograd, pp 6-12, 2017.

[5] International Auditing and Assurance Standards Board. "A Framework for Audit Quality", IAASB: USA, 2013

[6] KPMG, Data Analytics, KPMG, Delaware, 2015.

[7] Mijić, K. "Efikasnost i kvalitet procesa revizije u BPMS orkuženju", *Zbornik radova – YUINFO2016*, Beograd, pp 236-241, 2016.

[8] Mijić, K. "Unapređenje efikasnosti i kvaliteta revizije finansijskih izveštaja u okruženju informacionih tehnologija", *Zbornik radova - 19. Kongres računovoša i revizora Republike Srpske*, Teslić, str. 241-254, 2015.

# Analiza parametara kvaliteta mobilnih mreža

## Analysis of key performance indicators in mobile networks

Nenad Radosavljević

*Regulatorna agencija za elektronske komunikacije i poštanske usluge (RATEL)*

**Sadržaj** - Razvoj tehnologija i telekomunikacija dramatično utiče na kvalitet i iskustvo u komunikaciji i poslovanju stanovništva. Analizom parametara kvaliteta mobilnih mreža u ovom radu dat je sveobuhvatni presek osnovnih parametara neophodnih za uspešno funkcionisanje mobilnih mreža operatora u Republici Srbiji.

**Abstract** - The development of technologies and telecommunications has a dramatic impact on the quality and experience in the communication and business of the citizens. An analysis of the parameters of the quality of mobile networks in this paper provides a comprehensive overview of the parameters necessary for the successful functioning of mobile network operators in the Republic of Serbia.

### 1. INTRODUCTION

An independent, transparent and objective comparative analysis of the quality parameters of mobile network operators in a country – benchmarking, generates multiple benefits. On the one hand, mobile operators are introduced in a detailed way to the quality of their own network and the networks of other operators, while on the other hand, the end users are given a clear picture and a comprehensive insight, on which basis they can decide on the choice of operators for the provision of voice and data services.

### 2. BENCHMARKING MEASUREMENTS TYPES

The most common way to measure mobile network performance is in the drive test form [1], where the measuring equipment is placed in specially adapted measuring vehicles. In addition to the drive test mode, there are also walk test measurements, as well as more popular crowdsourcing measurements.

In most cases, the drive test mode involves measuring on the most important routes, smaller and larger cities, depending on the goal and strategy of the project itself. Walk test measurements are often referred to as hotspot measurements, since these measurements are often performed at sites with high amount of mobile network traffic, such as railway stations, airports, shopping centers, etc. The equipment used for the walk test is similar to the one used in the drive test mode, with the main difference that in the walk test mode equipment is portable.

Crowdsourcing measurements is the newest measurement mode where all relevant data is obtained by implementing specific applications in the mobile handsets, and thus

processing the results for each operator individually. Crowdsourcing measurements passively monitor network properties and activity, only on mobile device, running as application in the background, which is seamless to the user.

### 3. SCOPE OF BENCHMARKING PROJECT IN SERBIA

In order to perform a comparative analysis of the quality parameters in mobile networks, it is necessary to define the basic criteria for its realization. It is therefore necessary to define the routes, as well as to make the selection of small and large cities, hotspot locations where the measurements will be done. The categorization in the Republic of Serbia, is done so that large cities are considered to have more than 70,000 inhabitants, while small cities have more than 15,000. The routes are defined according to the priority level. Overall, measurements were made in 47 cities in Serbia and over 10 000 km of roads, as presented in Figure 1. Also, it is necessary to take into account the percentage of population that will be covered by the measurements, so that the results themselves will ultimately be relevant and in order to provide a large enough sample.



Figure 1. Scope of project in Serbia

Benchmarking projects in Serbia [2] were done during September and October, in 2017 and 2018. The project done in 2018 is of great importance. In addition to the fact that the measurements for this period have been obtained, it is also necessary to provide a comparison of the previous year's analysis with regard to the achieved values of all measuring quality parameters. This is very important because the comparative analysis and trend give the most detailed picture of the development of mobile network operators in one country.

#### 4. MEASURING EQUIPMENT

Measuring equipment used for this purpose consists of a central control system, as well as measuring phones which are responsible for collecting all the data necessary for analyzing the quality of the parameters of the mobile networks. Depending on the scope and length of the project, the strategy was to use several measuring vehicles with a larger number of mobile phones. It is common practice to use two measurement devices for voice call tests within an operator network and one device for data tests per operator, in the following manner:

- In large cities, 2 measurement systems are used and calls are made between them;
- In small cities, on the roads and for the walk test measurements, calls are made within the same measuring system.

On the other hand, when there are more measurement devices (the maximum number is 48 measurement devices in the system), they are mostly often used to check some specific functionalities of the 2G, 3G or 4G networks. Therefore, for the measurement needs in the benchmark project in Serbia, two measurement vehicles with measuring equipment were used.

Measurement equipment collects network data by running voice and data tests and using scanner to obtain radio network parameters. All mobile networks were measured at the same time and on the same drive test routes using the same smartphones, Samsung Galaxy S4 for voice tests and Samsung Galaxy Note 4 for data tests. Samsung Galaxy Note 4 is Cat. 6 mobile device, which means it support 4G (LTE) data speed up to 300 Mbps for data receiving and 50 Mbps for data sending. All smartphones worked in automatic technology selection mode.

For measurement purposes in drive test mode, it is mandatory to use highly reliable, modular, and scalable hardware platform which guarantees unmatched system stability, testing flexibility, high operational efficiency, and maximum future readiness [3]. A scalable platform allows the user to measure the quality parameters of different operators at the same time. The display of a scalable platform is shown in Figure 2.



Figure 2. Modular and scalable solution for large scale benchmarking campaigns

For walk test or hotspot measurements, portable equipment is used. This equipment is most often stored in a backpack or a specially designed suitcase. The compact, lightweight, and well-designed backpack provides extensive functionalities to test voice, data, video, and messaging to assess quality of service (QoS) and quality of experience (QoE) from a real end-user perspective, including the complete information about the physical RF environment, Figure 3.



Figure 3. Portable benchmarking solution

#### 5. MEASUREMENT AND METHODOLOGY

In order to objectively observe the performance of mobile networks, a series of comparative tests over a longer period of time should be performed, both for voice services and for data services. All measurement parameters required for a comprehensive analysis are defined in accordance with ETSI TS 102 250 [4]. In accordance with the above, the measurement scenario includes measurements at all predefined locations, as following:

- Measurement of radio parameters for 2G/3G/4G technologies;
- Measuring of Key Performance Indicators (KPIs) for voice and data services for 2G/3G/4G technologies.

As mentioned, the benchmark measurements include comparison of the key performance indicators of the mobile networks. The main challenge is to select all indicators, that on one hand credibly represent the main parameters of the mobile network and, on the other hand, represent the necessary user experience in a representative manner. The choice of key performance indicators and the assignment of their weight factors influence the overall assessment of the quality of the mobile network.

Standard ETSI TS 102 250-2 define model for quality of service parameters [5]. This model is divided into several layers. The first layer is the Service Availability, which defines QoS rather from the viewpoint of the service provider than the service user. The second layer is the Service Accessibility. From the user's point of view this is the basic requirement for all the other QoS aspects and parameters. The third layer contains Service Integrity and Service Retainability.

Service availability is assessed using Call or Session Success Rate (CSR for voice tests or SSR for data tests). CSR/SSR is an indicator tested for all types of the services and it is considered as a ratio of successful tests (successful setup and correct termination) to all test attempts. The exact method of calculation is presented with the formula below:

$$\text{Call/Session Success Rate [\%]} = \frac{\text{Completed}}{\text{All}} \quad (1)$$

Service accessibility represents the percentage of successfully established voice calls / packet sessions in the mobile network. The call setup success rate is one of the KPIs used by the network operators to assess the performance of their networks. It is assumed to have direct influence on the customer satisfaction with the service provided by the network [6]. Calculation is presented with the formula below:

$$\text{CSSR[\%]} = \frac{\text{number of successfully established calls}}{\text{All}} \quad (2)$$

or

$$\text{CSSR[\%]} = \frac{\text{completed calls} + \text{dropped calls}}{\text{All}} \quad (3)$$

Service retainability describes the termination of services (in accordance with or against the will of the user). Examples for this are all kinds of cut-off parameters, e.g. the call cut-off ratio or the data cut-off ratio.

Another parameter which is important for calculating the total achieved results of mobile operators in a benchmarking campaign is Call Setup Time - the time needed to establish a connection from the moment that user activates the call sending function [7].

Last, and also very important parameter, is the quality of the given service itself. This metric will depend on the type of test executed. For voice calls it is assessed as speech quality, while for data tests it is assessed as data throughput, session time or video stream quality in case of YouTube tests. For each of the voice call, quality of speech samples was measured MOS (Mean Opinion Score) using POLQA P.863 algorithm. MOS measures perception of the voice quality by the listener. It ranges between 1 and 5, with 5 being the best. For video stream quality service, the same principle is applied, only the KPI is labeled as Video Mean Opinion Score (VMOS).

## 6. LIST OF MAIN KPIs

Parameters considered the most important for comparative benchmarking analysis are defined by the ETSI TS 102 250-2 standard.

To calculate the overall score in benchmarking campaign, in Table 1. and Table 2. are given the lists of parameters for voice and data service.

For voice services, the following KPIs are used:

Voice	Call Success Rate – Success / All [%]
	Avg Call Setup Time [s]
	Avg MOS
	MOS < 2.3 [%]

Table 1: List of voice KPIs

Service integrity is represented with KPI where the percentage of tests or samples with bad quality (voice samples with a MOS<2.3) are calculated. This approach reflects how the network is dealing with the consistency of quality.

For data services, the KPIs are included for HTTP browsing, HTTP transfer, HTTP transfer capacity and YouTube service:

Data	HTTP Browser	Liveweb – SSR – Success / All [%]
		Liveweb - Avg Session Time [s]
		Reference Page - SSR – Success / All [%]
		Reference Page - Avg Session Time [s]
	HTTP Transfer DL/UL	SSR – Success / All [%]
		Avg Session Time [s]
		Avg Data Rate [kbps]
		Data Rate < 2 [Mbps] [%]
	HTTP Transfer Capacity DL/UL	SSR – Success / All [%]
		DL - Avg Data Rate [kbps]
		Data Rate < 4 [Mbps] [%]
	YouTube	SSR – Success / All [%]
		Time to first picture [s]
		Playout without interruptions [%]
		Avg VMOS

Table 2: List of data KPIs

HTTP Browser KPIs reflect both static and live page performance. For that purpose, it is tested how fast the reference ETSI Kepler web page is being received and opened on smartphones, while for live page it is tested how fast are the most popular live web pages received and opened on smartphones.

HTTP Transfer DL/UL KPIs simulate users downloading and uploading small files of 3MB and 1 MB and this test is made to test responsiveness of the network over HTTP protocol.

HTTP Capacity Transfer DL/UL KPIs is designed to reach network capabilities to deliver highest continuous throughput which is important to demanding users for downloading/uploading large files (400 MB file transmission over HTTP protocol in period of 10 seconds) [8].

YouTube KPIs are designed to test the quality of livestream video transmission. For the evaluation of this service the important KPIs include success rate, time to first picture, playout without interruptions and averaged values for VMOS.

## 7. SCORING METHODOLOGY

Taking into account the mentioned KPIs, their significance and their function, a matrix is created by which the total result is generated after the benchmarking campaign has been performed.

Thus, for each KPIs a threshold is defined - the minimum required value to score points. The threshold is defined based on the level of technological development (the minimum required data transfer speed for the implementation of 3G/4G technology), service quality (MOS thresholds below which the signal is treated as poor), service availability, etc.

The individual measurement results are aggregated using a weighted accumulation into an overall network score. This overall score allows finally the ranking of the tested networks [9]. To reach that, the weighted aggregation is done over several layers which are shown in Figure 4:

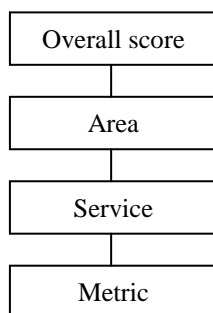


Figure 4. Scoring methodology layers

In addition to the points gained for each KPI, an important role is played by the type of service and categorization of the measurement itself. For that purposes, data services and voice services are weighted in the following manner: data services have a weight factor of 60%, while voice services have a weight factor of 40%.

The categorization of measurements shows that different measurement area such as small cities, roads have a smaller weight factors than large cities. Their share is 30%, 30% and 40%, respectively.

By applying this algorithm to each KPI and adding weight factors, the overall benchmarking result for each operator is obtained separately. The total score is expressed in percentages and is defined as the level of achieved quality in relation to the maximum achievable quality. In that manner, the main goal of the benchmarking campaign is achieved - to determine the best operator for a designated area with respect to the services accessed with a mobile device.

## 8. CONCLUSION

It is known that mobile network operators constantly strive to provide the best quality of experience to their end users to ensure business growth. By measuring the quality parameters of the mobile networks and by their comparative analysis, competitiveness is achieved in an objective way.

There are many benefits in getting the information about the quality of the mobile networks. Telecommunications market is developing, economic development is on the rise, and at the same time education of end users is taking place, whose benefit is just seen in achieving better user experience by using all modern mobile services of today.

## REFERENCES

- [1] BEREC Common Position on information to consumers on mobile coverage, BoR (18) 237
- [2] <http://benchmark.ratel.rs/>
- [3] [https://www.rohde-schwarz.com/products/test-and-measurement/mobile-network-testing/mobile-network-testing\\_229193.html](https://www.rohde-schwarz.com/products/test-and-measurement/mobile-network-testing/mobile-network-testing_229193.html)
- [4] ETSI TS 102 250-1 V1.6.2 (2008-09), "Speech Processing, Transmission and Quality Aspects (STQ); QoS aspects for popular services in GSM and 3G networks; Part 1: Identification of Quality of Service criteria", 2008.
- [5] ETSI TS 102 250-2 V1.6.2 (2008-09), "Speech Processing, Transmission and Quality Aspects (STQ); QoS aspects for popular services in GSM and 3G networks; Part 2: Definition of Quality of Service parameters and their computation", 2008.
- [6] ITU-T E.800 series, Quality of telecommunication services: concepts, models, objectives and dependability planning – Terms and definitions related to the quality of telecommunication services, 08/2008.
- [7] [https://www.ratel.rs/uploads/documents/pdf\\_documents/documents/javne\\_rasprave/Nacrt\\_Pravilnika\\_o\\_parametrima\\_kvaliteta/Nacrt%20pravilnika%20o%20kontroli%20kvaliteta.pdf](https://www.ratel.rs/uploads/documents/pdf_documents/documents/javne_rasprave/Nacrt_Pravilnika_o_parametrima_kvaliteta/Nacrt%20pravilnika%20o%20kontroli%20kvaliteta.pdf)
- [8] 3GPP TS 32.410 V0.0.5 (2008-03), "Key Performance Indicators (KPI) for UMTS and GSM", 2008.
- [9] ETSI TR 103 559 V0.0.0 (2017-11)

# P2P KOMUNIKACIJA U SLUČAJU OTKAZA MREŽNE INFRASTRUKTURE U REALNIM USLOVIMA

## P2P COMMUNICATION IN CASE OF NETWORK INFRASTRUCTURE FAILURE IN REAL CONDITIONS

Uglješa Urošević<sup>1</sup>, Zoran Veljović<sup>1</sup>  
*Elektrotehnički fakultet, Univerzitet Crne Gore<sup>1</sup>*

**Sadržaj** – Peta generacija mobilnih mreža treba da omogući znatno veće brzine prenosa podataka, veći broj konekcija i konektovanih uređaja, bolju spektralnu efikasnost, veću energetska efikasnost, poboljšan kvalitet servisa u pogledu kašnjenja, kapaciteta, pouzdanosti i sigurnosti. Neke od ključnih tehnologija koje treba to da omoguće su masivni MIMO (Multiple-Input Multiple Output) sistemi, upotreba frekvencija iz viših opsega, posebno mmWave (millimeter-Wave) opsega, P2P (Peer-to-Peer) komunikacije, heterogene mreže (HetNet - Heterogeneous Networks) itd. Ovdje je data analiza primjene P2P (Peer-to-Peer) komunikacija u uslovima kada je otkazala mrežna infrastruktura usled elementarnih nepogoda. Razmotrena je primjena distribuiranih MIMO tehnika i uticaj neidealne estimacije kanala pouzdanost prenosa.

**Abstract** - The fifth generation of mobile networks should provide significantly higher data rates, more connections and connected devices, better spectral efficiency, greater energy efficiency, improved quality of service in terms of delay, capacity, reliability and security. Some of the key technologies that need to be enabled are massive MIMO (Multiple-Input Multiple Output) systems, the use of higher-frequency frequencies, in particular mmWave (millimeter-Wave) band, P2P (Peer-to-Peer) communications, heterogeneous networks (HetNet - Heterogeneous Networks), etc. Here is an analysis of the application of P2P communications in the conditions when network infrastructure is not in function due to natural disasters. The application of distributed MIMO techniques and the impact of the non-channel channel estimation on reliability of the transmission is considered.

### 1. UVOD

Od bežičnih mreža pete generacije se očekuje da ispune određene zahtjeve ako što su: povećanje brzine prenosa do 100 puta, kašnjenje manje od 5ms, poboljšanu pokrivenosti, povećanje spektralne i energetske efikasnosti, i tako dalje, [1]-[3]. Tehnologije koje su ključne za postizanje ovih 5G zahtjeva su su masivni MIMO (Multiple Input Multiple Output) sistemi, prenos na milimetarskim talasima (mm-wave), spektralno efikasne komunikacije, kognitivne radio mreže, zgušnjavanje postojećih mobilnih mreža sa masovnim dodavanjem malih ćelija, P2P (Peer-to-Peer) komunikacije kao što su D2D (Device-to-Device), M2M

(Machine-to-Machine), V2V (Vehicle-to-Vehicle), heterogene mreže (HetNet), istovremeni prenos i prijem (full duplex komunikacija), prikupljanje energije (energy harvesting), C-RAN (Cloud-based Radio Access Network), SDN (Softver Defined Networks), virtuelizacija bežičnih resursa, itd., [4]-[5].

P2P komunikacija podrazumijeva radio tehnologiju koja omogućava uređajima da direktno komuniciraju, bez korišćenja mrežne infrastrukture. To je naročito značajno u slučaju elementarnih nepogoda kada može doći do većih oštećenja mrežne infrastrukture. P2P komunikacija u tim scenarijima može olakšati pronalaženje povrijeđenih, nedostupnih i slično. Osim toga, P2P poboljšavaju spektralnu efikasnost, korisničko iskustvo, smanjuju kašnjenje prilikom prenosa podataka...

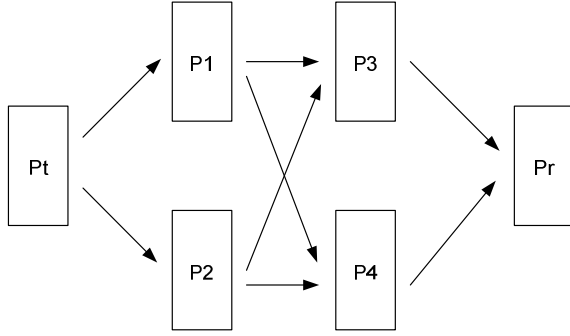
U P2P komunikaciji podaci se direktno prenose između korisnika bez korišćenja jezgra mreže. Osim toga, resursi između P2P korisnika se mogu ponovo koristiti. Mogućnosti primjene P2P uključuju lokalne usluge, hitne komunikacije, javnu bezbednost, proximity based igre i društveno umrežavanje, oglase za prolaznika, kontrolu saobraćaja i bezbjednosti, inteligentne transportne sisteme, IoT (Internet of Things).

Ovdje su razmotrena rješenja primjene P2P komunikacija primjenom distribuiranih STBC (Space Time Block Codes) sistema, u realnim uslovima kada ne postoji idealna estimacija mobilnog radio kanala. Simulacioni rezultati pokazuju nivo vjerovatnoće greške u takvim uslovima.

### 2. P2P SCENARIO

Na slici 1 je prikazan jedan praktični uplink scenario P2P komunikacije, u slučaju kada mrežna infrastruktura nije u funkciji. Pretpostavka je da su svi terminali opremljeni sa samo jednom antenom. Ipak, primjenom distribuiranih STBC kodova moguće je formirati virtuelni MIMO kanal, [6]-[8]. STBC tehnikama se može realizovati prostorni diversity, što smanjuje negativni uticaj fedinga.

Dalje, smatra se da se na peer-ovima obavlja STBC detekcija.



Slika 1. Razmatrana P2P komunikacija

Scenario prenosa podataka između predajnog peer-a  $P_1$  i prijemnog  $P_r$  je sledeći.

$P_t$  emituje simbole  $a_1$  i  $a_2$ :

$$P_t = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$P_1$  i  $P_2$  primaju sledeće sekvence simbola:

$$P_{1\text{prijem}} = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 \end{bmatrix} \cdot h_{1r} + \begin{bmatrix} n_{1,1} & n_{1,2} \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$P_{2\text{prijem}} = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 \end{bmatrix} \cdot h_{2r} + \begin{bmatrix} n_{2,1} & n_{2,2} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Pri čemu su  $h_{1t}$  i  $h_{2t}$  koeficijenti mobilnog radio kanala između  $P_1$  i  $P_r$  odnosno  $P_2$  i  $P_r$ . U izrazima  $n_{ij}$  predstavlja aditivni bijeli Gausov šum.

Zatim,  $P_1$  i  $P_2$  dekodiraju primljene simbole i ponašaju kao da su dio MIMO predajnika, odnosno cilj je kreiranje OSTBC koda namijenjenog za predajnike sa dvije predajne antene:

$$A = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 \\ -a_2^* & a_1^* \end{bmatrix} \quad (4)$$

$P_1$  emituje simbole na način koji definiše iz prva vrsta date matrice, dok  $P_2$  emituje simbole na osnovu druge vrste:

$$P_1 = \begin{bmatrix} a_1' & a_2' \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$P_2 = \begin{bmatrix} -a_2^{**} & a_1^{**} \end{bmatrix} \quad (6)$$

pri čemu su  $a_1'$  i  $a_2'$  dekodirani simboli na  $P_1$ , a  $a_1^{**}$  i  $a_2^{**}$  dekodirani simboli na  $P_2$ .

$P_3$  i  $P_4$  primaju sledeće sekvence:

$$P_3^T \text{ prijem} = \begin{bmatrix} a_1' & a_2' \\ -a_2^{**} & a_1^{**} \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} h_{31} \\ h_{32} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_{3,1} \\ n_{3,2} \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$P_4^T \text{ prijem} = \begin{bmatrix} a_1' & a_2' \\ -a_2^{**} & a_1^{**} \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} h_{41} \\ h_{42} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_{4,1} \\ n_{4,2} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Pri čemu su  $h_{31}$ ,  $h_{32}$  koeficijenti mobilnog radio kanala između  $P_3$  i  $P_1$  odnosno  $P_2$ , dok su  $h_{41}$ ,  $h_{42}$  koeficijenti mobilnog radio kanala između  $P_4$  i  $P_1$  odnosno  $P_2$ .  $P_3$  i  $P_4$  obavljaju OSTBC dekodiranje i zatim opet na identičan

način učestvuju u kreiranju virtuelnog MIMO kanala prema  $P_r$ . Sekvence simbola koje se emituju su:

$$P_3 = \begin{bmatrix} \bar{a}_1' & \bar{a}_2' \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$P_4 = \begin{bmatrix} -\bar{a}_2^{**} & \bar{a}_1^{**} \end{bmatrix} \quad (10)$$

gdje su  $\bar{a}_1'$  i  $\bar{a}_2'$  dekodirani simboli na  $P_3$ , a  $\bar{a}_1^{**}$  i  $\bar{a}_2^{**}$  dekodirani simboli na  $P_4$ .

$P_r$  prima sledeću sekvencu:

$$P_r = \begin{bmatrix} \bar{a}_1' & \bar{a}_2' \\ -\bar{a}_2^{**} & \bar{a}_1^{**} \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} h_{r,3} \\ h_{r,4} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_{r,3} \\ n_{r,4} \end{bmatrix} \quad (11)$$

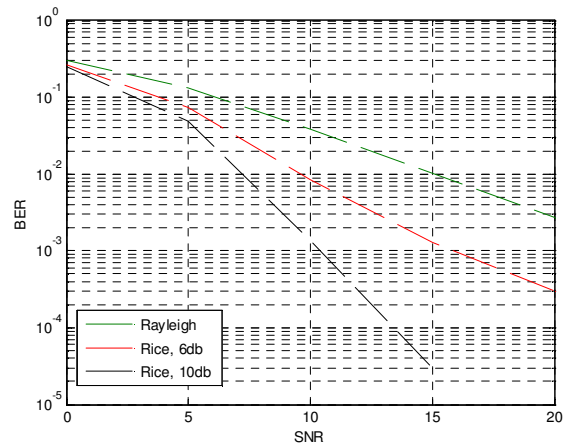
Pri čemu su  $h_{r,3}$  i  $h_{r,4}$  koeficijenti mobilnog radio kanala između  $P_r$  i  $P_3$  odnosno  $P_4$ .

$P_r$  obavlja isti OSTBC proces dekodiranja kao  $P_3$  i  $P_4$ , pri čemu se dobijaju simboli  $\tilde{a}_1$  i  $\tilde{a}_2$ , odnosno estimati poslatih simbola  $a_1$  i  $a_2$ .

### 3. SIMULACIONI REZULTATI

Za simulaciju je pretpostavljen je Rayleigh-ov ili Rice-ov feding na svakom linku.

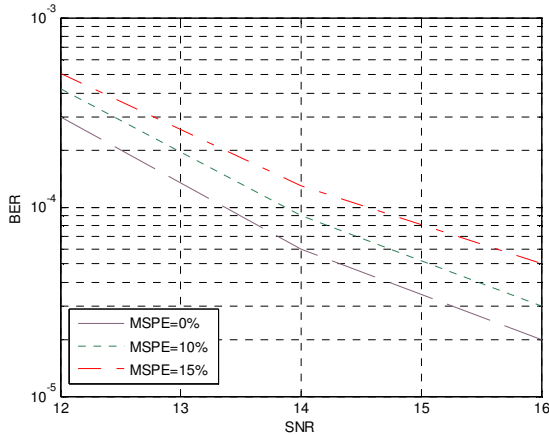
BER performanse u zavisnosti od odnosa signal/šum (SNR) po bitu, su date za QPSK modulacioni postupak. Na slici 2 je prikazana vjerovatnoća greške u slučaju da je na svakom linku zastupljen Rayleigh-ov ili Rice-ov feding sa  $K$  faktorom od 6dB i 10dB, uz idealnu estimaciju kanala.



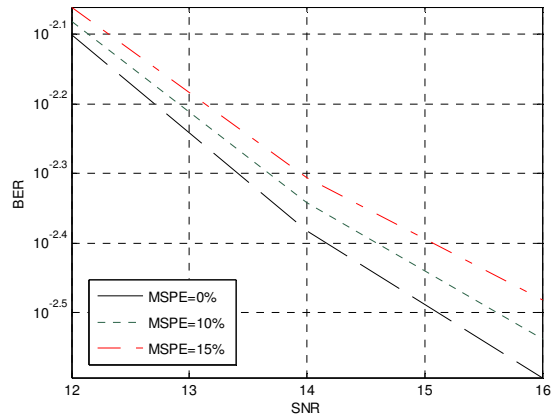
Slika 2. BER performanse razmatranog scenarija P2P komunikacije, idealna estimacija kanala, QPSK

Na narednim slikama su upoređene realna situacija gdje ne postoji idealna estimacija koeficijenata mobilnog radio kanala i scenario sa perfektnom estimacijom. Pri tome su date BER performanse za MSPE (*Mean Square Percentage Error*) vrijednosti od 10% i 15%.

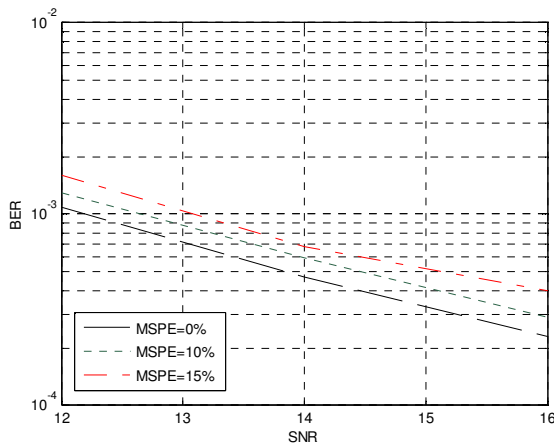




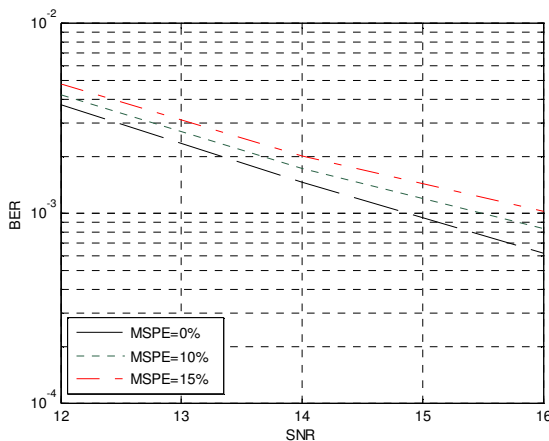
Slika 3. BER performanse razmatranog scenarija P2P komunikacije, idealna i neidealna estimacija kanala, QPSK, Rice-ov kanal,  $K=10\text{dB}$



Slika 6. BER performanse razmatranog scenarija P2P komunikacije, idealna i neidealna estimacija kanala, QPSK, Rice-ov kanal,  $K=4\text{dB}$



Slika 4. BER performanse razmatranog scenarija P2P komunikacije, idealna i neidealna estimacija kanala, QPSK, Rice-ov kanal,  $K=8\text{dB}$



Slika 5. BER performanse razmatranog scenarija P2P komunikacije, idealna i neidealna estimacija kanala, QPSK, Rice-ov kanal,  $K=6\text{dB}$

Kao što se može uočiti što je veća greška prilikom estimacije lošije su BER performanse.

Takođe, pretpostavljeno je da  $P_r$  ima samo jednu antenu. Treba napomenuti da broj prijemnih antena na  $P_r$  može biti proizvoljan. Više prijemnih antena bi smanjilo BER vrijednosti, ali nema uticaj na proces kodiranja.

#### 4. ZAKLJUČAK

U slučaju elementarnih nepogoda može doći do otkazivanja mrežne infrastrukture mobilnih radiokomunikacionih sistema. Jedan od načina da se i takvim nepovoljnim uslovima omogući komunikacija je primjena P2P tehnologije, što predstavlja jednu od ključnih tehnika predviđenim za 5G mreže. U ovom radu je razmotrena primjena P2P komunikacija kroz distribuirane MIMO sisteme. Razmotreni su realni uslovi, odnosno neidealna estimacija kanala i njen uticaj na vjerovatnoću greške prenosa podataka.

#### LITERATURA

- [1] M. Jaber, M. A. Imran, R. Tafazolli, A. Tukmanov, "5G Backhaul Challenges and Emerging Research Directions: A Survey," IEEE Access, vol. 4, pp. 1743 - 1766, April 2016.
- [2] A. Gupta, R. K. Jha, "A Survey of 5G Network: Architecture and Emerging Technologies," IEEE Access, vol. 3, pp. 1206 - 1232, July 2015.
- [3] M. Agiwal, A. Roy, N. Saxena, "Next Generation 5G Wireless Networks: A Comprehensive Survey," IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 18, Issue 3, pp. 1617 - 1655, February 2016.
- [4] W. Wang, K. C. The, K. Hung Li, "Enhanced Physical Layer Security in D2D Spectrum Sharing Networks," IEEE Wireless Communications Letters, Volume 6, Issue 1, pp. 106 - 109, December 2016.

- [5] R. Wang, J. Liu, G. Zhang, S. Huang, M. Yuan, "Energy efficient power allocation for relay-aided D2D communications in 5G networks," *China Communications*, Volume 14, Issue 16, pp. 54 - 64, June 2017.
- [6] C. Yoon, H. Lee, J. Kang, "Combined ML and DFE Decoding for Coded Double STBC-OFDM System," *IEEE Communications Letters*, vol. 14, no. 12, pp. 1164 - 1166, October 2010.
- [7] K. T. B.S. Rajan, "STBC-schemes with nonvanishing determinant for certain number of transmit antennas," *IEEE Transactions on Information Theory*, vol. 51, no. 8, pp. 2984 - 2992, August 2005.
- [8] Z. Veljovic, U. Urosevic, "Increasing Code Rate of the Cooperative Relaying with Virtual OSTBC," *Wireless Personal Communications*, vol. 83, no. 1, pp. 399-410, Springer, July, 2015.

# PERFORMANSE ALGORITMA ZA POUZDANO PREUZIMANJE FAJLOVA U USLOVIMA PROMENLJIVE INTERNET KONEKCIJE

Visoka tehnička škola, Aleksandra Medvedeva 20, Niš  
dusan.stefanovic@vtsnis.edu.rs, slavimir.stosovic@vtsnis.edu.rs

**Sadržaj** - Najveći izazov u procesu razvoja softvera namenjenog pametnim mobilnim uređajima jeste stabilnost pri radu bez obzira na faktore od kojih direktno zavisi izvršenje samog softvera a na koje se ne može direktno uticati. U ovom radu je predstavljen algoritam koji omogućava stabilno izvršenje softvera direktno zavisnog od Internet konekcije namenjenog Android pametnim mobilnim uređajima. Takođe je predstavljen način razvoj softvera koji sadrži pomenuti algoritam. Ispravan rad projektovanog algoritma i softvera je testiran korišćenjem Mikrotik hAP lite RB941-2nD-TC uređaja u ulozi pristupne tačke kako bi se simulirali prekidi Internet konekcije i oscilacije u brzini otpremanja i preuzimanja.

**Abstract** - The greatest challenge in the software development process for smart mobile devices is work stability, regardless of the factors directly affecting the execution of the software itself, which can not be influenced. This paper presents an algorithm that enables stable execution of software directly dependent on Internet connection for Android smart mobile devices. A method for developing software containing this algorithm is also presented. The correct operation of the projected algorithm and software was tested using the Mikrotik hAP lite RB941-2nD-TC device as an access point to simulate interruptions of the Internet oscillations in the upload and download speed.

**Key words:** Smart mobile devices, Software, Algorithm, Internet, Network infrastructure

## 1. UVOD

Zbog svojih naprednih mogućnosti upotreba pametnih mobilnih uređaja je u stalnom porastu. Same mogućnosti pametnih mobilnih uređaja se jednim delom oslanjaju na softver razvijen od strane proizvođača uređaja odnosno softvera koji dolazi zajedno sa operativnim sistemom, dok se drugim delom oslanjaju na softver razvijen od strane programera širom sveta i koji se može preuzeti sa zvaničnih prodavnica.

Većina softvera namenjenog pametnim mobilnim uređajima, bez obzira na to da li je razvijena od strane proizvođača mobilnih uređaja ili je razvijena od strane nezavisnih programera, zahteva pristup internetu. Gotovo je nezamislivo razviti atraktivnu aplikaciju koja ne komunicira sa nekim Web servisom [1]. Čak i aplikacije koje omogućavaju osnovne funkcionalnosti mobilnog

uređaja poput pozivanja drugih korisnika, pregled kontakata i kalendar zahtevaju Internet konekciju.

Kako Internet konekcija nije konstantna, na programerima je važan zadatak - rešiti probleme usled oscilacija na mreži i omogućiti stabilan rad u bilo kojim uslovima [2][3]. Potrebno je rešiti probleme prekida Internet konekcije i oscilacije brzine otpremanja podataka (engl. *upload*) i preuzimanja podataka (engl. *download*). Jedan od modela rešenja za konkretni problem jeste preuzimanje podataka (fajlova) neophodnih za neometani rad aplikacije pre njihovog reprodukovanja. Ovaj model je primenljiv kod softvera koji se ne izvršavaju u realnom vremenu. S druge strane, isti je neprihvatljiv kod softvera poput društvenih mreža, prenosa uživo i ostalih tipova softvera koji zahtevaju Internet konekciju za rad u realnom vremenu.

Čak i onda kada je potrebno preuzeti neophodan sadržaj pa nakon toga ga reprodukovati javlja se problem sa prekidom Internet konekcije. U slučaju prekida Internet konekcije tokom preuzimanja podataka može doći do stvaranja oštećenog fajla koji može izazvati velike probleme u toku izvršenja softvera i u krajnjem slučaju dovesti i do pada istog. Za potrebe Android [4][5] aplikacije koja treba da preuzme sa servera i reprodukuje statične i pokretne slike (video) u vidu reklama razvijen je algoritam za proveru integriteta fajla nakon njegovog preuzimanja.

Nakon razvoja softvera baziranog na algoritmu, potrebno je testirati ispravnost i performanse algoritma sa Internet mrežom različitih performansi. Za testiranje konkretnog softvera iskorišćen je Mikrotik hAP lite RB941-2nD-TC uređaj [6] u ulozi pristupne tačke (engl. Access Point) kako bi se simulirali prekidi Internet konekcije i oscilacije u brzini otpremanja i preuzimanja.

## 2. PROJEKTOVANJE ALGORITMA I RAZVOJ SOF-TVERA

Razvoj algoritma odnosno softvera koji će dati dobre performanse preuzimanja fajlova sa udaljenog servera bez obzira na kvalitet Internet konekcije zahteva temeljno teorijsko znanje. U cilju optimizacije razvijenog algoritma potrebno je vršenje komparativne analize različitih pristupa. Bez obzira na vrstu problema razvoj pomenutog softvera se može podeliti u 4 faze:

- Definisanje problema - odnosno formulisanje zadatka podrazumeva njegovo što detaljnije raščlanjivanje na što sitnije probleme. Potrebno je u ovoj fazi problem detaljno opisati jasnim i preciznim terminima.

- Projektovanje algoritma – u ovoj fazi se pronalazi rešenje za konkretni problem. Na osnovu poznatih podataka i krajnjeg cilja definiše se tok izvršenja. Ukoliko dođe do toga da postoje više mogućih rešenja, analiziraju se sva rešenja i na osnovu raspoloživih resursa i krajnjeg cilja bira optimalni algoritam. Ono što je jako bitno jeste da se algoritam razvija sistematično i postepeno kako ne bi došlo do propusta.
- Realizacija algoritma je faza u kojoj se definisani algoritam pretvara u stvarni program koji će se izvršavati na određenom hardveru. Za pisanje softvera se koristi programski jezik predviđen za razvoj konkretnog softvera i vrši se konverzija svakog pravila algoritma u naredbe programskog jezika.
- Testiranje programa se ogleda u otkrivanju logičkih i programerskih grešaka nastalih u raznim fazama razvoja softvera. Praksa je pokazala da većina programa nije potpuno ispravna čak i ukoliko se ispune sve faze razvoja. Neke greške se dešavaju zbog logičkih propusta, neke zbog grešaka u realizaciji algoritma, a neke zbog hardvera na kome se softver izvršava. Na neke greške će upozoriti samo razvojno okruženje, kao na primer greške u sintaksi, međutim na logičke greške razvojno okruženje ne može upozoriti. S toga je potrebno softver proveriti fiktivnim a nakon toga i stvarnim podacima. Ukoliko softver daje nepravilne rezultate potrebno je ograničiti područje u kom je moguće doći do greške i proveravati međurezultate sve dok se ne otkrije problem.

Problem koji je rešen u ovom radu jeste preuzimanje fajlova sa proverom integriteta preuzetih fajlova primenom algoritma prikazanog na Slici 1. Algoritam predstavljaju sledeći koraci: Na početku treba proveriti Internet konekciju.

U slučaju da ima Internet konekcije nastaviti izvršenje aplikacije gde bi se preuzeo JSON [7] fajl koji bi sadržao informacije o svim fajlovima koje je potrebno preuzeti za aplikaciju.

Ukoliko nema Internet konekcije ponuditi korisniku izbor:

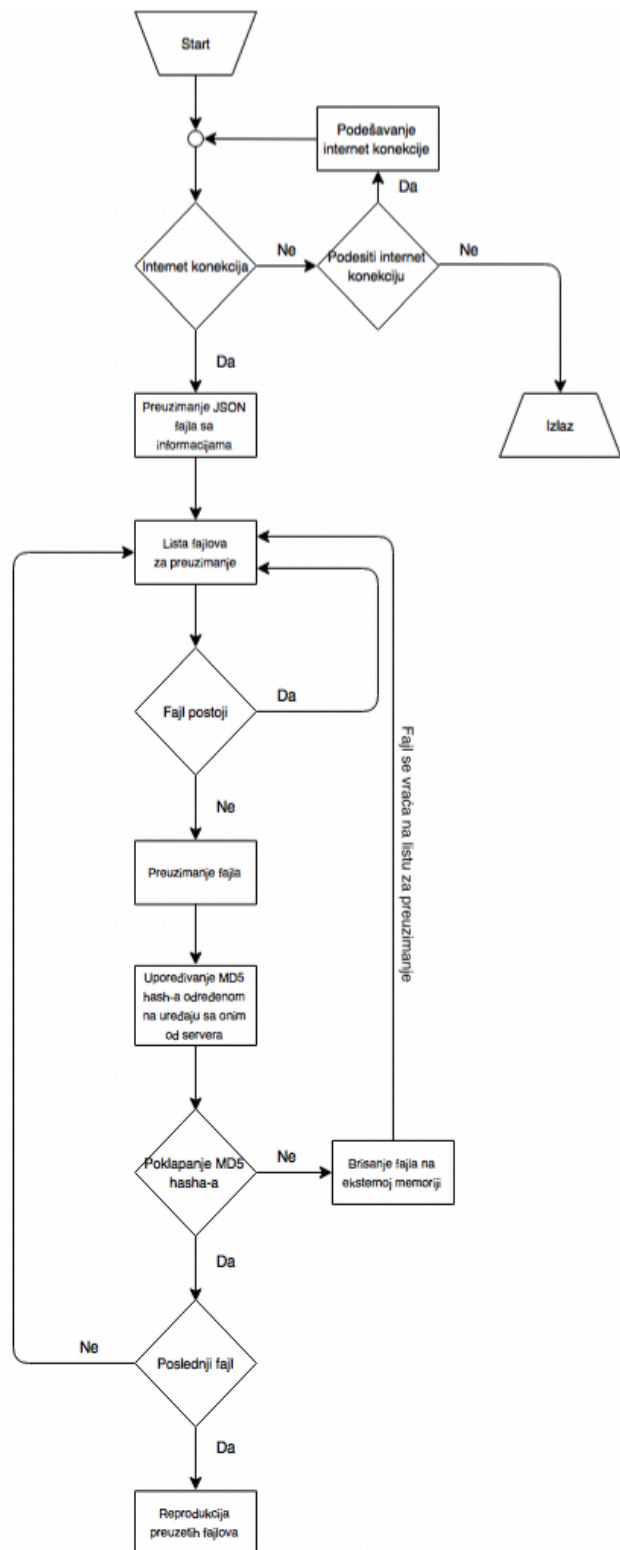
1. da otvori podešavanja Internet konekcije i poveže se
2. da izađe iz aplikacije

Nakon preuzimanja fajla sa informacijama započinje se preuzimanje svih multimedijalnih fajlova.

Ukoliko dođe do prekida Interneta na mreži i u definisanom vremenskom periodu uređaj ne uspe da se ponovo poveže sa serverom i nastavi preuzimanje podataka, konekcija će se zatvoriti. S obzirom da je prekinuto preuzimanje, fajl neće biti ceo i kao takav je oštećen - beskoristan.

Cilj jeste preuzeti multimedijalne fajlove u celosti kako bi se kasnije reprodukovali. Da bi bili sigurni da su fajlovi preuzeti u celosti potrebno je proveriti integritet fajlova. Najčešći pristup provere integriteta fajlova jeste skladištenje *checksum*-e (hash) samog fajla koji će služiti za kasnije poređenje na drugoj strani. Algoritmi koji se

moгу iskoristiti su sledeći: CRC32, MD5, SHA-1, SHA-256, SHA-512. CRC se ne smatra kontrolom integriteta kriptografskog kvaliteta jer ukoliko dođe do napada koji će uticati na integritet fajla, napadač može ubaciti loše podatke koji će imati isti CRC kao i originalni podaci. S toga se izbegava njegovo korišćenje u ovu svrhu. Svi ostali se mogu koristiti.



Slika 1. Algoritam preuzimanja i provere integriteta fajlova

Za utvrđivanje integriteta fajlova u prikazanom radu je iskorišćen MD5 (engl. *Message Digest #5*) najčešći standard za proveru integriteta fajlova koji se danas koristi širom sveta. MD5 kodovi su 128-bitni brojevi prikazani u heksadecimalnom formatu.

Na serveru prilikom unošenja fajlova je potrebno odrediti MD5 hash fajla i dodati postojećem JSON fajlu. S toga je potrebno i na klijentskoj strani softvera odrediti MD5 hash samog fajla i uporediti sa MD5 hash-om koji je dobijen od servera. U slučaju da je došlo do prekida saobraćaja na mreži ova dva hash-a se nikada neće poklopiti što će nagovestiti da fajl nije preuzet u celosti. Samim tim potrebno ga je obrisati i pokretati njegovo preuzimanje iznova i iznova sve dok se ne preuzme u celosti.

Sigurnost Android operativnog sistema [8] je regulisana preko korisničkih permisa [9] koje su podeljene u 2 grupe:

- normalne (permise koje je potrebno navesti u *AndroidManifest.xml* fajlu ali koje ne utiču na sigurnost korisničkih podataka);
- opasne (permise koje se mogu zloupotrebiti kako bi se ugrozili poverljivi korisnički podaci poput kontakata, liste poziva, lokacije ali i podataka sa eksterne memorije).

Ako aplikacija sadrži normalne permise u svom *AndroidManifest.xml* fajlu (permise koje ne izlažu riziku korisničku privatnost ili funkcionisanje uređaja) sistem će ih automatski prihvatiti. Ukoliko aplikacija sadrži opasne permise u svom *AndroidManifest.xml* fajlu (permise koje mogu potencijalno uticati na korisničku privatnost i normalne funkcionalnosti uređaja) sistem će eksplicitno zatražiti od korisnika odobrenje tih permisa. Kako se u ovoj aplikaciji preuzimaju i smeštaju fajlovi na eksternoj memoriji, potrebno je navesti u *AndroidManifest.xml* fajlu (a kasnije i prihvatiti od strane korisnika) permise za upis i čitanje sa eksterne memorije iz grupe opasnih permisa:

```
<uses-permission
android:name="android.permission.WRITE_EXTERNAL_STORAGE" />
<uses-permission
android:name="android.permission.READ_EXTERNAL_STORAGE" />
```

Korisničke permise se prihvataju na 2 načina u zavisnosti od verzije Android operativnog sistema. Do verzije 6.0 sa kodnim nazivom: Marshmallow, korisničke permise su se prihvatale instaliranjem aplikacije. Korisnik nije imao nikakvog izbora. Ukoliko je želeo koristiti neku aplikaciju bio je primoran prihvatiti sve permise koje su bile sadržane u njoj.

Nakon objavljivanja verzije Android 6.0 korisnik ima prava izbora koje će permise dozvoliti aplikaciji a koje ne. Naravno, neprihvatanje određene permise će rezultovati zabranom obavljanja određenih funkcionalnosti. U konkretnom primeru neprihvatanje permisa neće dozvoliti korisniku korišćenje aplikacije jer je čitanje i upis fajlova na eksternoj memoriji primarni deo algoritma. [20]

### 3. PROVERA ISPRAVNOSTI ALGORITMA I TESTIRANJE SOFTVERA

Ključ dobrog bežičnog umrežavanja je pravilno planiranje, što zahteva definisanje niza ciljeva. Definisanje minimalne jačine signala je gotovo uvek sastavni deo toga. Željena jačina signala varira od mnogih faktora poput interferencije u okolini, broja klijenata na mreži, željena brzina prenosa, svrha aplikacije i sl. Definisanje jačine signala je dosta složeno. Najtačniji način merenja jeste izraziti jačinu signala u mili vatima - mW međutim ovakvim pristupom kao rezultat se dobija veliki niz decimala. Na primer -40 dBm iznosi 0.0001mW. Broj nula se povećava padom jačina signala. S toga se sve češće pribegava merenju jačine signala u decibelima u odnosu na mili vat.

Standard za razvoj aplikacija poput razmene elektronske pošte definiše da je dovoljno obezbediti jačinu signala od -70 dBm, za aplikacije poput audio poziva i prenosa video sadržaja potrebno je obezbediti -67 dBm ali je poželjno obezbediti -65 dBm ukoliko se to realizuje putem mobilnih telefona pod operativnim sistemima Android i iOS. Sve vrednosti date su u Tabeli 1 [23].

Tabela 1 - poželjne jačine signala za određene namene

Jačina signala	Opis
-30dBm	Preporučena jačina signala za sve namene
-67dBm	Minimalna jačina signala za aplikacije koje zahtevaju pouzdanu i vremenski tačnu dostavu paketa, kao što je audio i video prenos
-70dBm	Minimalna jačina signala za pouzdanu dostavu paketa, kao što je razmena elektronske pošte i pretraživanje veba
-80dBm	Minimalna jačina za osnovno povezivanje
-90dBm	Mogućnost za funkcionisanje aplikacija je izuzetno mala

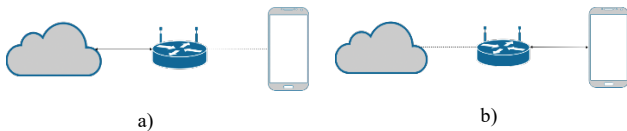
S povećanjem udaljenosti jačina signala opada, ali najveći problem predstavljaju fizičke prepreke između ova dva entiteta [10]. U idealnim uslovima pri optičkoj vidljivosti distanca između mobilnog uređaja i pristupne tačke može iznositi i do par kilometara međutim to u praksi nije baš tako. Kako se radi o mobilnim uređajima teško je uvek postići optičku vidljivost sa pristupnom tačkom.

Da li će doći do prekida komunikacije zavisi ne samo od udaljenosti mobilnog uređaja od pristupne tačke i da li postoji neki predmet između ova dva uređaja već zavisi i od fizičkih svojstava samog predmeta koji predstavlja prepreku. Takođe mogu uticati i smetnji koje izazivaju mikrotalasne rene, bežični telefoni i blutut (engl. *Bluetooth*) uređaji.

Nakon ispravnog podešavanja Mikrotik uređaja u režimu rada AP, povezivanjem Android mobilnog uređaja na isti, može se pristupiti testiranju softvera. Testiranje se zasniva na simulaciji realnih dešavanja poput prekida

komunikacije između mobilnog uređaja i pristupne tačke i prekida komunikacije između pristupne tačke i Interneta.

Prvi vid testiranja se odnosi na prekid komunikacije između pristupne tačke i mobilnog uređaja (Slika 2a).



**Slika 2.** Prekid komunikacije: a) između pristupne tačke i uređaja, b) između Interneta i pristupne tačke

Pokretanjem aplikacije započinje se preuzimanje sadržaja. Ukoliko u jednom trenutku se isključi wlan1 interfejs i time isključi mreža na kojoj je povezan mobilni uređaj, sam uređaj će obustaviti preuzimanje sadržaja i zatvoriti konekciju. Tom prilikom će emitovati izuzetak (engl. *Exception*) `java.net.SocketException`:

```
10-04 19:30:27.447 30554-3553/
com.lazarpesic.mobiledevelopment.md5test V/test:
java.net.SocketException: Software caused connection abort
```

Razvijeni algoritam će u ovom slučaju kreirati MD5 hash preuzetog fajla i uporediti ga sa MD5 hash vrednoću dobijene od servera. Kako se fajl nije preuzeo u potpunosti ove vrednosti neće biti podudarne, po algoritmu softver briše ovaj fajl i započinje ponovno preuzimanje istog.

Drugi vid testiranja se odnosi na prekid komunikacije između interneta i pristupne tačke (Slika 2b).

Ponovnim pokretanjem aplikacije započinje se preuzimanje sadržaja. U određenom trenutku je potrebno isključiti interfejs na kome je pristupna tačka povezana sa Internetom – *ether1*. Telefon u ovom slučaju ostaje povezan sa pristupnom tačkom ali nema dolaznog saobraćaja i mogućnosti preuzimanja fajlova. Internet saobraćaj je prekinut.

Ukoliko se *ether1* interfejs isključi na 2 sekunde a zatim ponovo uključi aplikacija ne nastavlja preuzimanje. Aplikacija ostaje zamrznuta u while petlji pokušavajući da završi preuzimanje fajla.

```
byte data[] = new byte[8192];
int read;
while ((read = input.read(data)) > 0) {
    output.write(data, 0, read);
}
```

Vrednost promenljive *read* prikazan u konzoli:

```
10-06 22:44:44.974 32066-
32092/lazarpesic.mobiledevelopment.demoapp E/.....: 1282
10-06 22:44:44.975 32066-
32092/lazarpesic.mobiledevelopment.demoapp E/.....: 1448
10-06 22:44:44.976 32066-
32092/lazarpesic.mobiledevelopment.demoapp E/.....: 1443
10-06 22:44:44.978 32066-
32092/lazarpesic.mobiledevelopment.demoapp E/.....: 1448
10-06 22:44:44.979 32066-
32092/lazarpesic.mobiledevelopment.demoapp E/.....: 1448
10-06 22:44:44.981 32066-
32092/lazarpesic.mobiledevelopment.demoapp E/.....: 1022
```

```
10-06 22:44:44.982 32066-
32092/lazarpesic.mobiledevelopment.demoapp E/.....: 418
10-06 22:44:44.984 32066-
32092/lazarpesic.mobiledevelopment.demoapp E/.....: 1448
```

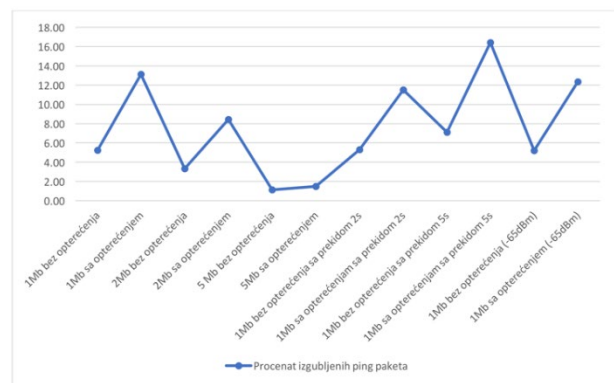
Kako je predefinisano u algoritmu čekanje na ostvarenje ponovne komunikacije, nakon isteka tog perioda softver zatvara konekciju i ponavlja se postupak provere MD5 hash-a kao kod prvog testiranja.

Bez obzira na emitovane izuzetke aplikacija je iznova i iznova pokušavala preuzeti sve podatke što je na kraju i uspešno obavila.

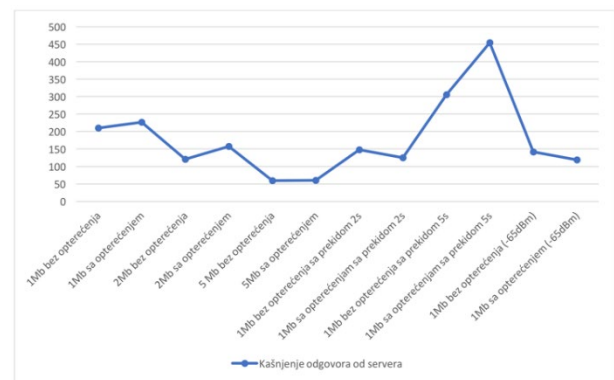
#### 4. DEFINISANJE MINIMALNIH I PREPORUČENIH ZAHTEVA ZA ISPRAVNO FUNKCIONISANJE

U nastavku su prikazani rezultati merenja koji su iskorišćeni za definisanje minimalnih i preporučenih zahteva za ispravno funkcionisanje aplikacije. Veličina sadržaja koja se prenosi iznosi 38.45MB, dok je izmerena jačina WiFi signala na uređaju približno -30dBm (izmerena na udaljenosti mobilnog uređaja od pristupne tačke od 1 metar). Kada je reč o opterećenju iskorišćen je veb portal YouTube koji je služio za reprodukciju video materijala u toku preuzimanja.

Na grafikonu 1. su prikazani rezultati merenja trajanja preuzimanja zavisno od brzine i opterećenja iskazana u minutima. S povećanjem brzine i smanjenjem opterećenja na mreži, prikazana aplikacija će za kraće vreme preuzeti neophodan sadržaj za reprodukciju.



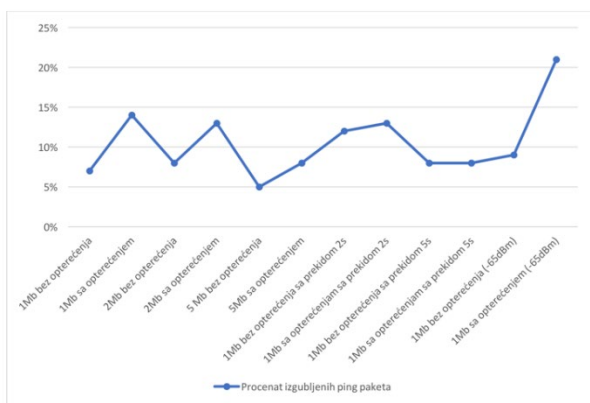
**Grafikon 1.** Rezultati merenja vremena potrebnog za preuzimanje sadržaja prikazani u minutima



**Grafikon 2** Rezultati merenja kašnjenja od servera prikazani u mili sekundama

Sa grafikona 2. se mogu videti rezultati merenja kašnjenja od servera izraženog u mili sekundama. S povećanjem brzine kašnjenja su bila sve manja i manja. Onog trenutka kada su započeta testiranja sa prekidima kašnjenja beleže veliki skok čak i preko 450ms.

Na grafikonu 3. prikazani su rezultati merenja izgubljenih PING paketa izraženih u procentima. Opterećenjem mreže automatski opada i propusni opseg koristan za prikazanu aplikaciju i povećava se broj odbačenih paketa. Međutim sa grafikona se takođe može videti da i pored povećanja opterećenja na mreži veliku ulogu ima i jačina signala. U poslednjem testiranju pri brzini od 1Mbps sa dodatnim opterećenjem i pri jačini signala od oko -65dBm procenat odbačenih paketa je iznosio više od 20%.



**Grafikon 3.** Rezultati merenja izgubljenih PING paketa prikazani u procentima

## ZAKLJUČAK

U cilju realizacije pouzdane aplikacije koja će preuzimati fajlove sa udaljenog servera bez obzira na kvalitet Internet konekcije razvijen je poseban algoritam koji proverava integritet fajlova i vrši uspešno preuzimanje. Da bi simulirali različite performanse bežične Internet konekcije korišćen je mikrotik ruter.

Ispravnost i pouzdanost algoritma je testirana kako bi se izvršila njegova provera.

Na osnovu dosadašnjih testova može se zaključiti da minimalna brzina za rad aplikacije razvijene po predstavljenom algoritmu iznosi 1Mbps dok se za preporučenu brzinu može uzeti brzina od 5Mbps i više. Testiranjem je ustanovljeno da je predstavljeni algoritam ispravan i da sama aplikacija bez problema nastavlja sa radom bez obzira na prekide nastale u radu aktivnog mrežnog uređaja.

## LITERATURA

- [1] L. Pešić, "Android Design Support biblioteke u postupku dizajniranja web stranica", završni rad, 2015.
- [2] Razlika 3G i 4G mreže, [http://www.diffen.com/difference/3G\\_vs\\_4G](http://www.diffen.com/difference/3G_vs_4G), septembar 2017.
- [3] N. Stojanović, "Mobilna telefonija četvrte generacije LTE", specijalistički rad, 2013
- [4] W. M. Lee, Android 4 Application Development, John Wiley & Sons, Inc., 2012.
- [5] R. Boyer i K. Mew, Android Application Development Cookbook, Packt Publishing 2015.
- [6] Mikrotik uređaj, <https://mikrotik.com/product/RB941-2nD-TC>
- [7] JSON dokumentacija, <http://www.json.org/json-sr.html>, septembar 2017.
- [8] N. Elenkov, Android Security Internals, No Starch Press Inc., 2015.
- [9] Korisničke permise, <https://developer.android.com/guide/topics/manifest/uses-permission-element.html>, septembar 2017.
- [10] V. Stanković, "Uticaj interference preklapanjem kanala na protok podataka u bežičnim lokalnim mrežama", specijalistički rad, 2013.
- [11] Jačina WiFi signala, <https://support.metageek.com/hc/en-us/articles/201955754-Understanding-WiFi-Signal-Strength>, oktobar 2017.

# LoRa IoT MREŽA TELEKOMA SRBIJA U FUNKCIJI ZAŠTITE INFRASTRUKTURE

## TELEKOM SRBIJA LoRa IoT NETWORK USAGE FOR INFRASTRUCTURE PROTECTION

Nada Petrović

Telekom Srbija

**Sadržaj** – Analiza potreba zbog kojih se telekomunikacioni operateri odlučuju za uvođenje LPWAN (LowPowerWideAreaNetwork) IoT (Internet of Things) mreža. Obrazloženje opredeljenja najznačajnijeg telekomunikacionog operatera u Srbiji, „Telekom Srbija“ za LoRa (LongRange) pristupnu tehnologiju u domenu LPWAN. Opis arhitekture nove mrežne tehnologije i njenih komponenata: baznih stanica (LoRa gejteveja sa softverom za LongRangeRelay funkcionalnost) i kor platforme (LoRa mrežnog servera sa LongRangeController funkcionalnošću). Upotreba implementirane mrežne tehnologije za razvoj rešenja za zaštitu kablovske infrastrukture, ugradnjom uređaja ispod metalnih poklopaca na pločnicima. Opis senzorskih uređaja i aplikativne podrške za podatke sa preko 30.000 uređaja.

**Abstract** – Analysis of drivers for telecommunication operators to implement LPWAN (LowPowerWideAreaNetwork) IoT (Internet of Things) networks. Explanation of motivation for the most important telecommunication operator in Serbia to choose LoRa (LongRange) access technology for LPWAN domain. Description of new network technology architecture and its components: base stations (LoRa gateways with software for LongRangeRelay functionality) and core platform (LoRa network server with LongRangeController functionality). Usage of implemented network technology for development of the solution for cable infrastructure protection, by installation of devices under iron covers on pavements. Description of sensor devices, as well as applicative support for data from over 30.000 devices.

### 1. UVOD

Potrebe korisnika za masovnim povezivanjem uređaja sa autonomnim napajanjem, na velikim rastojanjima od baznih stanica, koji šalju podatke sa senzora, uslovlila je telekomunikacione provajdere da implementiraju LPWA (Low Power Wide Area) mreže. Telekom Srbija se prilikom odabira rešenja za implementaciju LPWA mreže opredelio za LoRaWAN™ rešenje, prema specifikaciji udruženja LoRa Alliance, koje čine mnoge kompanije i operateri, kao što su: IBM, Cisco, HP, Foxconn, Semtech, Sagemcom, Schneider, Bosch i Bouygues. Rešenje podrazumeva mrežu baznih stanica - gejteveja (LoRa gateways), koji komuniciraju sa krajnjim uređajima po LoRa protokolu i sa mrežnim serverom (LoRa Network Server) po IP protokolu. Komunikacija krajnjih uređaja sa

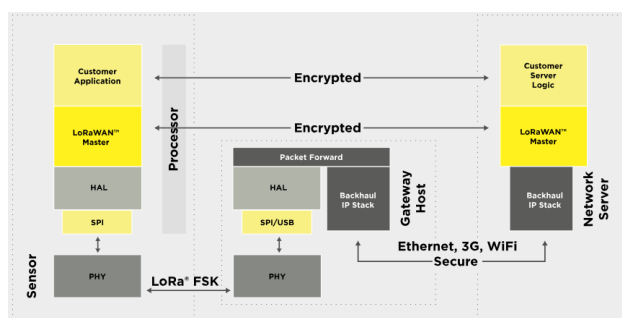
baznim stanicama odvija se u ISM ne-licenciranom opsegu na nosećoj frekvenciji od 868MHz.

Prvi korisnik IoT mreže Telekoma Srbija zasnovanoj na LoRa pristupu je aplikacija za nadzor telekomunikacionih okana, koja je zajedno sa krajnjim uređajima osmišljena za potrebe kontrole pristupa kablovskoj infrastrukturi Telekoma Srbija.

### 2. KARAKTERISTIKE LORA TEHNOLOGIJE

LoRaWAN mrežna arhitektura je u topologiji zvezda (star-of-stars), u kojoj bazne stanice prenose poruke između krajnjih uređaja i centralnog mrežnog servera. Bazne stanice se povezuju sa mrežnim serverom standardnim IP vezama i imaju ulogu transparentnog bridža, koji konvertuje RF (radio frequency) pakete u IP pakete i obrnuto.<sup>[1]</sup> Na fizičkom nivou, krajnji uređaj uspostavlja „single-hop“ link sa jednim ili više pristupnih uređaja. Svi elementi su u stanju da ostvare bi-direkcionu komunikaciju.

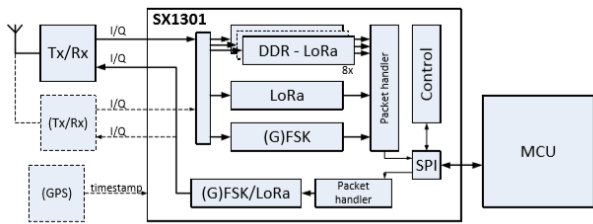
Elementi mreže i protokoli su prikazani na slici:



Slika 1. Šema LoRaWAN mreže

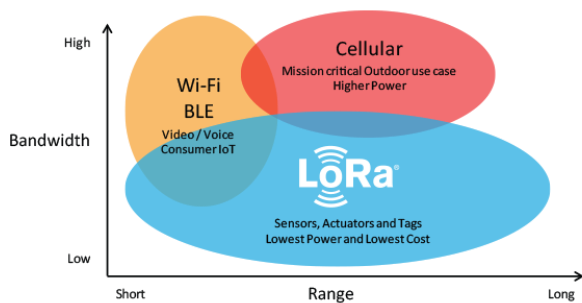
Najznačajniji proizvođač LoRa radio modula je kompanija Semtech. Njen SX1301 digital baseband chip se nalazi u baznim stanicama implementiranim u mreži Telekoma Srbija i dizajniran je da bude podesiv za različite frekvencije ISM opsega širom sveta.<sup>[2]</sup>





Slika 2. Arhitektura Semtech SX1301 mikro-čipa

LoRa, kao tehnologija otvorenog izvornog koda, pokazala se kao najbolji izbor za veliki broj IoT aplikacija. Na grafikonu na slici 3 je prikazan njen položaj u odnosu na ostale IoT pristupne tehnologije, u zavisnosti od zahtevanog protoka i rastojanjima od baznih stanica:



Slika 3. Primene LoRa tehnologije u IoT industriji

Osnovne prednosti primene su:

- Prostriranje signala do 50km sa optičkom vidljivošću
- Odlično „indoor“ pokrivanje teško dostupnih zona
- Bidirekcionni komunikacioni link sa adaptivnim brzinama prenosa podataka
- Životni vek baterije do 20 godina, zahvaljujući potrošnji od 100nA u *sleep* i 4.6mA u režimu aktivnog prijema podataka
- Veliki kapacitet baznih stanica za milione poruka

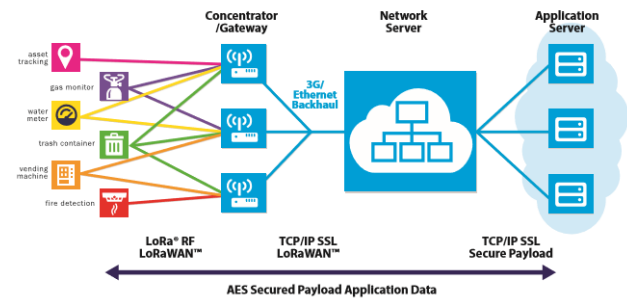
Pregled karakteristika Semtech čipova za senzorske uređaje, dat je u tabeli:

LoRa Products							
Part Number	Frequency Range (MHz)	Link Budget (dB)	IO Current (mA)	FSK Max DR (kbits)	LoRa DR (kbits)	Max. Sensitivity (dBm)	TX Power (dBm)
SX1261	150-960	163	4.6	300	0.018-62.5	-148	+15
SX1262	150-960	170	4.6	300	0.018-62.5	-148	+22
SX1268	410-810	170	4.6	300	0.018-62.5	-148	+20
SX1272	862-1020	158	10	300	0.3-40	-138	+20
SX1273	862-1020	150	10	300	1.7-40	-130	+20
SX1276	137-1020	168	11	300	0.018-40	-148	+20
SX1277	137-1020	158	11	300	1.7-40	-138	+20
SX1278	137-525	168	11	300	0.018-40	-148	+20
SX1279	137-960	168	11	300	0.018-40	-148	+20

Slika 4. Karakteristike Semtech LoRa mikro čipova za uređaje

Mrežni server ima ulogu da odstrani duplirane podatke, koji su sa krajnjih uređaja poslani preko više baznih stanica, kao i da upravlja radio resursima baznih stanica. Takođe, njegova uloga je i da u zavisnosti od aplikacije na krajnjim

uređajima prosledi podatke odgovarajućem aplikativnom serveru.



Slika 5. Šema prenosa podataka sa kraja na kraj<sup>[2]</sup>

Podaci sa aplikativnog servera se dalje koriste za preduzimanje određene aktivnosti i prikupljaju se u *data-lakes* u cilju dalje obrade za masovnu primenu.

### 3. REŠENJE ZA ZAŠTITU KABLOVSKE INFRASTRUKTURE

Problem ulaska neovlašćenih lica u zonu kablovske kanalizacije, Telekom Srbija je prepoznao kao zadatak za aplikaciju, koja će da se oslanja na implementiranu LPWA mrežu. Kao najveći izazov, za početak implementacije je odabrana urbana zona grada Beograda. Zadatak je bio da se čitav grad pokrije LoRa signalom, tako da senzorski uređaji smešteni ispod površine gvozdrenih poklopaca na TT oknima kablovske kanalizacije uspeju da ostvare zadovoljavajući nivo komunikacije sa baznim stanicama. Regulatorno ograničenje za maksimalni dozvoljen nivo snage signala je 25mW.

Razvoj **senzorskih uređaja** i aplikacije za upravljanje uređajima i ulascima je povereno domaćoj kompaniji. Testirano je više prototipova sa različitim mikro čipovima, antenama i senzorima. Testiranjem je utvrđeno da je najbolje karakteristike pokazao uređaj trouglastog preseka kao na slici 6, koji se ugrađuje u ugao „vrata“ okna:



Slika 6. Senzorski uređaj ugrađen u okna

Uređaj se napaja baterijom nominalnog napona 3,6V, strujnog kapaciteta 9Ah, što mu za integrisane senzore i očekivani način rada omogućava životni vek od 10 godina. U okviru uređaja se nalazi 6 senzora. Četiri senzora se koriste za slanje podataka o događajima, dok dva mere ambijentalne uslove u unutrašnjosti samog uređaja i zajedno sa detektorom nivoa napona baterije predstavljaju

indikatore zdravlja uređaja. Uređaji poseduju logiku na osnovu koje šalju podatke do aplikativnog servera. Definisani su intervali u okviru kojih se šalju podaci o zdravlju uređaja, kao i okidači u zavisnosti od izmerenih vrednosti na sensorima. U toku testiranja se pokazalo da prostiranje signala u velikoj meri zavisi od tipa i geometrije ugrađene antene, pa je za posebno dizajnirana antena za potrebe projekta. Uređaji pripadaju klasi „A“ LoRa senzorskih uređaja, što prema specifikaciji znači da je mrežni server u mogućnosti da šalje *downlink* frejmove tek nakon što se uređaj javi serveru.

Podaci se sa uređaja preko baznih stanica šalju do **mrežnog servera**. U mreži je implementiran *Think Park Wireless* mrežni server francuske kompanije *Actility*, u funkciji LoRa IoT platforme za upravljanje baznim stanicama i krajnjim uređajima i komunikaciju sa aplikativnim serverima. Platforma se sastoji od 2 modula:

- *Core network* za prikupljanje *uplink* frejmova sa LPWAN uređaja i njihovo slanje preko baznih stanica (*LRR* modul) do IoT mrežnog kontrolera (*LRC back end* modul), kao i prenos *downlink* frejmova u suprotnom smeru.
- *OSS – Operation Support System* za upravljanje i nadzor baznim stanicama i krajnjim uređajima. Ova komponenta je zadužena i za generisanje i upravljanje alarmima sa krajnjih uređaja i baznih stanica.

Platforma sadrži sigurnosnu šemu, kojom se obezbeđuje bezbedna komunikacija sa krajnjim uređajima. Svaki uređaj poseduje jedinstveni identifikator, *DevEUI*, kao i identifikator aplikativnog servera sa kojim komunicira preko mrežnog servera, *AppEUI*.

Bazne stanice su sa mrežnim serverom povezane IPSec protokolom.

Preko *RestAPI* servisa na *core* mrežu IoT platforme povezuje se aplikativni server sa bazom podataka za prikupljanje i čuvanje podataka sa senzorskih uređaja.

*Uplink* poruka se prenosi preko više baznih stanica (*LongRangeRelay*) kada se uređaj nalazi u zoni koju pokriva više baznih stanica. Svaka od njih će proslediti paket mrežnom serveru (*LongRangeController*), koji će adresu poruke konvertovati u EUI164 format i zatim obaviti *security check*, deduplicirati poruke i formirati podatak. Nakon toga će se evidentirati poruka na serveru i proslediti dalje odgovarajućem aplikativnom serveru. Tok se završava tako što LRC obavlja *ADR (AdaptiveDataRate)* proveru, da bi ustanovio da li treba da se pošalje *downlink* poruka (na primer za Class A profil uređaja). Ukoliko se ustanovi da treba, LRC će odabrati najadekvatniju baznu stanicu (*LRR*), izračunati u kom frejmu predajnik treba da pošalje paket krajnjem uređaju i

poslati ga. LRC takođe upravlja *Duty Cycle* mehanizmom u *up*-linku i šalje obaveštenja aplikativnom serveru.

**Aplikativni server** za nadzor kablovske infrastrukture je zadužen za obradu podataka prikupljenih sa uređaja, kao i za generisanje alarmnih situacija krajnjim korisnicima aplikacije. Aplikacija sadrži više funkcionalnih blokova:

- Pregled svih okana TT kanalizacije sa statusom koji je dobijen propuštanjem podataka sa uređaja kroz posebno definisan algoritam
- Istorijski pregled pristiglih poruka sa svakog pojedinačnog uređaja
- Modul za podešavanje pragova osetljivosti na sensorima za svaki pojedinačni uređaj
- Pregled liste alarmiranih događaja, koji su svrstani u tri kategorije
- Pregled statusa alarmnog događaja
- Modul za unošenje najava redovnih aktivnosti u oknu

ID	Ime	Status	Adresa	Datum
0004_001	0004_001	OK	0004_001	2023-01-01
0004_002	0004_002	Warning	0004_002	2023-01-01
0004_003	0004_003	Warning	0004_003	2023-01-01
0004_004	0004_004	Warning	0004_004	2023-01-01
0004_005	0004_005	Warning	0004_005	2023-01-01
0004_006	0004_006	Warning	0004_006	2023-01-01
0004_007	0004_007	Warning	0004_007	2023-01-01
0004_008	0004_008	Warning	0004_008	2023-01-01
0004_009	0004_009	Warning	0004_009	2023-01-01
0004_010	0004_010	Warning	0004_010	2023-01-01

Slika 7. Pregled statusa okana kanalizacije

Krajnji cilj aplikacije je pre svega da se generišu alarmi kategorije „kritičan“ u slučaju detekcije neautorizovanog ulaska u okno. Pošto se u oknima obavljaju i redovne aktivnosti, radnici na terenu ili dispečeri obeležavaju okna na kojima će se obavljati aktivnosti u toku radova. Na taj način se izbegava generisanje alarma. Jedinstvenom kombinacijom poruka pristiglih sa uređaja i podataka o prethodnom statusu, dobija se alarm o kritičnoj situaciji koja zahteva izlazak fizičkog obezbeđenja na teren. Pored ovih, generišu se i alarmi koji ukazuju da na određenim lokacijama treba obratiti pažnju, pošto postoje određene aktivnosti, koje mogu da ukažu na zloupotrebu. Najnižu kategoriju alarma uzrokuju događaji koji ukazuju na nepravilan rad uređaja, kritične uslove u samoj unutrašnjosti uređaja, vlagu, nizak napon baterije, nezadovoljavajući nivo signala i sl. Kroz aplikaciju je moguće da se izmeni status okna, reši alarm ili unese posebna napomena. Svako okno je određeno svojom adresom i ID-jem ugrađenog uređaja. Istorijski podaci o alarmnim događajima, zaposlenima koji su najavljivali radove i rešavali alarme, kao i eventualnim nepravilnostima u radu se čuvaju u bazi.

#### 4. ZAKLJUČAK

Telekom Srbija je pored implementacije svog *end-to-end* rešenja za kontrolu kablovske kanalizacije, obezbedio i infrastrukturu za masovno povezivanje IoT uređaja. LoRa, kao tehnologija malih protoka, koja ne zahteva kupovinu licenci za frekvencije, sa dostupnim širokim portfolioom mikro-čipova, pokazala se kao odlična za rešenja koja zahtevaju pokrivanje signalom velikog broja uređaja u teško pristupačnim delovima, dug životni vek i relativno nisku cenu uređaja.

## **LITERATURA**

- [1] LoRaWAN™ 1.1 Specification, LoRa Alliance,
- [2] Semtech Corporation, „SX1301 Datasheet“ ,

# TARIFIRANJE IOT SERVISA U ZAVISNOSTI OD KORISNIČKIH FUNKCIJA DOBITI

## PRICING IOT SERVICES BASED ON USERS UTILITY FUNCTIONS

Vesna Radonjić Đogatović, Marko Đogatović  
*Univerzitet u Beogradu - Saobraćajni fakultet*

**Sadržaj** – Za provajdere IoT (Internet of Things) servisa značajno je poznavanje tarifnih pristupa i razumevanje korisničkog ponašanja i odgovarajućih funkcija dobiti. U ovom radu su razmatrane mogućnosti formiranja prihoda na osnovu korisničkih funkcija dobiti, koje uzimaju u obzir ne samo cenu i kvalitet servisa obezbeđen od strane provajdera, već i subjektivnu procenu korisnika. Analiza je urađena za slučaj primene dve tarifne opcije: fiksne tarife u određenom vremenskom periodu i tarife koja direktno reflektuje korišćenje servisa.

**Abstract** - For Internet of Things (IoT) service providers, it is important to understand pricing approaches as well as users' behavior and corresponding utility functions. In this paper the possibilities of generating revenue based on user utility functions are considered, which take into account not only the price and quality of services provided by the provider, but also the subjective assessment of the users. The analysis was done for two pricing options: flat pricing and pay per use.

### 1. UVOD

Internet stvari (*Internet of Things*, IoT) predstavlja globalnu infrastrukturu koja omogućava realizaciju unapređenih servisa pomoću međusobnog fizičkog i virtuelnog povezivanja objekata, ljudi, sistema i informacionih resursa na osnovu interoperabilnih informacionih i komunikacionih tehnologija [1]. IoT se odnosi na komunikaciju koja je nezavisna od:

- objekata, računara i ljudi,
- vremena (komunikacija je moguća u svako doba dana i noći) i
- mesta (povezivanje je moguće u zatvorenim prostorijama, na otvorenom itd).

U procesu obezbeđivanja IoT servisa može učestvovati više entiteta, kao što su: provajder mreže, provajder platforme, provajder uređaja i provajder servisa [2]. Iz perspektive provajdera IoT servisa od izuzetnog značaja je izbor odgovarajućeg tarifnog modela i definisanje svih faktora koji utiču na prihod uz istovremeno zadovoljavanje korisničkih zahteva.

Razumevanje IoT-a iz perspektive korisnika servisa predstavlja poseban izazov za provajdera servisa iz sledećih razloga:

- zahtevi korisnika se stalno menjaju;
- upotreba novih uređaja je u rapidnom porastu;

- formiranje i integracija neophodnih funkcionalnosti predstavljaju skupe procese, koji zahtevaju dosta vremena i resursa;
- korišćenje tehnologije, na kojoj se zasniva IoT, u konstantnom je porastu i doživljava česte promene (često u nedovoljno istraženim oblastima).

Na poverenje korisnika utiče svaki od prethodno navedenih izazova, što može biti prepreka ostvarivanju punog potencijala primene IoT tehnologije. Korisnici treba da budu upoznati sa osnovnim merama bezbednosti korišćenja IoT uređaja, koji će im pomoći u zaštiti privatnosti (najjednostavniji primer za to je mogućnost promene podrazumevanih lozinki na IoT uređajima).

Jedan od važnih zadataka provajdera IoT servisa je obezbeđivanje servisa odgovarajućeg nivoa kvaliteta (*Quality of Service*, QoS) koji će ispuniti zahteve korisnika i samim tim opravdati njihovo poverenje u provajdera servisa. Koncepti kvaliteta servisa su izuzetno značajni radi obezbeđivanja adekvatne podrške velikom broju servisa i aplikacija. Iako QoS obezbeđuje važan okvir za provajdera servisa, ne reflektuje uvek zadovoljstvo korisnika. Zbog toga je potrebno razmotriti i iskustvo korisnika, kao i poslovne indikatore. Kao značajan koncept kvaliteta se izdvaja iskustveni kvalitet QoE (*Quality of Experience*, QoE), koji uzima u obzir zadovoljstvo korisnika tehnologijom, subjektivnu evaluaciju, kao i stepen ispunjenja očekivanja korisnika [3].

Provajderi servisa se trude da obezbede zahtevani QoS svojim korisnicima, sa ciljem ostvarivanja što većih prihoda. Korisnike treba ohrabriti da izaberu servis koji odgovara njihovim zahtevima na adekvatan način, što se može najefikasnije postići kroz tarifiranje [4]. Očekuje se da će konkurencija primorati provajdere servisa da brzo kreiraju i usvoje različite tarifne koncepte da bi postigli ravnotežu između ispunjenja zahteva korisnika i povećanja sopstvenih prihoda. Cilj ovog rada je određivanje uticajnih faktora na prihod provajdera servisa i mogućnosti maksimiziranja prihoda u zavisnosti od kvaliteta servisa i korisničkih funkcija dobiti.

Rad je koncipiran na sledeći način. Nakon uvoda, u drugom poglavlju je dat pregled pristupa za tarifiranje IoT servisa. U trećem poglavlju je objašnjen postupak modelovanja korisničke funkcije dobiti i na osnovu toga, prihoda provajdera IoT servisa. U četvrtom poglavlju je prikazana analiza rezultata. Zaključna razmatranja i budući pravci razvoja dati su u petom poglavlju.

## 2. TARIFIRANJE IOT SERVISA

Tarifiranje se koristi kao ekonomski mehanizam čiji cilj nije samo maksimiziranje prihoda, već i efikasna alokacija resursa, na primer, *cloud* resursa [5], resursa u bežičnim mrežama [6] i IoT [7]. Senzori u IoT mrežama ne izvršavaju samo funkcije prikupljanja podataka iz okruženja, već takođe donose optimalne odluke vezane za korišćenje resursa vezanih za određeni IoT servis. U tom smislu se izdvaja, kao veoma značajan zadatak, efikasno upravljanje IoT sensorima. Često je neophodno razvijati nove pristupe, koji bi sa većom efikašnošću i fleksibilnošću omogućili prilagođavanje dinamičkim IoT mrežama.

Pored klasičnih pristupa baziranih na optimizaciji, pristupi koji se zasnivaju na tarifiranju pružaju sledeće prednosti:

- Primarni i najvažniji cilj tarifnih pristupa je pružanje osnove za maksimiziranje prihoda.
- Komponente IoT-a imaju različite zadatke i ograničenja zbog toga što pripadaju različitim entitetima, kao što su: vlasnik senzora, provajder resursa, operatori centra za podatke itd. Tarifni pristupi se koriste da odrede optimalne interakcije između različitih entiteta koji teže maksimiziranju svoje dobiti.
- IoT je usvojio nove paradigme opažanja kako bi se prikupljali podaci sa pametnih prenosivih uređaja. Tarifni pristupi mogu biti značajni za pridobijanje korisnika koji će učestvovati u dostavljanju i razmeni podataka, čime se ostvaruje bolja preciznost i veća pokrivenost dobijenih rezultata.
- Primenom pristupa zasnovanih na tarifiranju može se garantovati kompromis između korišćenja resursa mreže i isporuke podataka zahtevanog kvaliteta sensorima. Takođe, tarifni pristupi mogu da eliminišu potrebu za redundantnošću podataka bez kompleksnih proračuna.

Za tarifiranje IoT servisa predlažu se različiti pristupi. U nastavku rada su objašnjeni tarifni pristupi koji se zasnivaju na ekonomskim konceptima: tarifiranje bazirano na troškovima, tarifiranje bazirano na percepciji korisnika, model ponude i tražnje, *smart data pricing* i opciono tarifiranje.

Tarifiranje bazirano na troškovima podrazumeva određivanje ukupnih troškova obezbeđivanja servisa i dodavanje procenta troškova kao željeni prihod, odnosno profit. Ukupni troškovi obično se sastoje iz fiksnih i varijabilnih troškova. Na primer, da bi se odredile cene podataka sa senzora uzimaju se u obzir:

- fiksni troškovi od kojih su najznačajniji troškovi infrastrukture i resursa (na primer, troškovi potrošnje energije i troškovi proračuna) i
- varijabilni troškovi koji se sastoje od troškova isporuke podataka i troškova rada.

Glavna prednost tarifiranja zasnovanog na troškovima je jednostavnost jer ovaj pristup zahteva samo interne troškove za podešavanje i prilagođavanje cene. Međutim, nedostatak ovog pristupa je to što ne uzima u obzir

spoljne tržišne faktore kao što su konkurencija, tražnja i odgovor korisnika na promene cena.

Tarifiranje bazirano na percepciji korisnika ima za cilj da prevaziđe nedostatke tarifiranja zasnovanog na troškovima. Da bi ostvario dugoročnu prednost nad konkurencijom i maksimizirao svoj prihod, provajder IoT servisa formira tarifu uzimajući u obzir novčanu vrednost koja odgovara spremnosti korisnika da plati za korišćenje servisa. Određivanju tarife prethodi identifikacija skupa vrednosti koje predstavljaju korisničku percepciju vrednovanja servisa i provajdera servisa, što nije jednostavan zadatak. S obzirom da za korisnika percipirana vrednost predstavlja kompromis između opažene dobiti i cene servisa, provajderi servisa treba da, na osnovu razumevanja korisničke percepcije, reše optimizacioni problem kojim se maksimizira njihov prihod uz istovremeno maksimiziranje percipirane vrednosti servisa sa aspekta korisnika. Na IoT tržištu, tarifiranje bazirano na percepciji korisnika može biti korisno i efikasno za procenu tražnje za servisima, kao i za procenu spremnosti korisnika da plate korišćenje servisa. Ovaj pristup se takođe može primeniti za maksimiziranje profita provajdera informacionih sadržaja ISP (*Information Service Provider*) na osnovu varijacije percepcije vrednosti informacija od strane različitih korisnika.

Za razliku od tarifiranja baziranog na percepciji korisnika, model ponude i tražnje uzima u obzir konkurenciju na tržištu. Ponuda i tražnja su delovi ekonomskog modela u kojem se odnosi između ova dva faktora mogu koristiti za formiranje tarife servisa na tržištu. Provajderi mogu menjati cene i kvalitet servisa, dok korisnici mogu menjati svoje zahteve i provajdere servisa. Sve to utiče na promene odnosa ponude i tražnje. Ponašanje korisnika i provajdera može se iskoristiti za određivanje jedinstvenog rešenja koje se naziva tržišni ekvilibrijum. Tržišni ekvilibrijum određuje konkurentnu cenu i podrazumeva da je ponašanje provajdera i korisnika konzistentno jer nijedna strana nema interes da promeni svoju poziciju (provajder nema interes da promeni cenu, a korisnik nema interes da promeni tražnju za servisom). Takođe, ovaj pristup može da utiče na uravnoteženo korišćenje i optimalnu alokaciju mrežnih resursa i podataka sa senzora u multimedijalnim senzorskim mrežama. Međutim, model ponude i tražnje se uglavnom koristi u sprezi sa drugim pristupima, kako bi provajder IoT servisa ostvario postavljene finansijske ciljeve (na primer, maksimiziranje profita) i održao odgovarajuću poziciju na tržištu u dužem vremenskom periodu.

Da bi se sprečilo preopterećenje mrežnih resursa, koje dovodi do zagušenja u mreži, predlaže se primena *smart data pricing* koncepta. Ovaj koncept obuhvata nekoliko različitih pristupa, kao što su: naplata korišćenja resursa u zavisnosti od perioda korišćenja, formiranje tarifa na osnovu lokacije ili nivoa aktivnosti korisnika i drugi pristupi čiji je osnovni cilj upravljanje korisničkim zahtevima primenom odgovarajućeg načina tarifiranja. Brojna istraživanja u oblasti IoT daju prednost upravo

*smart data pricing* pristupima u odnosu na druge tarifne pristupe [8].

Još jedan pristup koji se primenjuje za tarifiranje IoT servisa, posebno u slučaju poslovnih korisnika, jeste opciono tarifiranje, koje podrazumeva da provajder servisa korisnicima nudi mogućnost izbora između više tarifnih planova, formirajući na taj način specifičnu, tzv. premium tarifu. Na formiranje ove tarife utiču brojni faktori, kao što su: trenutna vrednost ili neizvesnost očekivanih novčanih tokova, vrednost fiksnih troškova, stepen povraćaja investicija bez rizika itd. U slučaju IoT, primena opcione tarife može biti korisna za evaluaciju investiranja u IoT, rezervaciju resursa u M2M (*Machine-to-Machine*) komunikacijama, kao i za raspoređivanje zadataka senzora.

Osim prethodno opisanih tarifnih pristupa, za određivanje tarifa dosta se koriste modeli teorije igara i aukcija. Ovi modeli se pre svega predlažu za rešavanje optimizacionih problema maksimiziranja prihoda i profita i minimiziranja troškova provajdera servisa, uz istovremeno maksimiziranje dobiti korisnika.

### 3. MODELOVANJE TARIFA I KORISNIČKE DOBITI

Vrednost IoT servisa može se značajno razlikovati od strane različitih korisnika i slučaja korišćenja, čak i kada je osnovni tok podataka identičan. Ove razlike utiču na spremnost korisnika da plate servis. Provajderi servisa treba da ispitaju i kvantifikuju svaki slučaj upotrebe IoT servisa kako bi identifikovali i razumeli trenutne i buduće ciljane korisnike, a potom da formiraju cene pojedinačnih servisa.

Uobičajeno je da IoT provajderi koriste jednu od tri tarifne opcije: tarifiranje prema vremenskom periodu korišćenja servisa (*flat pricing*), tarifiranje prema korišćenju (*pay per use*) i tarifiranje prema dobiti koju ostvaruje korisnik (*value sharing*) [9]. Ako se naplata vrši po vremenskom periodu korišćenja servisa, korisnik plaća fiksnu cenu tokom dogovorenog vremenskog perioda, koja može biti nedeljna, mesečna, godišnja itd. Taj period je aktuelni period pretplate i definisan je u okviru sporazuma o nivou servisa (*Service Level Agreement*, SLA) između IoT provajdera i korisnika.

Pretplata (*flat pricing*) podrazumeva fiksnu cenu za korišćenje servisa ili paketa servisa u dužim vremenskim intervalima (mesečno, godišnje i sl.). Pretplatnički model omogućava korisniku da koristi servis sa manjom inicijalnom novčanom obavezom i time manjim rizikom, a za provajdera servisa to znači stalne prihode umesto jednokratnih. Provajder servisa može nuditi dodatne ili unapredene servise po različitim cenama tokom celog životnog ciklusa servisa.

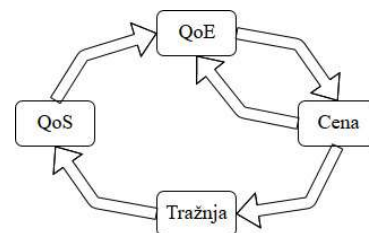
*Pay per use* je tarifna opcija koja podrazumeva naplatu po jedinici potrošnje, prema stvarnoj upotrebi (na primer po MB). U ovom slučaju, ugovaranje se vrši jednokratno, bez potrebe za dugoročnim ugovornim obavezama. Ova

tarifna opcija omogućava da formirane cene u potpunosti odražavaju obim korišćenja servisa.

*Value sharing* podrazumeva određivanje cene na osnovu dobiti za korisnika. Ova tarifna opcija ima za cilj usklađivanje naknade za provajdera servisa sa iznosom vrednosti koju servis generiše za korisnika. Što je veća korisnička dobit od servisa, veća je naknada za provajdera servisa. Ova tarifna opcija se može pojavljivati u različitim oblicima, kao što su: fiksni procenat ili unapred određen iznos u kombinaciji sa procentualnom skalom.

Uopšteno, korisnička dobit odražava relativno zadovoljstvo korisnika korišćenjem određenih servisa. U većini slučajeva se pretpostavlja da je korisnička funkcija dobiti kontinualna, konkavna i monotono rastuća funkcija kvaliteta servisa, kao i da je monotono opadajuća funkcija cene.

Određivanje zadovoljstva korisnika i odgovarajuće funkcije dobiti nije jednostavan zadatak. U praksi se zadovoljstvo korisnika određuje na osnovu opsežnih ispitivanja većeg broja korisnika, pri čemu se ispitanicima nude servisi različitog nivoa kvaliteta i meri se odgovor svakog korisnika koji učestvuje u istraživanju. Ovaj pristup je dobio poseban značaj zahvaljujući rastućem interesovanju za iskustveni kvalitet i od strane akademske zajednice i od strane telekomunikacionog tržišta. Kvalitativne performanse servisa više se ne opisuju samo na osnovu tradicionalnih QoS parametara (propusni opseg, gubici, kašnjenje, varijacija kašnjenja, itd), već se pri merenju kvaliteta servisa uzima u obzir i subjektivna percepcija krajnjeg korisnika, koja se izražava kroz QoE. QoE zavisi od cene i kvaliteta servisa ali takođe utiče na formiranje cene i posledično na tražnju za servisom, kao što je prikazano na slici 1. Takođe, na QoE utiču faktori kao što su: kontekst korišćenja servisa, pouzdanost, prilagodljivost, jednostavnost korišćenja itd.



Slika 1. Međusobna zavisnost cene i kvaliteta servisa

U ovom radu su razmatrane korisničke dobiti za dve tarifne opcije: *flat pricing* i *pay per use*. Korisnička dobit je definisana kao funkcija koja se sastoji iz dva dela, tako da uključuje objektivne i subjektivne aspekte obezbeđivanja IoT servisa. Objektivni deo korisničke funkcije dobiti direktno reflektuje QoS i jednak je za sve korisnike za koje se tarifiranje vrši po istoj tarifnoj opciji. Subjektivni deo korisničke funkcije dobiti predstavlja vrednost specifičnu za korisnika, koja odražava QoE i modeluje se na globalnom nivou kao slučajna promenljiva. S obzirom da korisnička dobit u većini koncepata za tarifiranje telekomunikacionih servisa prati logaritamske zakone, u ovom radu se korisnička dobit

definiše kao logaritamska funkcija i za korisnike koji se tarifiraju prema opciji *flat pricing* i za korisnike koji se tarifiraju prema *pay per use* opciji.

Korisnička dobit po uređaju  $d$  korisnika  $j$ , koji se tarifira po opciji *flat pricing* za korišćenje servisa u vremenskom periodu  $t$ , formuliše se kao:

$$U_{j/d}^t = \mu \log \frac{Q_d}{p_{(f)j/d}^t} + s_j^t \quad (1)$$

$\mu$  – koeficijent osetljivosti,  $\mu > 0$

$Q_d$  – kvalitet servisa za uređaj  $d$

$p_{(f)j/d}^t$  – *flat-rate* cena po uređaju u vremenskom periodu  $t$ ,

$s_j^t$  – specifična vrednost za korisnika  $j$ ,  $-1 \leq s_j^t \leq 1$

Korisnička dobit po uređaju  $d$  korisnika  $k$ , koji se tarifira po opciji *pay per use*, formuliše se kao:

$$U_{k/d}^c = \mu \log \frac{Q_d}{p_{(pu)k/d}^c} + s_k \quad (2)$$

$p_{(pu)k/d}^c$  – cena po uređaju  $d$  za jedinicu korišćenja  $c$

$s_k$  – specifična vrednost za korisnika  $k$ ,  $-1 \leq s_k \leq 1$

Pretpostavka je da će korisnik koristiti IoT servis ako je njegova dobit veća od minimalne prihvatljive dobiti, što je označeno kao  $U_{j/d,min}^t$  za korisnika  $j$  koji se tarifira po opciji *flat pricing* i  $U_{k/d,min}^c$  za korisnika  $k$  koji se tarifira po opciji *pay per use*.

Prema tome, prihod provajdera IoT servisa u periodu  $t$  može se definisati na sledeći način:

$$R = \sum_{j=1}^J 1_{U_{j/d}^t \geq U_{j/d,min}^t} d_j \cdot p_{(f)j/d}^t \cdot t + \sum_{k=1}^K 1_{U_{k/d}^c \geq U_{k/d,min}^c} d_k \cdot p_{(pu)k/d}^c \cdot c_k \quad (3)$$

$d_j$  – broj uređaja korisnika  $j$  koji se tarifira po opciji *flat pricing*

$d_k$  – broj uređaja korisnika  $k$  koji se tarifira po opciji *pay per use*

$c_k$  – količina korišćenih jedinica resursa

Na osnovu predloženog modela, moguće je izvršiti analizu uticaja promene nivoa kvaliteta servisa i cena na prihod provajdera IoT servisa.

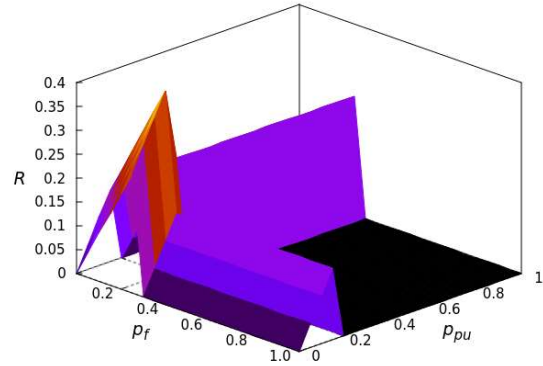
#### 4. ANALIZA REZULTATA

Pod pretpostavkom da provajder svim korisnicima IoT servisa obezbeđuje isti nivo kvaliteta servisa bez obzira po kojoj tarifnoj opciji se vrši tarifiranje, može se izvršiti analiza uticaja nivoa kvaliteta servisa na prihod provajdera IoT servisa. Početne pretpostavke su:

- cene variraju u opsegu  $(0, 1]$ ,
- minimalna prihvatljiva dobit za korisnike koji se tarifiraju po opciji *flat pricing* je  $-0.1$ ,

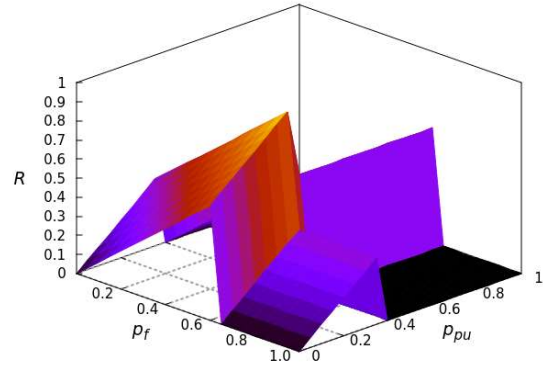
- minimalna prihvatljiva dobit za korisnike koji se tarifiraju po opciji *pay per use* je  $0.1$  i
- koeficijent osetljivosti ( $\mu = 1$ ) i specifične vrednosti ( $s_j^t = s_k = 0$ ) jednake su za sve korisnike.

U slučaju kada je nivo kvaliteta servisa koji obezbeđuje provajder,  $Q_d = 0.2$ , maksimalan prihod,  $R = 0.3849$ , ostvaruje se za cene  $p_{(f)j/d}^t = 0.226$  i  $p_{(pu)k/d}^c = 0.1589$  (slika 2).



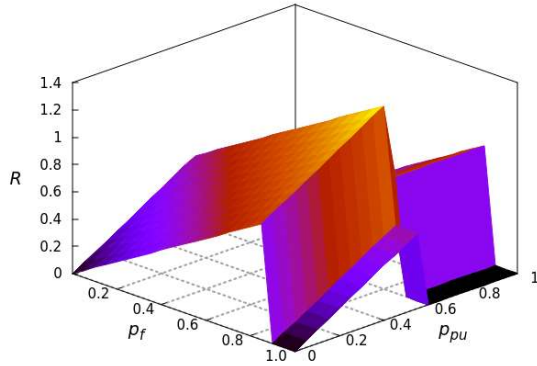
Slika 2. Prihod provajdera IoT servisa u slučaju  $Q_d = 0.2$

Za nivo kvaliteta servisa  $Q_d = 0.5$ , maksimalan prihod,  $R = 0.9598$ , provajder ostvaruje za cene  $p_{(f)j/d}^t = 0.5626$  i  $p_{(pu)k/d}^c = 0.3972$  (slika 3).



Slika 3. Prihod provajdera IoT servisa u slučaju  $Q_d = 0.5$

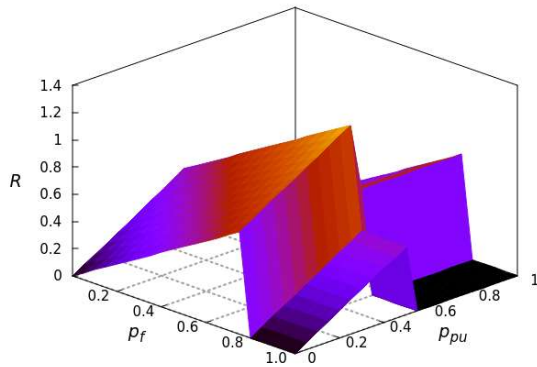
Ako provajder obezbeđuje nivo kvaliteta servisa  $Q_d = 0.7$ , maksimalan prihod,  $R = 1.4371$ , ostvaruje za cene  $p_{(f)j/d}^t = 0.8811$  i  $p_{(pu)k/d}^c = 0.5560$  (slika 4).



Slika 4. Prihod provajdera IoT servisa u slučaju  $Q_d = 0.7$

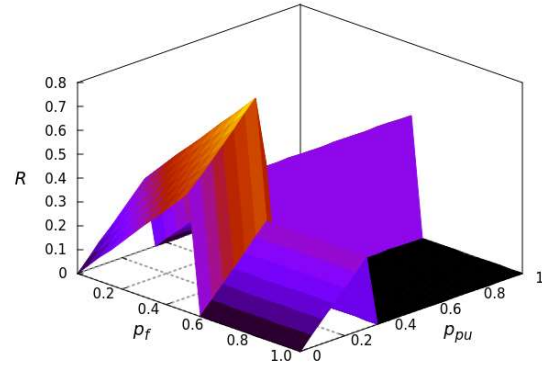
Poređenjem rezultata za slučajeve prikazane na slikama 2-4, uočava se da povećanje nivoa kvaliteta servisa utiče na porast prihoda kroz veće cene i veći broj korisnika kojima se obezbeđuju servisi.

Uticaj specifičnih vrednovanja korisnika može se analizirati promenom vrednosti  $s_j^t$  i  $s_k$ . Prihod provajdera servisa u slučaju kada se obezbeđuje nivo kvaliteta  $Q_d = 0.5$ ,  $s_j^t = s_k = 0.1$ , a sve ostale početne pretpostavke ostaju nepromenjene, prikazan je na slici 5. U ovom slučaju maksimalan prihod  $R = 1.2924$ , ostvaruje se za cene  $p_{(f)j/d}^t = 0.7924$  i  $p_{(pu)k/d}^c = 0.5$ .



Slika 5. Prihod provajdera IoT servisa u slučaju  $Q_d = 0.5$  i  $s_j^t = s_k = 0.1$

Ukoliko se specifične vrednosti smanje na vrednost  $-0.1$ , maksimalan prihod će biti manji nego u prethodnom slučaju i iznosiće  $R = 1.2924$ , a tom prihodu odgovaraju cene:  $p_{(f)j/d}^t = 0.5$  i  $p_{(pu)k/d}^c = 0.3147$  (slika 6).



Slika 6. Prihod provajdera IoT servisa u slučaju  $Q_d = 0.5$  i  $s_j^t = s_k = -0.1$

## 5. ZAKLJUČAK

Za provajdere IoT servisa je važno da uzmu u obzir specifičnosti zahteva trenutnih i budućih ciljnih korisnika kako bi identifikovali njihove korisničke dobiti, a potom odredili cene pojedinačnih servisa. Poslovni uspeh provajdera IoT servisa u velikoj meri zavisi od primenjenog tarifnog koncepta i kvaliteta servisa koji se obezbeđuje korisnicima.

U ovom radu je objašnjen postupak modelovanja korisničkih funkcija dobiti, kao i odgovarajuće tarifne opcije i koncept kvaliteta servisa, koji predstavljaju značajne faktore za formiranje korisničkih funkcija dobiti. Prihod provajdera servisa direktno zavisi od primenjenih tarifnih opcija i korisničkih funkcija dobiti. Analiza rezultata je pokazala da promene kvaliteta servisa imaju značajan uticaj na prihod provajdera IoT servisa.

Buduća istraživanja će obuhvatiti razmatranje mogućnosti maksimiziranja prihoda ukoliko se korisnicima koji koriste veliki broj uređaja pruže odgovarajuće pogodnosti, tj. popusti na osnovnu cenu. Takođe, u okviru budućih istraživanja, trebalo bi uzeti u obzir ponašanje konkurentnih provajdera servisa na istom tržištu.

## ZAHVALNICA

Ovaj rad je deo istraživanja u okviru projekata TR32025 i TR44004 Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

## LITERATURA

- [1] ITU-T Recommendation Y.2060, "Overview of the Internet of things", 2012.
- [2] ITU-T Recommendation Y.4118, "Internet of things requirements and technical capabilities for support of accounting and charging", 2018.
- [3] A. Floris, L. Atzori, "Quality of Experience in the Multimedia Internet of Things: definition and practical use-cases", *IEEE International Conference on*



*Communication Workshop (ICCW)*, 2015, pp. 1747 – 1752.

[4] N. C. Luong et al. “Data Collection and Wireless Communication in Internet of Things (IoT) using Economic Analysis and Pricing Models: A Survey”, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 18, no. 4, 2016, pp. 2546 – 2590.

[5] A. Gohad, N. C. Narendra, and P. Ramachandran, “Cloud Pricing Models: A Survey and Position Paper,” *Proceedings of IEEE International Conference on Cloud Computing in Emerging Markets (CCEM)*, 2013.

[6] C. A. Gizelis and D. D. Vergados, “A Survey of Pricing Schemes in Wireless Networks,” *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 13, no. 1, 2011, pp. 126-145.

[7] A. E. Al-Fagih, F. M. Al-Turjman, W. M. Alsalih, and H. S. Hassanein, “A Priced Public Sensing Framework for Heterogeneous IoT Architectures,” *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, vol. 1, no. 1, 2013, pp. 133-147.

[8] D. Niyato et. al., “Smart data pricing models for the internet of things: a bundling strategy approach”, *IEEE Network*, vol. 30 , no. 2, 2016, pp. 18-25.

[9] J.-M. Bohli, C. Sorge, D. Westhoff, “Initial observations on economics, pricing, and penetration of the Internet of things market”, *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, vol. 39, no. 2, 2009, pp. 50-55.

# M2M КОМУНИКАЦИЈА И ЊИХОВА ПРИМЕНА У еЗДРАВЉУ

## M2M COMMUNICATION AND THEIR APPLICATION IN eHEALTH

Данило Лазовић<sup>1</sup>, Јован Бајчетић<sup>1</sup>, Јордан Атанасијевић<sup>2</sup>

Војна академија<sup>1</sup>  
Гарда, Војска Србије<sup>2</sup>

**Садржај-** У раду је представљена теоријска анализа M2M (*machine to machine*) комуникација и њихова примена у здравственим установама. Рад се теоријски бави основама преноса информација између сензора који се налазе код корисника и центра где се врши прикупљање и обрада података. Поред саме архитектуре M2M комуникација и њихове примене у друштву, теоријски је обрађен и начин рада и коришћења самих апликација које се користе у здравству и објашњен је термин еЗдравље. Због специфичности живота и рада у војсци, а посебно због бриге о здрављу сваког припадника разматрана је могућност коришћења овакве врсте сервиса и апликација у војном систему као и смернице њихове имплементације.

**Abstract-** The theoretical analysis of M2M (*machine to machine*) communications and their application in healthcare institutions is presented. The paper deals theoretically with the basics of transferring information between sensors located at the users and the center where the data is collected and processed. In addition to the architecture of M2M communications and their applications in society, the theoretical treatment of the operation and use of the applications used in healthcare is also discussed, and the term eHealth is explained. Due to the specific nature of life and work in the army, and especially for the care of the health of each member, the possibility of using this type of services and applications in the military system, as well as the guidelines for their implementation, was considered.

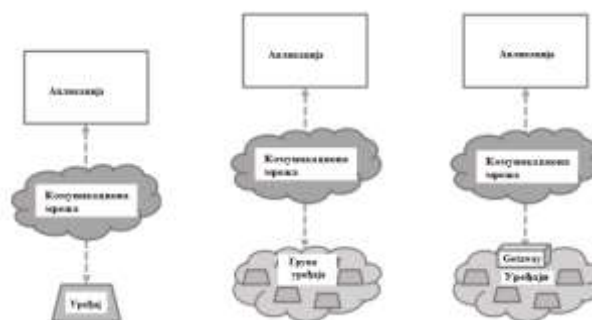
### 1. UVOD

Идеја о проширењу броја корисника који су повезани на „мрежу“ (бежичну, жичну, приватну, јавну) на које „човек“ нема утицај и који не представљају његове омиљене комуникационе уређаје, настала је око појмова „Internet stvari“ (IoT), „Internet objekata“ или M2M стара је више од једне деценије. Повезивањем великог броја уређаја који су углавном незапажени од стране корисника је била првобитна идеја која је имала задатак да оптимизује велики број информација које би крајњем кориснику омогућиле нове начине и методе у раду од једноставних који подразумевају размену робе или неких сложенијих који подразумевају ефикасно праћење возила, људи [1].

### 2. ШТА ЈЕ M2M КОМУНИКАЦИЈА

Различити аутори предлажу значење акронима M2M али на основу (M2M communication) узето је да се M2M сматра „Machine to Machine“ комуникацијом.

Обим M2M комуникације је велики, границе нису још јасно дефинисане, али поред тога овај вид комуникације мора бити еластичан. Основни начин на чијем примеру можемо описати M2M вид комуникације приказан је на слици 1.



Слика 1. Основни начин комуникације у M2M мрежама а) Комуникација M2M уређаја са M2M апликацијом б) Комуникација више M2M уређаја са M2M апликацијом в) Комуникација више M2M уређаја уз помоћ gateway уређаја са M2M апликацијом

Основна улога M2M комуникација је успостављање услова који омогућују уређају размену информација са пословном апликацијом путем комуникацијске мреже, тако да уређај и/или апликација могу послужити као основа за размену информација. Комуникациона мрежа има кључну улогу, јер сложена апликација и уређај тешко могу имати директан однос M2M, често се овакав вид комуникације може описати скраћеницом M2(CN2)M „Machine to (Communication Network to) Machine“ [2]. Овај опис не карактерише у потпуности M2M. На пример мобилни телефон приликом комуникације са call центром не посматра се као M2M апликација, јер се човек налази у позадини. M2M у многим случајевима укључује групу сличних уређаја који међусобно имају интеракцију са једном апликацијом (Слика 1а). Пример такве апликације је возни парк где су уређаји на пример камиони а комуникациона мрежа је мобилна мрежа. [1]

Када је више уређаја међусобно спојено више вреде од уређаја који је изолован, јер могу да подрже аутономију и интелигентније начине примене [3]. У различитим доменима друштва већ се одавно користи односно примењује M2M комуникација- паметни (smart) роботи, брига о здрављу (ehealth), производњи, паметним кућама (smart home) [4]. M2M комуникација захтева већи обим стандардизације од оног који је уобичајан. Више регулаторних тела се укључило у процес развоја стандарда за M2M комуникацију, нека од тих тела су 3GPP (Third Generation Partnership Project), IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers), TTA

(Telecommunication Industry Association), ETSI (European Telecommunication Standards Institute) [1]. Према ETSI стандарду M2M комуникација се састоји од пет кључних чинилаца [1]:

1. Уређаја који могу да одговоре на захтеве или да шаљу поруке аутономно,
2. Могућност умрежавања уређаја и спољне мреже преко *gateway*
3. M2M мрежа која обезбеђује везу између свих врста интелигентних уређаја и *gateway*
4. Веза између гетвеја и апликације је омогућена преко комуникационе мреже
5. Софтвер који анализира податке, предузима акције и шаље податке различитим сервисима које подржавају специфичне уређаја за обраду пословних података

На слици 1в су представљени уређаји који не могу директно да комуницирају са апликацијом због ограничених капацитета. У овом случају уређаји који посредују у комуникацији су *Gateway* који омогућују неку врсту комуникације. „Паметно мерење“ је врста апликације где су паметна бројила уређаји који комуницирају са апликацијом преко комуникационе мреже која може бити мобилна мрежа или јавни Интернет [1].

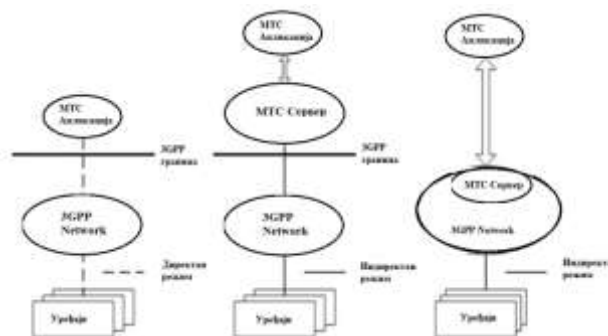
### 3. АРХИТЕКТУРА И СТАНДАРДИ M2M КОМУНИКАЦИЈЕ

Два стандардизациона тела (3GPP и ETSI) се у највећој мери баве самим стандардом M2M комуникација и система. Тренутно постоје две предложене архитектуре. Једна је предложена од стране 3GPP (3GPP MTC), а другу је предложио ETSI (ETSI M2M), обе архитектуре ће бити укратко обрађене у овом раду. ETSI је покренуо иницијативу за дефинисањем комбинованог ETSI/3GPP модела [5].

#### 3.1. 3GPP MTC архитектура

На основу стандарда 3GPP [6] на слици 2 је дат општи преглед 3GPP MTC архитектуре, који разматра одговарајуће захтеве за побољшање система који су прецизирани у сервисним захтевима [7].

Пренос података од стране једног ентитета или више којима није потребна човечија интеракција представља MTC облик комуникације. MTC уводи различите тржишне сценарије, пренос података, ниже цене и мањи напор у поређењу са постојећим мобилним комуникационим сервисима. MTC се може користити на различите начине [3]. Различити модели комуницирања су дефинисани и приказани на слици 2 на основу комуникације између MTC примена и 3GPP мреже [1].



Слика 2. Општи преглед 3GPP MTC архитектуре

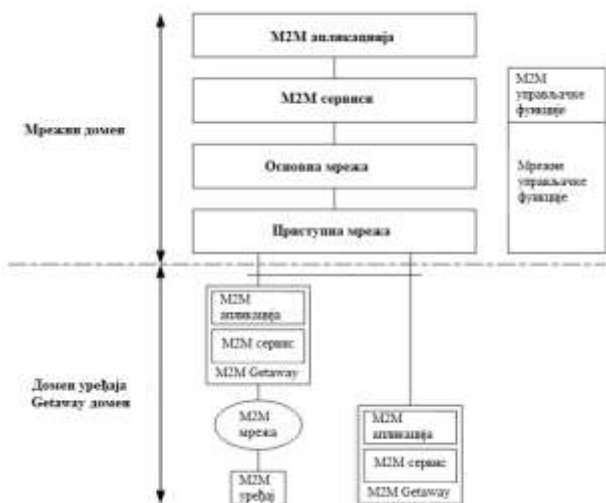
1. У директном моделу (слика 2а), MTC апликација комуницира са уређајем за MTC директно као једна примена у 3GPP без коришћења MTC сервера
2. Код индиректног мода, MTC апликација комуницира са уређајем за MTC користећи додатне сервисе обезбеђене од стране 3GPP мреже (Слика 2б).
3. Хибридни модел користи симултано директни и индиректни модел комуникације (Слика 2в).

Комуницирање на апликационом нивоу између MTC уређаја и MTC апликације је изван домена 3GPP стандарда. Одговарајуће оптимизације и транспортни сервиси за MTC које обезбеђује 3GPP се разматрају у референци [6]. Комуникација између MTC уређаја и MTC апликације користи транспортне и комуникационе сервисе које обезбеђује 3GPP и који су 3GPP носилац сервиса, IP мултимедијални подсистем и SMS (*Short Message Service*).

#### 3.2. ETSI архитектура за M2M комуникацију

Главни задатак ETSI архитектуре је да дефинише основе за развој M2M апликација са скупом могућности независно од коришћене мреже. Главни елементи такве архитектуре су домени SCs (*Service Capabilities*), референтне тачке и ресурси. Архитектура ETSI M2M је намењена за коришћење IP мрежа укључујући IP мрежне сервисе које обезбеђује 3GPP, TISPAN (*Telecommunications and Internet Converged Services and Protocols for Advanced Networking*) и системе преноса 3GPP2. На основу три ETSI спецификације M2M сервисни захтеви [8], Функционална архитектура [9], Опис интефејса [10], објављен је основни стандард ETSI TC M2M Release 1. На слици 3 је представљена архитектура M2M система на вишем нивоу. На слици 3 је представљен однос између појединих компонената и сам преглед компонената система. Овакав вид архитектуре се састоји од два домена, M2M уређај и *gateway* са једне и мрежног домена са друге стране. Уређај који извршава M2M апликације користећи M2M SCs и функционалност мрежног домена назива се M2M уређај. M2M уређаји се повезују са мрежним доменом на следеће начине [1]:

1. Директна конекција- преко приступне мреже се повезује М2М уређаји са мрежним доменом. У овом случају М2М уређаји су директно повезани са приступном мрежом оператора. Регистрација, легитимисање, ауторизација, управљање и дефинисање мрежног домена су процедуре које извршава М2М уређај..
2. *Getaway* као мрежни прокси- у овом случају је М2М уређај спојен са М2М гејтвејом користећи М2М мрежу. М2М гејтвеј ради као прокси за мрежни домен према М2М уређајима који су повезани са њим и том приликом реализује следеће процедуре: легитимисање, ауторизација, управљање и дефинисање мрежног домена.



Слика 3. Архитектура М2М система на вишем нивоу

М2М мрежа омогућава везу физичког и MAC слоја између М2М уређаја и М2М гејтвеја. М2М гејтвеј извршава М2М апликације користећи М2М SCs. Умрежавање и интерконекција М2М уређаја на мрежни и апликациони домен омогућена је коришћењем М2М гејтвеја. Овај *getaway* може да извршава М2М апликације и обезбеди сервис другим стандардним уређајима везаним за њега који се не виде у мрежном домену. Мрежни домен се састоји од следећих елемената [1]:

1. Приступна мрежа
2. CN мрежа
3. М2М SCs
4. М2М апликације
5. Функције управљања мрежом
6. М2М управљачке функције

#### 4. СИГУРНОСТ У М2М КОМУНИКАЦИЈАМА

Проблем сигурности постаће још израженији са М2М умрежавањем [11]. Овај проблем ће постати још доминантнији узимајући у обзир чињеницу да су крајње мреже оваквог начина комуникација најчешће бежичне. Како би процес сигурности био квалитетан М2М мреже морају као решења за одређене пропусте у мрежи узети у обзир следеће [1]:

1. Физички ниво у бежичним мрежама је врло приступачан нападачу који може преко њега да омета, убаца нове пакете или модификује пакете без потешкоћа
2. Због тога што су чворови у М2М мрежама најчешће сензори са ограниченим могућности употреба скупих крипто алгоритама није рентабилна
3. М2М апликација може за свој рад да користи информације које добија са великог броја уређаја на које човек нема утицај.
4. М2М мреже подржавају разноврстан саобраћај, из тог разлога сигурност мора да подржи више различитих типова комуникација
5. Када приметите промену околине уређаји који се користе у М2М мрежама морају да се прилагоде новонасталој ситуацији како би се ефикасно избегли губици.
6. Да би се повезале све локације са главном мрежом мора се користити капиларни систем чворова. Такође у М2М комуникацијама потребно је користити и међудоменске механизме сигурности јер у комуникацији учествује више мрежа
7. Због уштеде енергије сензори у М2М мрежама нису оперативни 24 h, већ постоје одређени механизми за буђење.
8. Због специфичности М2М мрежа и њене употребе на различитим локацијама. Неки уређаји се налазе на јавним локацијама и морају имати и хардверску заштиту
9. Брига о здрављу и енергетски систем су апликације које преносе, скупљају податке који су од великог интереса. Због природе ових података оператори не могу ове податке учинити доступним трећим лицима већ их морају криптовати и заштитити.

Сви проблеми које се јављају по питању сигурности захтевају посебну пажњу посебно они који се односе на заштити приватности корисника, а који се јављају код појединих апликација (брига о здрављу, транспорт, паметне куће [1]).

#### 4.1. Типови напада

М2М мреже су због своје специфичности подложне различитим нападима. Цурење (*leak*) сервиса подразумева доступним нападачу података и контролних сервиса. Типични напади су [1]:

1. Прислушкивање, откривање садржаја
2. Анализа саобраћаја којом се врши идентификовање сензора
3. Неауторизована промена. Физички се приступа и врши злонамерна промена

Нападом на различите начине се могу фалсификовати подаци и контролни сервиси:

1. Модификација догађаја (код коришћења топлотних сензора употреба топлотног извора близу сензора може послати погрешну информацију да постоји пожар)

2. Напад плавлеем (*Hello flood attack*) подразумева да злонамерни чвор шаље *Hello* поруке великом снагом па другим чворовима изгледа као да им је суседан
  3. Црвоточина (*Wormhole attack*) подаци из једног дела мреже се са малим закашњењем пребацује у други део мреже.
  4. Напад вишеструким идентитетом (*sybil attack*) чвор се представља вишеструким идентитетима и тако редуцира ефикасност.
  5. Реплицирање чвора подразумева да се мрежи додаје копирајући ID једног постојећег чвора.
- DoS (Denial of Service) се може постићи ако се користи:
1. Ометање које се постиже емитујући радио сигнал који интерферира са радио фреквенцијама које користи сензорска мрежа
  2. Исцрпљивање, где се фалсификује порука која тражи од уређаја да стално емитује и тако се исцрпљује његова расположива енергија

Најбоље решење за одбрану од напада је стварање одговарајућих протокола рутирања неосетљивих на горе поменуте сметње [1].

#### 4.2. Сигурност у М2М систему

Поједини подаци који се преносе у оквиру М2М комуникације су осетљиви по питању сигурности што је већ напоменуто на почетку ове главе. Овакви системи се још називају екосистеми и у њима оператори М2М апликација не могу да ризикују да ове податке учине доступним трећим лицима. Посебна пажња се мора посветити мрежној архитектури због сигурности за М2М апликације. Треба омогућити на системском нивоу проверљивост, аутентичност и приватност свим корисницима. Ово су три кључна елемента за пренос података, сервисе и апликациони ниво. Огроман утицај на архитектуру сигурности има питање ко дистрибуира и управља овлашћењима. Ово питање одређује моделе поузданости, а за М2М постоје три модела [1]:

1. Ad hoc апликациони ниво сигурности- у овом моделу овлашћења се дају у суштини апликационом нивоу. У *stand-alone client-server* апликацијама се користи овај начин.
2. Сигурност управљања провајдером сервиса- код овог модела овлашћења су управљана и дистрибуирана од стране М2М сервиса и провајдера.
3. Сигурност управљања независним менаџером поверења- улоге и функције које нуди М2М провајдер сервиса могу се поделити на два дела- откривање и управљање поверењем.

### 5. М2М КОМУНИКАЦИЈА И еЗДРАВЉЕ

еЗдравље апликација се користи као мост између пацијента и медицинског особља. *End to end* повезивање мора да обезбеди М2М систем на тај начин што ће повезати сензоре преко *M2M gateway* уређаја на Интернет, и коначно на сервер апликацију.

Стандарди за М2М комуникацију су и даље у разради али и поред тога постоје различити приступи за постизање коначне повезаности. Разлике између ових приступа постоје али се већина њих базира на архитектури система приказаној на слици 4 [1].

#### 5.1. Интеграција различитих технологија у М2М комуникацијама

Велику пажњу у истраживачкој заједници је привукла идеја да се различите бежичне технологије интегришу у једно решење које би омогућило *end to end* комуникацију у еЗдравље апликацијама. Ова идеја је остала само на нивоу занимљиве теме јер не постоји јединствено решење за овакав проблем, али се у доступној литератури могу видети предложени приступи за овај вид комуникације [12].

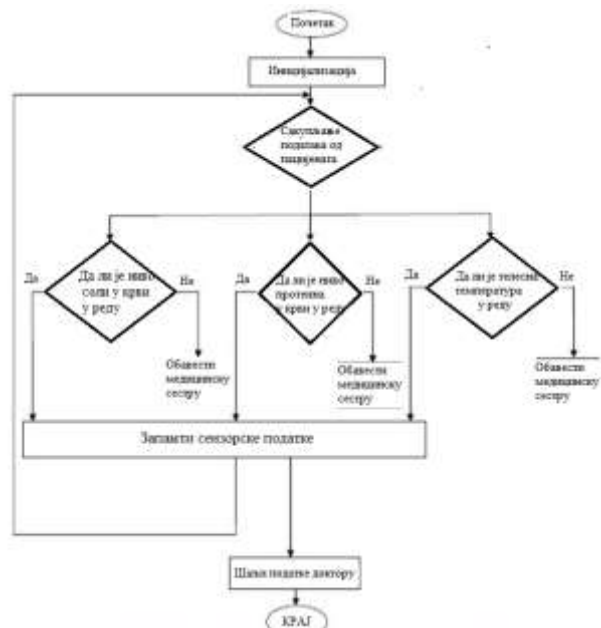
У раду [13] су теоријски представљене све предности и мане прикупљања података путем WiFi мреже постављене у оквиру једне здравствене установе. Неке од предности јесу да би се WiFi мрежом покрио велики простор, олакшало коришћење медицинске опреме која подржава бежичне технологије, сваки пацијент и медицинско особље би имали приступ мрежи док се налазе у болници. Проблеми са којима се суочавамо јесу електромагнетна компатибилност са медицинским сензорима, безбедност такве мреже тј. легитимисање лица која имају право приступа мрежи, скупа инсталација оваквог система у великим здравственим установама, као и заузетост канала због протока информација које су од велике важности за живот пацијента [13].

Двослојна мрежна архитектура је разматрана у раду [14]. Доњи слој се састоји од WBAN мреже где више сензорских уређаја које носи један пацијент повезано за координационим чвором користећи CSMA/CA приступ мрежи. WBAN кординатор на горњем нивоу који је одговоран за више пацијената који се налазе у одређеној области (болничко одељење) врши комуникацију са приступном тачком преко WiFi мреже. У раду [15] је представљен метод на који начин би информације од великог значаја (електроенцефалографији, електрокардиографији) упркос малим брзинама преноса имале приоритет у преносу. Принцип рада оваквог модела се заснива на томе да подаци са високим приоритетом имају слободан приступ мрежи док би се за чворове нижег приоритета одржавао CSMA/CA приступ мрежи. Истовремена коришћење WiFi и WiMAX технологија као приступне комуникационе мреже у М2М системима које је разматрано у раду [16] носи са собом неколико изазова који су углавном везани за обезбеђење довољно квалитетног QoS, контролу приступне мреже, распоређивање и управљање мобилношћу. Распоредивање уређаја који подржавају WiFi или WiMAX технологију или уређаја који имају двоструке радио интерфејсе и који омогућавају даљински надзор има за циљ повезивање свих под мрежа које се користе у сврху еЗдравља као што су WBAN, мреже кућне неге, мобилне пацијенте и мрежа давалаца здравствених услуга (болница, апотека, клиника) [16]. Свеобухватна повезаност

пацијената и здравствених установа представљена је у раду [17] где се разматра шема даљинског надзора у којој се информације прикупљају од уређаја који се налазе код пацијената. Податке добијене са сензора који се налазе у непосредној близини пацијента или на његовом телу WBAN мрежа класификује на основу информација које носе. Овакви подаци могу бити класификовани у податке високог приоритета (крвни притисак, брзина срчане фреквенције и други критичне информације), подаци нормалног приоритета (ЕКГ сигнал, ниво шећера у крви, ниво различитих минерала у организму). Овако класификовани подаци се прослеђују кроз WiFi/WiMAX приступну мрежу ка еЗдравље провајдеру [17]. Овакав начин приступа се бира у зависности од локације на којој се налази пацијент. WiFi приступне тачке покривају само специфичне локације и има мањи домет, WiMAX технологија има већу покривеност. Бежичне мрежне технологије су широко доступне али се ипак корисницима може допустити да бирају између две врсте комуникација [17]:

1. Пропусни опсег и капацитет који се корисницима додељују на одређено време и које спадају у јефтиније начине комуникације
2. Комуникација која захтева више трошкове јесте она чији капацитет и пропусни опсег корисник може користити неограничено

Непрекидна повезаност аутономне и самоорганизујуће мреже M2M уређаја са удаљеним клијентом путем жичних или бежичних мрежа представља главни концепт M2M комуникација. Посебан покретач на M2M тржишту се очекује да буде M2M технологија у сектору бриге о здрављу. Више од 700 медицинских уређаја који ће комуницирати преко M2M апликација биће у употреби до 2020. године [18]. Коришћење информационих и комуникационих технологија како би се олакшала и побољшала брига о здрављу и медицинске услуге назива се еЗдравље. Коришћење одговарајућих сензора код пацијената који омогућавају даљинско праћење виталних функција, рано откривање критичних појава и даљинску контролу медицинских третмана представља M2M приступ у оквиру еЗдравља [19]. На слици 5 је приказана једна уопштена блок шема могућег M2M система за бригу о здрављу. Сензори који се налазе у људском телу су повезани путем краткодметних бежичних технологија формирајући на тај начин WBAN (*Wireless Body Area Network*). Сценарији у којима се користи M2M апликације су бројни и могу укључити активно бављење болестима као што је дијабетес, подршка усамљеним старим лицима, надгледање фитнес активности за побољшање здравственог стања [19]. еЗдравље нуди велику предност пацијентима и оним који се брину о здрављу, смањујући цену одређених услуга, а са друге стране осигуравају квалитет, ефикасност и флексибилност у бризи о здрављу (Слика 5).

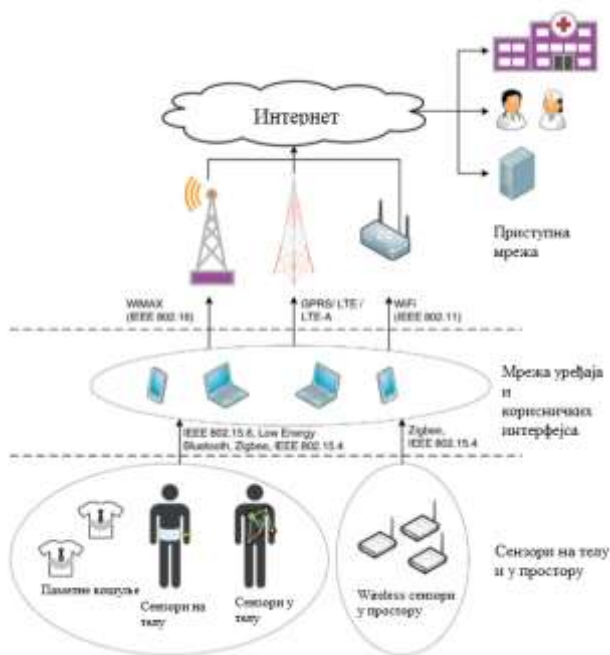


Слика 4. Блок шема која се може користит у апликацијама еЗдравље [1]

## 5.2. Мрежна архитектура M2M комуникација и еЗдравље

На слици 5. је представљена хоризонтална архитектура коју предлаже ETSI. На слици 5 се могу видети [9]:

1. Уређаји и гејтвеји који комуницирају краткодметним мрежама
2. Мрежни домен који спаја гејтвеј са апликацијама преко дугодетне или језгра мреже
3. Апликациони домен, где се налазе сервиси



Слика 5. Пример M2M система за Здравље [1]

Овакав вид архитектуре коју предлаже ETSI се састоји од пет главних компоненти [9,26]:

1. Уређаји- могу да преносе податке аутономно или на захтев. У ehealth ови уређаји представљају медицинске сензоре или актуаторе мале снаге са бежичним комуникационим модемима.
2. *Area network*- оваква мрежа се зове и капиларна. Везу између М2М уређаја и гејтвеја омогућава краткодметна мрежа. Ако су М2М уређаји близу људског тела или у њему онда се посматра WBAN мрежа
3. Гејтвеј- ради као прокси између М2М уређаја и мрежног домена. Гејтвеј је преносни уређај са унапређеним функцијама процесирања и вишеструким радио интерфејсом. Типичан пример М2М гејтвеја укључује smartphone, PDAs, паметне ручне сатове
4. М2М приступна комуникациона мрежа која спаја М2М гејтвеј са М2М апликационим сервером путем Интернета
5. М2М апликациони сервер који је midlver ниво и који обезбеђује податке за специфичне апликације

## 6. ЗАКЉУЧАК

Истраживања у области телекомуникација су усмерена ка новом виду комуникације који се обавља између интелигентних уређаја, при чему у таквој комуникацији утицај човека је занемарљиво мали или не постоји. Карактеристика саобраћаја утиче на специфичност М2М комуникација. Мобилни системи који су тренутно актуелни у свету представљају перспективно решење због расположивости инфраструктуре, мобилности и безбедносних механизма који су имплементирани у њима. Могућност примене М2М апликација на сегменте тржишта је једна од битнијих особина М2М система. Нови захтеви који се појављују користећи М2М систем подразумевају дужи животни век уређаја, ажурирање сигурносних алгоритама.

Јасно се у овом раду могло видети какав утицај М2М систем, комуникације и апликације имају на један сегмент друштвеног живота. Употреба оваквог начина комуникације, сакупљања и обраде података са повећањем безбедности и сигурности података у оваквим мрежама допринети бољем свеукупном животу у појединим областима друштва. Поједини аутори доступне и референтне литературе [1-37] која је коришћена у овом раду предпостављају да ће количина размењених података путем М2М комуникације до 2020 године увелико премашити број размењених података у којима учествује човек.

М2М комуникација намеће врло специфичне захтеве који морају да се испуне у циљу смањења трошкова. Неки од проблема које је потребно решити јесте пронаћи одговор за аутономију самих сензора који учествују у М2М комуникацији, безбедан начин преноса информације, као и заштиту права корисника. У будућем раду поред саме обраде и унапређења које ће се јавити у М2М системима због тенденције раста овакве врсте комуникације потребно је обрадити и утицај овакве врсте комуникације на остале аспекте

друштвеног живота, као и начин преноса М2М података у мобилним мрежама.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Д. Драјић, „Увод у М2М (Machine to Machine) комуникације,“ Академска мисао, Београд, 2016.
- [2] D. Boswarthick, O. Elloumi / O. Hersent, „M2M Communications (A System Approach), The Internet of Things (Key Applications and Protocols),“ John Wiley and Sons, Ltd, 2012.
- [3] M. Chen, J. Wan / M. Li, „Machine to Machine Communications: Architecture, Standards and Applications,“ KSII Transactions on Internet and Information System, 2012.
- [4] J. Wan, M. Chen, D. Li / K. Zhou, „From M2M Communications toward Cyber- Physical Systems,“ Computer Science and Information Systems, 2013.
- [5] E. T. 101603, „Machine to Machine Communication (M2M),“ 2012.
- [6] 3. T. 23.888, „System Improvements for machine Type Communication,“ 2011.
- [7] 3. T. 22.368, „Service Requirements for Machine Type Communication,“ 2011.
- [8] E. T. 102689, „Machine to Machine Communication (M2M) Service Requirements,“ 2011.
- [9] E. T. 102690, „Machine to Machine Communication (M2M) Functional Architecture,“ 2012.
- [10] E. T. 102921, „Machine to Machine Communication dIa, mIa and lIa interfaces,“ 2012.
- [11] „Pervasive Internet and Smart Services Market Forecast,“ у Harbor Research study, 2009.
- [12] E. Kartsakli, A. Antonopoulos, M. d. Renzo / C. Verikoukis, „Machine to Machine Communications for e-Health Applications“.
- [13] S. Baker / D. Honglud, „Medical Grade, Mission Critical Wireless Networks [Designing an Enterprise Mobility Solution in the Healthcare Environment],“ IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, т. 27, pp. 86-95, 2008.
- [14] J. Mistic / V. Mistic, „Bridging between IEEE 802.15.4. and IEEE 802.11b networks for multiparameter healthcare sensing,“ IEEE Journal on Selected Areas in Communications, т. 17, pp. 435-449, 2009.
- [15] J. Mistic / V. Mistic, „Bridge performance in a multitier services over integrated IEEE 802.11/WLAN and IEEE 802.16/WiMAX networks,“ IEEE Wireless Communications, т. 17, pp. 30-36, 2010.
- [16] Y. Zhang, N. Ansari / H. Tsunoda, „wireless telemedicine services over integrated IEEE 802.11/WLAN and IEEE 802.16/WiMAX

networks," IEEE Wireless Communications, т. 17, pp. 30-36, 2010.

- [17] D. Niyato, E. Hossain / S. Camorlinga, „Remote patient monitoring service using heterogeneous wireless access networks: architecture and optimization," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, т. 27, pp. 412-423, 2009.
- [18] „Machine to Machine (M2M) Communication in Healthcare," y Machine Research, 2010.
- [19] ETSI, „Machine to Machine Communication (M2M): Use Cases of M2M Applications for eHealth," 2011.
- [20] G. Wu, S. Talwar, K. Johnsson, N. Himayat / K. Johnson, „M2M: from Mobile to Embedded Internet," IEEE Commun. Mag., т. 49, pp. 36-43, 2011.
- [21] J. Ko, C. Lu, M. Srivastaka, J. Stankovic, A. Terzis / M. Welsh, „Wireless Sensor Networks: a Survey," Proc IEEE, т. 98, pp. 1947-1960, 2011.
- [22] M. Chen, S. Gonzales, A. Vasilakos, H. Cao / V. Leung, „Body Area Networks: a Survey," Mobile Netw. Appl., т. 16, pp. 171-193, 2011.
- [23] B. Latre, B. Braem, I. Moerman, C. Blondia / P. Demestra, „A Survey on Wireless Body Area Networks," Wirel. Netw., т. 17, pp. 1-18, 2011.
- [24] H. Alemdar / C. Ersoy, „Wireless Sensor Networks for Healthcare: a Survey," Compt. Netw, т. 54, pp. 2688-2710, 2010.
- [25] M. Patel / J. Wang , „Applications Challenges and Prospective in Emerging Body Area Networking Technologies," IEEE Wirel. Commun, т. 17, pp. 80-88, 2010.
- [26] E. Scarrone, „The M2M Standard as enabler of a global market," 11th edition of M2M Forum, 2012. D. Marković, „Šta treba da znate o digitalnoj televiziji," časopis "Radio amater", br. 4, Srbija, 2012.



# UPOTREBA DIGITALNOG MARKETINGA U OKVIRU DRUŠTVENIH MEDIJA U KOMUNIKACIJI LUKSUZNIH TURISTIČKIH BRENDOVA U REPUBLICI SRBIJI

## USE OF DIGITAL MARKETING AND SOCIAL MEDIA IN COMMUNICATION OF LUXURY TOURISTIC BRANDS IN THE REPUBLIC OF SERBIA

Rina Vukanac, Antonina Lazić i dr Marija Jovović  
*Univerzitet u Beogradu*  
*Fakultet Organizacionih Nauka*

**Sadržaj** - Primena digitalnog marketinga kroz upotrebu društvenih medija u poslednjih nekoliko godina postaje dominantan kanal komunikacije luksuznih turističkih brendova u našoj zemlji. Digitalni marketing doprineo je jačanju pozicije na tržištu brojnih luksuznih turističkih brendova. Prethodna istraživanja ukazuju na to da digitalna marketinška komunikacija posredstvom društvenih medija predstavlja obećavajuću reklamnu strategiju za luksuzne brendove. Cilj istraživanja sprovedenog za potrebe ovog rada odnosi se na evaluaciju marketinške efektivnosti luksuznih turističkih brendova u našoj zemlji u okviru društvenih medija. Rezultati ukazuju na to da luksuzni turistički brendovi u Srbiji ne koriste u dovoljnoj meri mogućnosti koje pruža digitalni marketing posredstvom društvenih medija, naročito među mladima, kao i da postoje brojna praktična polja digitalnog marketinga u okviru društvenih medija luksuznih turističkih brendova koji mogu biti unapređena.

**Ključne reči:** Društveni mediji, digitalni marketing, luksuzni brendovi, turistički brendovi.

**Abstract** – Using digital marketing for luxury touristic brands social media in the Republic of Serbia In the last couple of years, applying digital marketing through the usage of social media has become one of the most dominant platforms of communication for touristic brands in our country. Digital marketing has contributed strengthening brand images and maintaining a position on the market of numerous luxury touristic brands in our country. Previous research points out to the fact that digital marketing communication via social media is a highly promising marketing strategy for luxury brands. The aim of the research is to evaluate marketing efficiency of luxury touristic brands in our country in terms of social media. The results of the research show that luxury touristic brands in the Serbia do not make use of all the possibilities that digital marketing gives them when using social media, especially amongst young people, as well as the fact that there are numerous practical fields of digital marketing within the luxury touristic brands social media realm which could be improved

**Key words:** social media, digital marketing, luxury brands, touristic brands

### 1. UVOD

Poslednju deceniju je okarakterisao rast na luksuznom tržištu, jaka kupovna moć i povećani zahtevi za luksuznom robom. Finansijska kriza od 2007. do 2008. godine nije zaustavila kupce u kupovini luksuznih proizvoda i usluga. Naprotiv, u ovom periodu registrovao se porast finansija u ovoj sferi [1]. Svaki luksuzni brend teži da se razlikuje u odnosu na konkurenciju jačanjem slike brenda i održavanjem pozicije na tržištu. Luksuzni hoteli su deo luksuznog tržišta i imaju benefite od njegovog rasta, te napreduju i šire se na globalnom nivou. Lanci luksuznih hotela se suočavaju sa intenzivnim takmičenjem, brzim tehnološkim napretkom i povećanom potrošačkom sofisticiranošću usled dešavanja na tržištu. Stoga, svaki lanac luksuznih hotela teži održavanju i anticipiranju promena i očekivanja od strane korisnika kako bi zadobio njihovu lojalnost [2].

Digitalne marketinške strategije postaju ključne za hotele jer ovaj korak vodi ka uspehu u terminima izgradnje svesnosti o brendu, zadobijanja lojalnosti korisnika, privlačenja pažnje investitora i generisanju prihoda kompanije [1]. U prethodnim decenijama, strategije marketinga u hotelskoj industriji su se oslanjale potpuno na tradicionalne marketinške alate. Ulaskom u vek novih informacionih tehnologija, Internet je fundamentalno promenio poslovne i marketing strategije u hotelskoj industriji [3]. Uzimajući u obzir da je luksuzno tržište u hotelskoj industriji izuzetno kompetitivno, usvajanje novih i naprednih digitalnih tehnologija i digitalnog marketinga u cilju unapređenja marketinške strategije jeste od ključnog značaja. Većina lanaca luksuznih hotela pokušava da na ove radikalne promene brzo odgovori, te se fokusiraju na strategije e-marketinga kako bi doprli do svojih korisnika na globalnom nivou, s obzirom na to da su ovakvi kanali otvorili velike mogućnosti da se dopre do velikog broja korisnika [4].

Proliferacija društvenih medija je kreirala novu eru za kompanije i brendove, forsirajući ih da traže nove interaktivne načine kako bi doprli do svojih korisnika [5] [6], i gradili svoj brend i ugled [7]. Prethodna istraživanja ukazuju na to da marketinška komunikacija posredstvom društvenih medija predstavlja obećavajuću reklamnu strategiju za luksuzne brendove [8] [9]. Luksuzni brendovi su se u potpunosti pridružili društvenim mrežama. Pozitivni

efekti marketinga u društvenim medijima se odražavaju na pozitivne stavove gostiju, namere rezervisanja hotela i poverenja u brend i lojalnost brendu [10]. Dakle, u luksuznom sektoru, čini se društveni mediji igraju ključnu ulogu u uspehu brenda, s obzirom na to da veći broj studija ukazuje na teorijske i praktične implikacije društvenih medija za izgradnju brenda [5] [6].

U istraživanjima se izveštava da su društveni mediji postali vodeći prioritet za hotelijere i da skoro 2/3 hotela koriste neku društvenu platformu kako bi primamile korisnike [11]. Razmatrajući Facebook, Twitter, i YouTube, neki autori [12] nalaze da mnogi od 50 hotelskih brendova koristi ove kanale. Tako npr. Hyatt Regency beleži najveću aktivnost; Marriot je najvidljiviji online brend; Holiday Inn ima najviše lakova na Facebooku; Starwood, grupacija kojoj pripada i hotel Metropol Palace je lansirao novu društvenu platformu, gde preko nekoliko mreža uključujući Twitter, Facebook, blogove i email, korisnici dele svoja iskustva sa putovanja sa prijateljima, porodicom i javnošću [12], itd. Hyatt Hotels & Resorts je takođe lansirao specijalan sajt za članove zlatnog kluba, koji nudi stručne uvide i savete od strane Hyatt konsijerža u više od 40 destinacija širom sveta, a Hyatt-ova Facebook stranica je brendirana sa 'HyattCareers' URL, što omogućava njeno lako pronalaženje, i ima preko 90000 pratilaca [12]. Društveni mediji pružaju nove šanse i benefite za menadžment brenda [13], međutim, jedan od izazova u ovom domenu predstavlja poteškoća merenja uticaja digitalnih marketinških aktivnosti u društvenim medijima na ključne mere uspešnosti brenda [14] [15]. Iako postoje istraživanja koja su ispitivala različite aspekte hotelskog marketinga u društvenim medijima, i dalje je primetan nedostatak istraživanja evaluacije marketinške efektivnosti u društvenim medijima. Digitalni marketing putem društvenih medija je izazovno polje za istraživanja, s obzirom na različite konceptualne i merne probleme [15].

Luksuzni sektor predstavlja osnovu ove studije, s obzirom da su prethodna istraživanja ukazala da luksuzni brendovi imaju efektivne načine da dopru i angažuju svoje korisnike putem novih medija [8] [9]. Ova studija je polazna tačka za buduća istraživanja sa fokusom na marketing u društvenim medijima u hotelskoj industriji, odnosno sa fokusom na luksuzne hotelske brendove koji su aktivno usvojili i primenili marketinške aktivnosti u društvenim medijima.

## 2. METOD

### 2.1. UZORAK I POSTUPAK ISTRAŽIVANJA

Uzorak je bio prigodan i činilo ga je ukupno 54 ispitanika, građana Beograda (59,3% ispitanika ženskog pola). Starost ispitanika se kretala između 20 godina i 38 godina, pri čemu je prosečna starost u uzorku iznosila 24,16 godina (SD=5,98).

Najveći broj ispitanika uzorka ima završen fakultet (64,8%). Manji broj ispitanika ima završenu srednju školu (24,8), dok najmanji broj ispitanika ima završen doktorat (11,4%).

Većina ispitanika svoj materijalni status procenjuje kao prosečan (46,3%), dok manji broj percipira materijalni status kao iznadprosečan (29,6%), odnosno ispodprosečan (24,1%). U uzorku nisu zabeležene polne razlike u starosti ( $t(52)=1.96, p>.05$ ); obrazovanju ( $\chi^2(2)=2.86, p>.05$ ); bračnom stanju ( $\chi^2(2)=4.18, p>.05$ ), zaposlenju ( $\chi^2(2)=3.11, p>.05$ ), ni materijalnom statusu ( $\chi^2(2)=2.98, p>.05$ ).

## 2.2. INSTRUMENTI

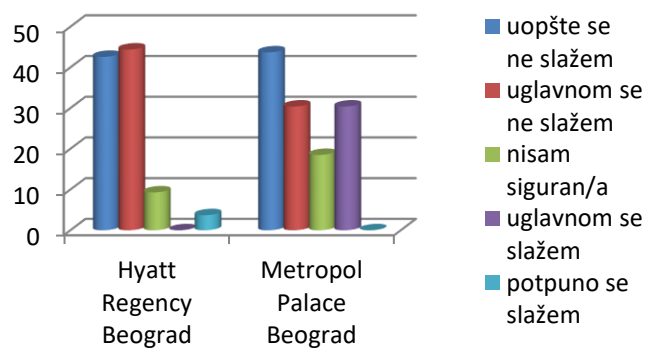
Za potrebe istraživanja je kreiran poseban upitnik, koji pored socio-demografskih pitanja sadrži i pitanja koja se odnose na upotrebu i stavove prema društvenim medijima luksuznih turističkih brendova – Hyatt Regency Beograd (HRB) i Metropol Palace Beograd (MPB). Upitnik se sastoji iz 20 pitanja (po 10 pitanja za svaki brend), sa petostepenom skalom Likertovog tipa za odgovaranje (1 – uopšte se ne slažem; 5 – potpuno se slažem). Upitnik pokazuje zadovoljavajuću pouzdanost merenu Cronbach-ovim alfa koeficijentom ( $\alpha=.77$ ).

## 2.3. METOD OBRADJE PODATAKA

Za utvrđivanje metrijskih karakteristika upitnika, korišćen je pokazatelji pouzdanosti ( $\alpha$ –Cronbach koeficijent). Za deskriptivni opis varijabli su korišćene mere centralne tendencije i frekvencije, za utvrđivanje razlika, korišćen je t-test za nezavisne uzorke i hi kvadrat test. Za navedene analize je korišćen programski paket IBM SPSS Statistics.

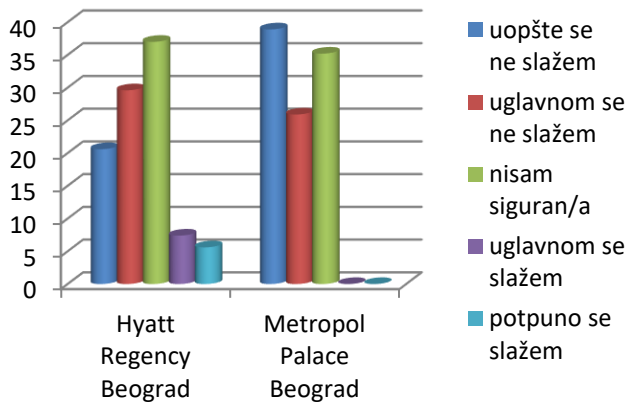
## 3. REZULTATI I DISKUSIJA

Kako bi se stekao uvid u strukturu odgovora ispitanika na pitanja u vezi sa korišćenjem društvenih medija luksuznih hotelskih brendova u Srbiji, primenjena je analiza frekvencija, pri čemu su rezultati grafički predstavljeni.



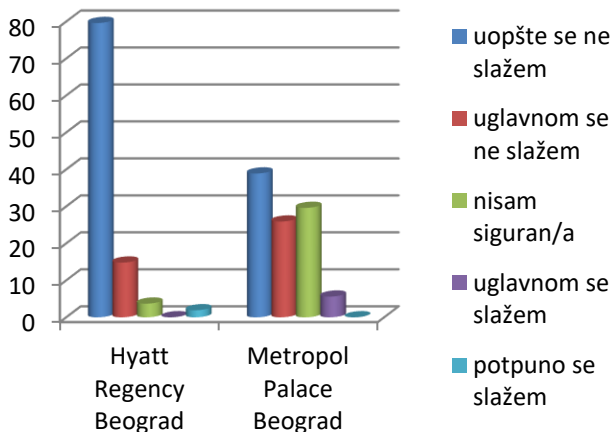
Grafik 1. Korišćenje društvenih medija luksuznih turističkih brendova je zabavno

Kao što se sa Grafika 1 može videti, većina ispitanika ne percipira zabavnim korišćenje društvenih medija navedenih hotela.



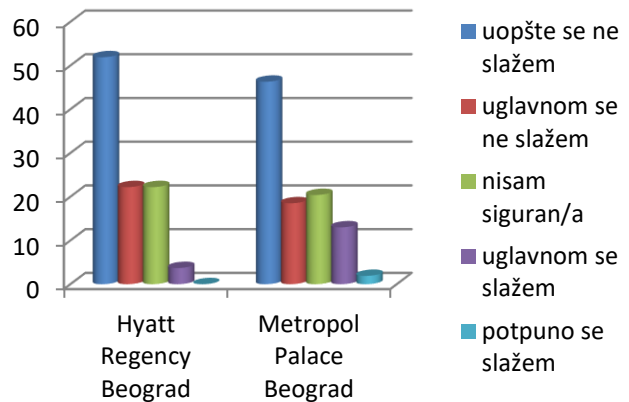
Grafik 2. Sadržaj u okviru stranica na društvenim medijima luksuznog turističkog brenda je interesantan

Uvidom u rezultate predstavljene na Grafiku 2 vidimo da većina ispitanika ispoljava negativan i neutralan stav u vezi sa interesantnošću sadržaja koje ispitivani hoteli objavljuju u društvenim medijima. Ovakve rezultate je moguće objasniti time da sadržaj koji društveni mediji hotela objavljuju se tiču aktivnosti i događaja u hotelima koje, mlađoj populaciji nisu dovoljno zanimljivi



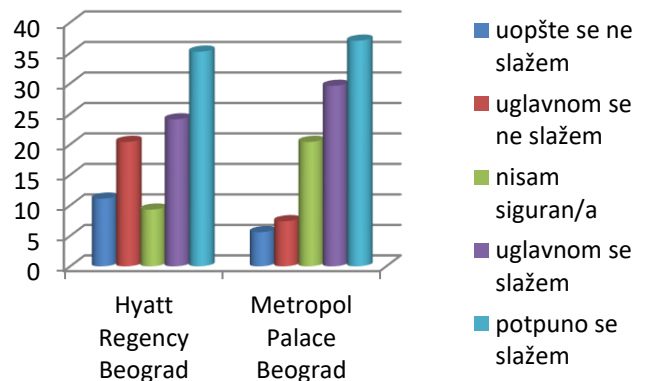
Grafik 3. Društvene mreže koje koriste luksuzni turistički brendovi omogućavaju razmenjivanje informacija sa drugim

Sa Grafika 3 se može videti da ispitanici različito percipiraju razmenjivanje informacija putem društvenih medija u slučaju ispitivanih hotela. Iako većina ispitanika percipira da hoteli ne omogućavaju razmenjivanje informacija sa drugima, negativan stav je izraženiji u slučaju hotela HRB. Mogući uzrok je taj što hotel MPB na svojim društvenim mrežama češće od HRB objavljuje informacije u vezi sa događajima koje organizuje, koji su privlačniji mlađoj populaciji



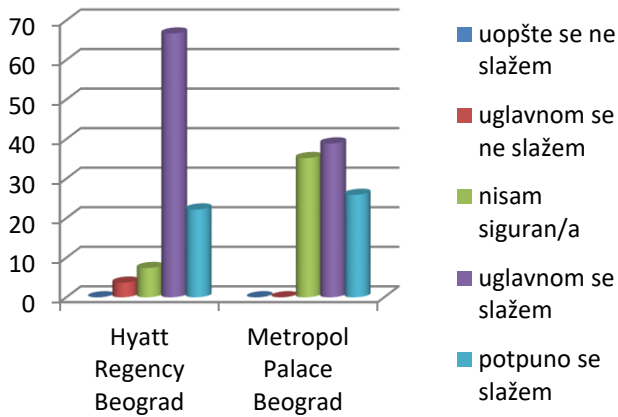
Grafik 4. Konverzacije i razmene mišljenja sa drugim korisnicima su omogućeni kroz društvene medije koje koriste luksuzni turistički brendovi

Sa Grafika 4 može se zaključiti da većina ispitanika u slučaju ispitivanih hotela smatra da konverzacija i razmena mišljenja sa drugim korisnicima kroz društvene medije navedenih hotela nije omogućena. Iako društveni mediji u okviru kojih ovi hoteli imaju profile, objektivno omogućavaju razmenu mišljenja među korisnicima, moguće je da je ovakav negativan stav posledica izostanka komunikacije na ovim platformama. Naime, sadržaji koji se objavljuju uglavnom ne podstiču korisnike na razmenjivanje mišljenja.



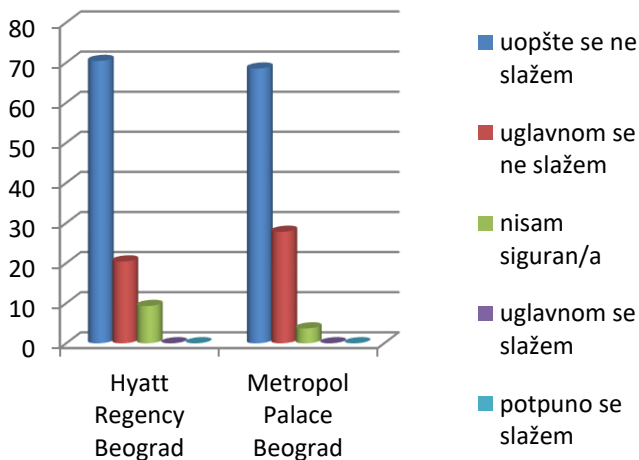
Grafik 5. Mogu lako da dam svoje mišljenje putem društvenih medija koje koriste luksuzni turistički brendovi

Kao što se može videti sa Grafika 5 većina ispitanika smatra da može lako da iznese mišljenje na društvenim medijima hotela. Društveni mediji kao takvi omogućavaju lako deljenje mišljenja i informacija, te je jasno zašto ispitanici imaju pozitivan stav o ovome. Ipak treba praviti razliku između mogućnosti iskazivanja mišljenja i direktnog iskazivanja.



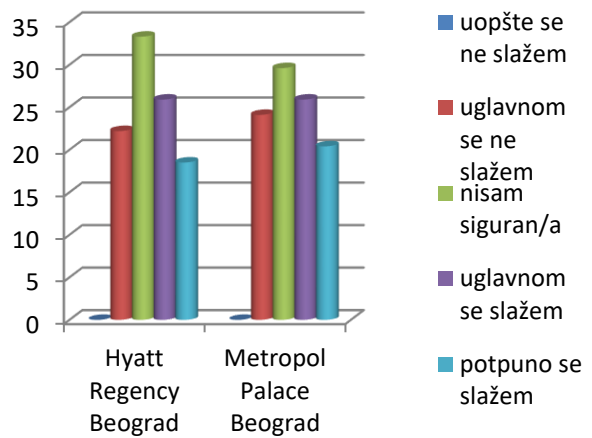
Grafik 6. U okviru društvenih medija luksuznih turističkih brendova nalaze se najnovije informacije

Rezultati u okviru Grafika 6 ukazuju da ispitanici smatraju u većoj meri da se u slučaju oba hotela na njihovim društvenim medijima objavljuju najnovije informacije, s tim što je percepcija objavljivanja informacija pozitivnije ocenjena kod hotela HRB, u odnosu na MPB. Ovakvi rezultati su potencijalno posledica učestalosti kojom hoteli posredstvom društvenih medija objavljuju informacije, s obzirom na to da HRB učestalije objavljuje sadržaje, u odnosu na MPB, koji sa manjom učestalošću objavljuje nove sadržaje.



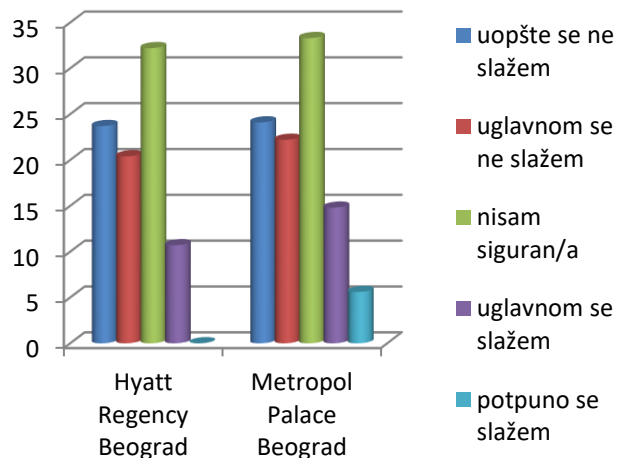
Grafik 7. Korišćenje društvenih medija luksuznih turističkih brendova je veoma popularno

U okviru Grafika 7 je prikazano da ispitanici smatraju da korišćenje društvenih medija u slučaju oba hotela nije popularno. Ovakav rezultat se može ponovo objasniti samom strukturom uzorka.



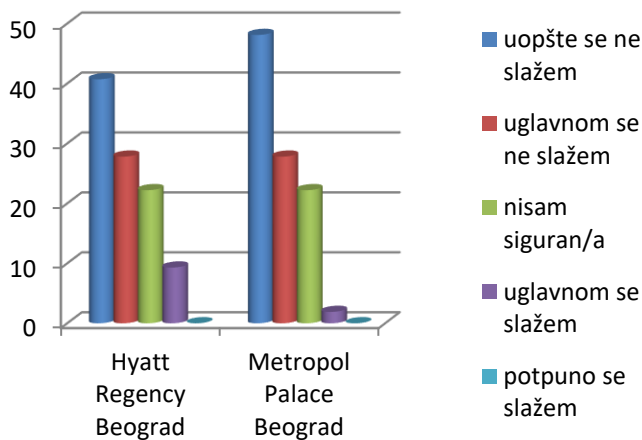
Grafik 8. Društveni mediji luksuznih turističkih brendova nude korisnicima prilagođenu pretragu podataka

Procena dostupnosti prilagođene pretrage podataka u društvenim medijima (Grafik 8) je ujednačena u slučaju oba hotela, i relativno približan broj ispitanika ima negativan, neutralan i pozitivan stav. Verovatno je da su ovakvi rezultati dobijeni usled različitog razumevanja od strane ispitanika šta se podrazumeva pod prilagođenom pretragom podataka.



Grafik 9. Želeo/la bih da prosledim informacije o brendu ili drugim sadržajima društvenih medija luksuznih turističkih brendova svojim prijateljima

Na osnovu rezultata prikazanih na Grafiku 9, može se zaključiti da većina ispitanika ima neutralan i negativan stav kada je u pitanju prosleđivanje informacija o pomenutim hotelima svojim prijateljima. Vrlo verovatno je ovakav rezultat posledica toga što mladi uglavnom nisu zainteresovani za većinu sadržaja koje hoteli objavljuju, te stoga i ne vide potrebu za njihovim prosleđivanjem svojim prijateljima.



Grafik 10. Želeo/la bih da postavim sadržaje društvenih medija luksuznih turističkih brendova na svoj lični blog.

Kao što se može videti sa Grafika 10, većina ispitanika izveštava da ne bi na svoj lični blog postavila sadržaj društvenih medija luksuznih hotela. Ovakav negativan stav može biti posledica same prirode sadržaja koji nije interesantan mladima, kao i činjenice da svi ispitanici nemaju svoje lične blogove, te bi u budućim istraživanjima trebalo pored blogova uvrstiti društvene mreže poput Facebooka, Twittera, Instagrama i sl., koje većina ispitanika ima.

#### 4. ZAKLJUČAK

Realizovano istraživanje ima, kako teorijski doprinos, tako i praktične implikacije. Teorijski doprinos se ogleda u sticanju uvida da luksuzni turistički brendovi u Srbiji ne koriste u dovoljnoj meri mogućnosti digitalnog marketinga posredstvom društvenih medija, naročito među mladima. Ovo istraživanje može poslužiti kao osnov za buduća istraživanja koja će biti usmerena ka detaljnijoj analizi predstavljanja brendova u društvenim medijima. Praktične implikacije podrazumevaju korišćenje dobijenih podataka u svrhu razvijanja boljih digitalnih marketinških strategija i unapređenja poslovanja luksuznih turističkih brendova. U budućim istraživanjima bilo bi poželjno proširiti uzorak, obezbediti njegovu veću heterogenost, kako bi rezultati istraživanja bili validniji i generalizabilniji.

#### LITERATURA

[1] Narteh, B., Agbemabiese, C., Kodua, P., & Braimah, M. (2013). Relationship marketing and customer loyalty:

- Evidence from the Ghanaian luxury hotel industry. *Journal of Hospitality Marketing & Manag*, 22, 407-436.
- [2] Kandampully, J., & Suhartanto, D. (2000). Customer loyalty in the hotel industry: the role of customer satisfaction and image. *International journal of contemporary hospitality management*, 12, 346-351.
- [3] Baloglu, S., & Pekcan, Y. A. (2006). The website design and Internet site marketing practices of upscale and luxury hotels in Turkey. *Tourism management*, 27, 171-176.
- [4] O'Connor, P., & Murphy, J. (2004). Research on information technology in the hospitality industry. *Journal of Hospitality Management*, 23, 473-484.
- [5] Gallagher, J., & Ransbotham, S. (2010). Social media and customer dialog management at Starbucks. *MIS Quarterly Executive*, 9, 197-212.
- [6] Kozinets, R. V., Wojnicki, A. C., & Wilner, S. J. (2010). Understanding word-of-mouth marketing in online communities. *Journal of marketing*, 74, 71-89.
- [7] Correa, T., Hinsley, A. W., & De Zuniga, H. G. (2010). Who interacts on the Web?: The intersection of users' personality and social media use. *Computers in Human Behavior*, 26, 247-253.
- [8] Kim, J., & Ko, E. (2012). Do social media marketing activities enhance customer equity? An empirical study of luxury brand. *Journal of Business Research*, 65, 1480-1486
- [9] Phan, M., Thomas, R., & Heine, K. (2011). Social media and luxury brand management: The case of Burberry. *Journal of Global Fashion Marketing*, 2, 213-222.
- [10] Leung, X. Y., Bai, B., & Stahura, K. A. (2015). The marketing effectiveness of social media in the hotel industry: A comparison of Facebook and Twitter. *Journal of Hospitality & Tourism Research*, 39, 147-169.
- [11] Zervas, G., Proserpio, D., & Byers, J. W. (2017). The rise of the sharing economy: Estimating the impact of Airbnb on the hotel industry. *Journal of Marketing Research*, 54, 687-705.
- [12] Withiam, G. (2011). Social media and the hospitality industry: Holding the tiger by the tail.
- [13] Kaplan, A. M., & Haenlein, M. (2010). Users of the world, unite! The challenges and opportunities of Social Media. *Business horizons*, 53, 59-68.
- [14] Schultz, D. E., & Block, M. P. (2012). Rethinking brand loyalty in an age of interactivity. *IUP Journal of Brand Management*, 9, 21.
- [15] Schultz, D. E., & Peltier, J. (2013). Social media's slippery slope: challenges, opportunities and future research directions. *Journal of research in interactive marketing*, 7, 86-9

# IMPLEMENTACIJA SISTEMA ZA E-UČENJE SLUŽBENIKA GRADSKJE UPRAVE

## THE IMPLEMENTATION OF THE E-LEARNING SYSTEM FOR CIVIL SERVANTS

Marija Krstić<sup>1</sup>, Lazar Krstić<sup>1</sup>, Valentina Stanković<sup>1</sup>  
*Visoka poslovna škola strukovnih studija Leskovac<sup>1</sup>*

**Sadržaj** - Potreba za dodatnom edukacijom zaposlenih u institucijama se neminovno nameće, i za iste je od presudne važnosti da se odvija u vremenu koje ne remeti njihove dnevne obaveze. Sistemi za e-učenje obezbeđuju fleksibilnost u pogledu organizacije vremena i pogodan su način za usvajanje novih znanja, naročito za zaposlene. Cilj rada jeste da se u skladu sa realnim potrebama službenika Gradske uprave odabere odgovarajuće softversko rešenje za izgradnju sistema za e-učenje. Takođe, kroz adekvatnu funkcionalnost i jednostavan korisnički interfejs, sistem treba da omogućiti lako sticanje novih znanja, koje će službenicima omogućiti lakše obavljanje svakodnevnih poslovnih aktivnosti.

**Abstract** - The need for additional education of those employed by institutions is evidently importunate and enabling them to acquire that education without interfering with their daily duties is of absolute importance. E-learning systems secure flexibility with respect to time management and represent a comfortable means of acquiring new knowledge, especially for employees. The aim of this paper is to, in accordance with the needs of local government's employees select an appropriate software solution for e-learning system creation. Also, this system is intended for easy acquisition of knowledge through adequate functionality and simple user interface which will enable civil servants to perform their daily duties efficiently.

### 1. UVOD

Učenje i znanje u današnja vremena, gde preovladavaju konstantne promene, predstavljaju ključ uspešnosti i opstajanja svake institucije. U modernoj ekonomiji znanje je najvažniji resurs poslovanja, dok je ulaganje u obrazovanje i usavršavanje ljudi najbitniji element razvojne politike. Naime, planiranje kadrova i njihovo obrazovanje predstavlja ključno pitanje svakog društva, ono ne predstavlja potrošnju, već investiciju u budućnost.

Primena informaciono-komunikacionih tehnologija u javnoj administraciji, praćena je organizacionom transformacijom i obezbeđivanjem kadrova, potrebnih znanja i sposobnosti, koji će poslove obavljati na efikasniji način, primenom novih informaciono-komunikacionih alata. E-učenje u institucijama obezbeđuje inovaciju znanja uposlenika koja se primenjuju u praksi.

### 2. EDUKACIJA ZAPOSLENIH U INSTITUCIJAMA

Brzina priliva i složenost informacija tehnološkog i naučnog znanja u savremenom informatičkom dobu nameću ugrađivanje stalnog procesa učenja i u organizaciju savremene institucije. Budućnost e-učenja zahteva sadržajna i tehnološka unapređenja, kako bi se iskoristile mogućnosti koje se kriju u tehnologiji.

E-učenje se sve više prihvata kao važno sredstvo za efikasnu obuku uposlenika. Primena e-učenja u institucijama bazira se na osiguranju adekvatnog korišćenja tehnologije, kako bi dala očekivane rezultate. Povećanje mogućnosti postizanja očekivanih rezultata zahteva sistematično pristupanje procesu e-učenja, u skladu sa trenutnim potrebama institucije i okruženjem u kojem zaposleni uče i rade.

E-učenje kao vid osposobljavanja i dodatne edukacije zaposlenih ima prednost u svim radnim organizacijama, koje ne mogu podneti troškove i gubitak vremena za osposobljavanje u učionici. Takođe, potrebno je uložiti dodatne napore kako bi organizacije shvatile, isplanirale i primenjivale e-učenje u skladu sa svojim zahtevima i potrebama.

Osnovna prednost e-učenja ogleda se u fleksibilnosti nastavnog sadržaja, ali i samog procesa učenja. Takođe, e-učenje ne zavisi od mesta i vremena odvijanja nastave, omogućava brzo prilagođavanje, individualizaciju učenja, bolje pamćenje sadržaja, kao i merenje efikasnosti učenja. Može se reći da su temeljna načela o razvoju sistema za e-učenje bazirana na stavljanju korisnika u prvi plan, i to:

- sistemi za e-učenje orijentisani prema korisniku trebaju omogućiti samotestiranje korisnika kako bi korisnici pronašli svoje mesto tokom realnog procesa učenja;
- sistemi za e-učenje orijentisani prema korisniku trebaju biti fleksibilni i omogućiti metodološke različitosti za različite grupe korisnika;
- sistemi za e-učenje orijentisani prema korisniku trebaju ponuditi platformu informacija kako bi se omogućila refleksija na pozicije tokom procesa učenja i razvoj ličnih strategija učenja;
- sistemi za e-učenje orijentisani prema korisniku trebaju uzeti u obzir da je biografija učenja svakog pojedinog korisnika mnogo važnija za uspeh procesa učenja nego tehnološke mogućnosti upravljanja bilo kojeg procesa učenja;

- sistemi za e-učenje orijentisani prema korisniku trebaju omogućiti najvišu moguću fleksibilnost s obzirom na pojedinačne aspekte, iz razloga što je proces e-učenja manje-više samovođen proces.

Korisnici sistema za upravljanje e-učenjem jesu:

- Preduzeća svih veličina, od velikih multinacionalnih kompanija do malih i srednjih preduzeća.
- Organizacije, od Ujedinjenih nacija do lokalnih zajednica, uključujući i nevladine organizacije i neprofitne organizacije.
- Vladine agencije i lokalne samouprave.
- Tradicionalne obrazovne institucije (škole, fakulteti, univerziteti).
- Obrazovne institucije bazirane na onlajn i elektronskom učenju.

Sistem za upravljanje e-učenjem (LMS) predstavlja programsku podršku koja globalno omogućava potpuno administriranje procesa učenja i podučavanja. LMS je softver za administraciju, dokumentovanje, praćenje i izveštavanje o procesu učenja, o korisnicima, događajima i resursima za učenje. Sastoji se od standardizovanih komponenti za učenje, dizajniranih tako da povežu učenje sa postojećim informatičkim sistemom unutar institucije ili putem veb portala za učenje. Predstavlja jedan od najzastupljenijih vidova edukacije u korporativnom sektoru, a treba da omogućí:

- centralizovanu i automatizovanu administraciju;
- prikupljanje i brzo dostavljanje sadržaja za učenje;
- učvršćivanje inicijative obrazovanja na merljivim veb platformama;
- podržavanje prenosivosti i standarda;
- prilagođavanje sadržaja i ponovnog korišćenja znanja.

Dobar sistem za upravljanje e-učenjem mora biti standardizovan, odnosno treba da podržava SCORM (Sharable Content Object Reference Model) koji predstavlja skup standarda i pravila za e-učenje. SCORM standard uvodi termin deljenog objekta sadržaja SCO (eng. Sharable Content Object) za koji se može reći da predstavlja osnovnu jedinicu materijala za učenje tj. objekat učenja [1]. Objekat učenja se može sastojati od teksta, slika, video sekvenci ili čak interaktivnih sadržaja kao što su flash ili java aplikacije. Važno je da objekat učenja predstavlja logičnu i zaokruženu celinu koja se može uklopiti u odgovarajući elektronski kurs. Strukturu elektronskog kursa čini određeni broj objekata učenja poređanih po odgovarajućem redosledu.

Osnovne postavke SCORM standarda:

- Trajnost - uprkos tehnološkom napretku, moguće je koristiti ranije napravljene materijale za e-učenje, ukoliko su isti napravljani po SCORM standardu.
- Prenosivost - kreirani materijali za e-učenje na nekoj SCORM kompatibilnoj platformi mogu se koristiti na bilo kojoj drugoj, bez obzira na proizvođača platforme.

- Ponovna upotrebljivost - objekti učenja se mogu više puta upotrebljavati kao deo različitih obrazovnih celina.
- Dostupnost - materijali za e-učenje napravljeni po SCORM standardu mogu se klasifikovati i pronaći meta podacima.

Potrebe za obrazovanjem predstavljaju potrebe institucije i pojedinca. Zapravo, institucija ima potrebu da u njoj rade kadrovi koji su obučeni, ažurni i obrazovani, dok pojedinac ima potrebu za sticanjem novih stručnih znanja, veština i stručne podrške, koja je potrebna za suočavanje sa novim zahtevima i poslovima. Usklađenost potreba kako za institucije, tako i za pojedince predstavlja utvrđivanje potreba za obrazovanjem. Znanje se u ovom slučaju može predstaviti kao razlika između postojećih i neophodnih znanja i veština potrebnih za realizovanje tekućih i planiranih poslova.

## 2.1 PREDNOSTI PRIMENE E-UČENJA U INSTITUCIJAMA

Tehnološki napredak nudi nove mogućnosti, ali zahteva i dodatna angažovanja zaposlenih kroz edukaciju i unapređenje postojećih znanja. Naime, istraživanja pokazuju da službenici gradskih uprava obično poseduju osnovnu informatičku pismenost i delimično poznaju Internet tehnologije, tako da je evidentna potreba za dodatnom obukom zaposlenih u cilju pružanja boljih i sofisticiranih usluga građanima.

Jedna od najprihvatljivijih metoda obuke zaposlenih u službama Gradske uprave je uvođenje e-učenja. E-učenje pomaže u sticanju boljih performansi zaposlenih, utiče na unapređenje njihove komunikacije, saradnje i timskog rada. Postoje mnogi argumenti u prilog e-učenju, dok se oni protiv uglavnom odnose na obaveznu informatičku pismenost i nepostojanje fizičke interakcije. E-učenje postaje sve više i više prihvaćena metoda učenja za ekonomičnu i inovativnu isporuku znanja među zaposlenima. Pravilno sprovedena edukacija daje uštede koje se vide kroz povećanu produktivnost, znanje, odanost i doprinos zaposlenih organizaciji.

E-učenje na nivou organizacije obezbeđuje finansijsku korist, dok u isto vreme poboljšava mogućnosti za obuku. Sa druge strane obezbeđuje i mnoge nematerijalne koristi organizaciji.

### 1. Strateške prednosti

- Unapređenje razvoja veština zaposlenih kroz pristup širokom spektru kurseva koji ranije nisu bili dostupni;
- Podsticanje saradnje;
- Primena standardnih intelektualnih sposobnosti.

### 2. Finansijske koristi

- Eliminisanje suvišnih aktivnosti pri edukaciji zaposlenih;
- Smanjenje putnih troškova, troškova obuke, i administrativnih troškova obuke.

### 3. Operacione prednosti

- Bolji proces učenja preko onlajn kurseva, umesto skupih tradicionalnih metoda obuke;
- Povezivanje neophodne sposobnosti i razvoja na individualnom planu/nivou;
- Omogućavanje konstantnog pristupa edukativnim sadržajima;
- Predavači su u mogućnosti da se posvete edukaciji umesto administraciji;
- Implementacija odabranog sistema za e-učenje obezbeđuje zvanični sistem u kome se vrši arhiviranje svih kurseva i njihovih sadržaja.

### 4. Nematerijalne koristi

- Unapređenje efikasnosti edukacije kao rezultata obrazovanja i pametnije radne snage, koju odlikuje bolja moć rasuđivanja i donošenja odluka;
- Omogućavanje jedinstvenog onlajn pristupa za prijavljivanje na željeni kurs, dok katalog kurseva olakšava proces administracije;
- Onlajn pristup kursovima sa bilo koje lokacije, i u bilo koje vreme, preko veb pregledača.

## 2.2 CILJEVI EDUKACIJE ZAPOSLENIH U INSTITUCIJAMA

Napredak tehnologije pruža nove mogućnosti i prednosti, a neke od njih jesu svakako novi načini edukacije i stručnog osposobljavanja. Edukacija zaposlenih nije trošak, već investicija. To je ulaganje koje doprinosi razvoju pojedinaca, povećanju produktivnosti zaposlenih i opšteg poslovnog uspeha.

Opšti ciljevi edukacije zaposlenih jesu [2]:

- radna uspešnost,
- sticanje znanja iz novih tehnologija,
- izbegavanje zastarevanja znanja i usporavanja praćenja novih tehnologija iz određenih oblasti (struke),
- usmeravanje novih zaposlenih.

Posebni ciljevi usmereni su ka specifičnim zadacima pojedinih zaposlenih, koji se moraju edukovati za izvršenje takvih zadataka. Opšti i posebni ciljevi edukacije imaju zajedničke interese, koji podrazumevaju razvijanje radnih navika i metoda rada koje daju optimalne rezultate, motivaciju za daljim učenjem i usavršavanjem, i razvijanje pozitivnog stava svih zaposlenih prema radu.

## 2.3 UVOĐENJE E-UČENJA KAO PODRŠKE RAZVOJU E-UPRAVE

Savremena državna uprava podrazumeva zamenu zastarele i fragmentisane administrativne strukture modelom korporativne uprave, koji podrazumeva postojanje raspodele i jasnog definisanja nadležnosti među različitim organima, kako bi efikasno komunicirali, razmenjivali podatke i pružali javne usluge poslovnim sektoru i građanima. Usluge moraju biti racionalizovane, organizovane prema potrebama korisnika, automatizovane i dostupne elektronskim putem.

E-uprava povećava zadovoljstvo korisnika javnim uslugama, smanjuje teret administracije za privredne subjekte i građane i time poboljšava efikasnost javne uprave upotrebom informaciono-komunikacionih tehnologija. Važno je naglasiti da e-uprava predstavlja jedan od najsnažnijih alata u borbi protiv korupcije i sive ekonomije, imajući u vidu da se uvođenjem e-uprave poslovni procesi informatizuju, pa se samim tim smanjuje uticaj ljudskog faktora na realizaciju kompletne usluge.

E-upravu kao veb baziranu tehnologiju, lokalna uprava koristi u vidu komunikacionog kanala koji je ponuđen posetiocima, građanima, poslovnim partnerima, drugim lokalnim upravama i zaposlenima. E-uprava obezbeđuje jeftinije, kvalitetnije, efikasnije i bolje zadovoljavanje zahteva korisnika.

Na osnovu podataka onlajn mreže Ujedinjenih nacija za javnu upravu i finansije (United Nations Public Administration Network - UNPAN), objavljenih u publikaciji „United Nations E-Government Survey“ za 2014., 2016. i 2018. godinu [3], kreiran je tabelarni prikaz indeksa razvoja e-uprave (E-Government Development Index - EGDI) u zemljama Južne Evrope po godinama. Indeks razvoja e-uprave predstavlja stepen razvijenosti e-uprave, a odnosi se na merenje kapaciteta i spremnosti zemalja da koriste e-upravu [4].

Tabela 1. Indeksi razvoja e-uprave po godinama

Južna Evropa	2014.	2016.	2018.
Albanija	0,50	0,53	0,65
Andora	0,64	0,63	0,68
Bosna i Hercegovina	0,47	0,51	0,53
Hrvatska	0,63	0,71	0,70
Grčka	0,71	0,69	0,78
Italija	0,76	0,77	0,82
Malta	0,65	0,74	0,80
Crna Gora	0,63	0,67	0,69
Portugal	0,69	0,71	0,80
San Marino	0,58	0,55	0,64
Srbija	0,55	0,71	0,71
Slovenija	0,65	0,77	0,77
Španija	0,84	0,81	0,84
Makedonija	0,47	0,58	0,63

Indeks razvoja: 0,10-0,30 - nizak; 0,30-0,50 - srednji; 0,50-0,70 - visok; 0,70 i preko - veoma visok

Pored nedovoljnog informatičkog obrazovanja, kako kod pojedinih službenika u upravi, tako i kod građana, i obezbeđenja privatnosti podataka, problemi koji nepovoljno utiču na uvođenje i razvoj e-uprave jesu i:



- nedovoljna svest o potencijalnom doprinosu informaciono-komunikacionih tehnologija kod rukovodećeg kadra,
- nepostojanje IT odeljenja u mnogim opštinama u Srbiji, pa čak ni IT radnih mesta (običano postoji jedna osoba u IT sektoru i ona se bavi održavanjem sistema),
- otpor prema promenama i shvatanja da će koncept e-uprave ugroziti trenutne pozicije pojedinaca,
- rešenja koja se primenjuju u lokalnim upravama obično zavise od organizacije i nivoa informacionog razvoja zemlje.

Razvoj e-uprave prati razvoj novih tehnologija, te shodno tome, potrebno je obezbediti adekvatan vid edukacije zaposlenih u upravi, kao i samih građana, sa ciljem iskorišćenja svih prednosti koje e-uprava nudi. Prihvatljivo rešenje jeste kreiranje sistema za upravljanje e-učenjem, prilagođenog njihovim potrebama. Putem odgovarajućih e-obuka i kurseva iz oblasti informaciono-komunikacionih tehnologija, moguće je obezbediti kako usvajanje, tako i efikasnije pružanje i korišćenje servisa koje e-uprava nudi.

#### **2.4 PRIMENA SISTEMA ZA UPRAVLJANJE E-UČENJEM U INSTITUCIJAMA**

Danas zaposleni moraju obraditi više informacija i to u što kraćem roku, te je iz tog razloga jako bitno fokusirati se na profesionalni razvoj zaposlenih. Učenje visokog kvaliteta poboljšava performanse svakog zaposlenog, što predstavlja preduslov za ostvarenje temeljenog poslovnog uspeha. Zato je važno odabrati adekvatan način na koji će se odvijati e-učenje. Naime, moderne tehnologije moraju biti dostupne svima, ali njihova upotreba mora biti pažljivo isplanirana i implementirana.

Primena naučenog je glavni cilj obuka koje se organizuju za zaposlene. Ukoliko stečeno znanje nije primenljivo u poslu koji zaposleni radi, onda se ne može očekivati da će zaposleni postati uspešniji zahvaljujući obukama. E-obuke u poređenju sa klasičnim obukama imaju niz prednosti, kao što su, u prvom redu, niži troškovi, veća fleksibilnost i bolja prilagođenost individualnim potrebama svakog polaznika.

Inovacije se često teško prihvataju u lokalnim samoupravama, kako zbog malih budžeta, tako i zbog konzervativnih načina razmišljanja. To je slučaj i sa e-učenjem, kao vidom dodatne edukacije zaposlenih. E-učenje (e-obuke) trebaju da pojednostave administrativne procedure i učine ih što transparentnijim.

Učenje na daljinu ili e-obuka još uvek je relativno nov način učenja za lokalne samouprave u Srbiji. Praksa je pokazala da je ovaj način obuke efikasan za prenos znanja, da omogućava učesnicima da uče u vreme kada njima odgovara, a uz stalnu podršku mentora i interakciju sa drugim polaznicima kroz onlajn forume. U poređenju sa tradicionalnim učenjem, obuka na daljinu omogućava većem broju polaznika sa različitih lokacija da istovremeno učestvuju u programu. E-obuka takođe

omogućava značajne finansijske uštede i skraćuje vreme koje protekne između početka obuke i primene stečenih znanja.

Analizom dostupnih izvora sa Interneta, došlo se do podataka da je i kod zemalja u okruženju razvijena svest o potrebi e-učenja zaposlenih u upravama gradova i opština, kao i građana. Kod pojedinih zemalja postoje razvijeni sistemi za e-učenje zaposlenih u upravama gradova i opština, dok se kod drugih govori o tome kao o budućem trendu i planira izgradnja i implementacija istih.

#### **2.5 PLATFORME ZA E-UČENJE POGODNE ZA EDUKACIJU ZAPOSLENIH**

U kontekstu u kome treba usavršiti radne veštine i kompetencije zbog brzih promena na tržištu rada, elektronsko učenje se dokazalo kao efikasno rešenje. Da bi se sprovedla edukacija zaposlenih, neophodno je odabrati odgovarajuću platformu za e-učenje i izgraditi sistem prilagođen potrebama krajnjih korisnika.

Danas je na raspolaganju veliki broj kako komercijalnih (Blackboard Inc, SumTotal System, Desire2Learn, Interactyxov Topyx, Halogen eLearning Manager...), tako i open-source (Moodle, Chamilo, ATutor, Claroline, eFront, Sakai, ILIAS...) platformi za e-učenje. Koja će od platformi biti iskorišćena zavisi od više faktora, a neki od najbitnijih jesu:

- ko su korisnici sistema i kakve su njihove karakteristike u pogledu stručnosti,
- jednostavnost upotrebe,
- troškovi,
- da li je željeni sistem dostupan (da li ga je moguće instalirati na vlastiti server ili ga je potrebno iznajmljivati kao uslugu),
- koji bi se alati hteli koristiti unutar sistema,
- da li sistem nudi kvalitetnu korisničku i tehničku podršku.

Nakon analize raspoloživih platformi za e-učenje, uz razmatranje najbitnijih faktora, odabrana je Chamilo platforma, kao pogodan alat za izgradnju sistema za e-učenje i inovaciju znanja službenika Gradske uprave. Radi se o platformi otvorenog koda koja obezbeđuje fleksibilnu i efektanu onlajn edukaciju, jednostavna je za korišćenje i raspolaze velikim brojem alata za kreiranje i organizaciju onlajn kurseva [5].

### **3. SISTEM ZA E-UČENJE I INOVACIJU ZNANJA SLUŽBENIKA GRADSKJE UPRAVE**

Realizovani „Sistem za e-učenje i inovaciju znanja službenika Gradske uprave“ („E-learning sistem“) predstavlja veb bazirano softversko rešenje u čijoj je osnovi zapravo „Chamilo LMS“ platforma. Sistem integriše različite alate e-učenja u jednu funkcionalnu celinu, koju faktori procesa učenja doživljavaju kao virtualnu sredinu za učenje, a kreiran je u cilju edukacije i/ili unapređenja postojećih znanja službenika Gradske uprave i građana.

Sistemom su obuhvaćena tri nivoa korisničkih uloga:

- Administrator sistema - održava i uređuje sistem, vodi evidenciju o katalogu kurseva, postavlja i šalje obavještenja putem sistema, registruje i vodi evidenciju o polaznicima i predavačima kursa, ima mogućnost postavljanja kursa i praćenja njegove evaluacije od strane polaznika, kao i generisanja zbirnog izveštaja po kursu i certifikata o završenoj obuci.
- Predavač - kreira i organizuje lične kurseve, komunicira sa polaznicima kursa, ima mogućnost praćenja evaluacije svojih kurseva od strane polaznika, kao i generisanja zbirnog izveštaja po kursu i certifikata o završenoj obuci.
- Polaznik kursa (službenici Gradske uprave) - registruje se na sistem i prijavljuje na kurs koji želi da pohađa, prati putanju učenja za odabrani kurs (izučavanje postavljenih lekcija, rešavanje testova i pregled dodatnih resursa), komunicira sa predavačem i drugim polaznicima kursa.

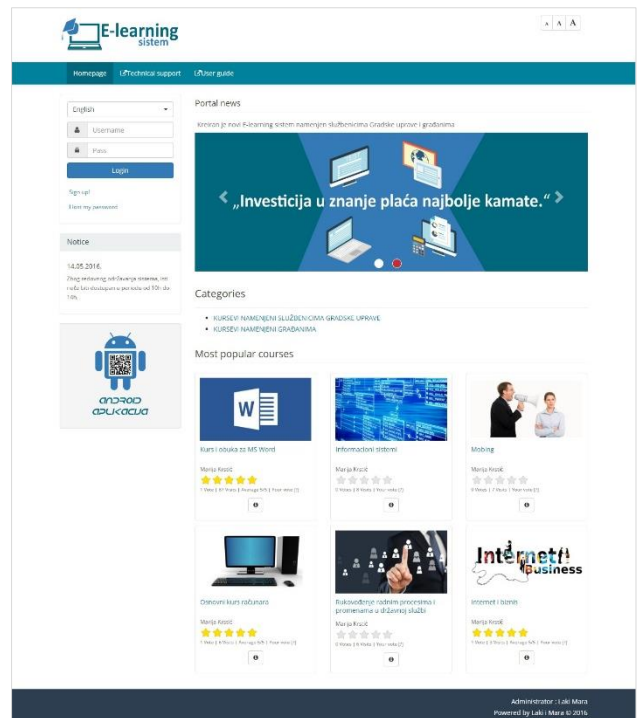
Implementirani sistem za e-učenje namenjen je sticanju novih i/ili unapređenju postojećih znanja službenika Gradske uprave. Cilj je uspostaviti održiv sistem obuke na lokalnom nivou i korisnicima pružiti e-obuke koje doprinose razvoju visoko profesionalne, odgovorne i efikasne lokalne samouprave.

E-obuke (kursevi) obuhvaćene sistemom prilagođene su potrebama ciljnih grupa. Postavljeni materijali se mogu iskoristiti kao osnova za dalji rad, kako bi se odgovorilo na posebne potrebe i zahteve lokalnih samouprava.

Kurseve kreiraju i postavljaju predavači u skladu sa trenutnim realnim potrebama Gradske uprave. Naime, u skladu sa potrebama krajnjih korisnika vršice se njihov odabir i definisati struktura sadržaja. S obzirom da se radi o veb baziranom softverskom rešenju, sistem je u potpunosti prilagođen korisniku i omogućava pristup sadržaju i materijalima u fleksibilnim okvirima.

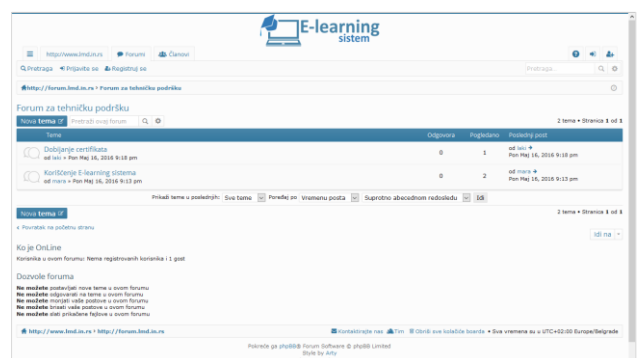
„E-learning sistem“ karakteriše jednostavan, funkcionalan dizajn, prilagođen potrebama krajnjih korisnika. Na slici 1 prikazani su blokovi iz kojih se sastoji početna strana „E-learning sistema“:

- blok namenjen prijavljivanju korisnika na sistem, u okviru istog se nalaze linkovi za samoregistraciju i promenu izgubljene lozinke kao i padjuća lista iz koje se može odabrati jezik sistema;
- blok namenjen prikazivanju obavještenja na dnevnom nivou;
- blok namenjen prikazivanju najvažnijih vesti;
- blok namenjen preuzimanju mobilne aplikacije;
- blok namenjen prikazivanju kategorija i podkategorija onlajn kurseva;
- blok namenjen prikazivanju najpopularnijih kurseva na sistemu;
- blok namenjen prikazivanju trenutnog broja korisnika prijavljenih na sistem i opcije za povećanje fonta na sistemu.



Slika 1. Početna strana „E-learning sistema“

Pored početne strane u sklopu navigacije nalaze se i stranice „Tehnička podrška“ i „Korisničko uputstvo“. Tehnička podrška je osmišljena u vidu foruma, gde svako od registrovanih korisnika može započeti temu, kao i diskutovati u okviru postojećih (slika 2). Korisničko uputstvo, odnosno vodič za polaznike kursa „E-learning sistema“, namenjeno je svim licima koja se prvi put susreću sa onlajn načinom pohađanja kurseva, odnosno konkretnim sistemom, a ima za cilj pružanje pomoći i informacija o načinu njegovog korišćenja. Korisničko uputstvo se može preuzeti ili posmatrati u okviru veb pregledača.

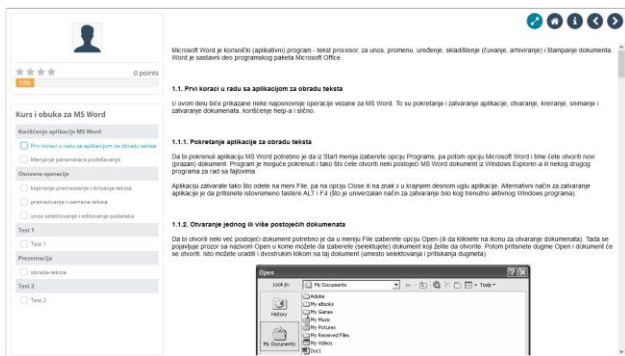


Slika 2. Forum za tehničku podršku

Pristup onlajn kursevima nezavisno od kategorije kojoj pripadaju, zahteva registraciju na sistem. Pored obavezne registracije, kursevi namenjeni službenicima Gradske uprave zaštićeni su i odgovarajućom šifrom, koju je potrebno uneti kako bi se pristupilo sadržajima kurseva.

Za svaki od postavljenih kurseva osmišljena je putanja učenja u cilju vođenja polaznika kroz određeni redosled učenja. Kvalitet postavljenih materijala za učenje i pravilno organizovanje objekata učenja u okviru putanje

učenja, u velikoj meri utiču na uspešnost savladanosti kursa. Nakon registracije na sistem i odabira željenog kursa, polaznik odlazi na putanju učenja kursa koji pohađa i započinje ili nastavlja proces učenja (slika 3).



Slika 3. „Kurs i obuka za MS Word“ (putanja učenja)

Pored lekcija, uključeni su i testovi kao objekti učenja. Pri kreiranju testova izvršen je odabir tipova pitanja koji obezbeđuju automatsko bodovanje, tako da polaznici dobijaju direktne povratne informacije o postignutim rezultatima. Određeno je da se svaki test može pokrenuti dva puta.

Nije moguće nasumično birati objekte učenja, jer su postavljeni odgovarajući preduslovi, tako da se mora ispratiti definisana putanja učenja. Ukoliko polaznik osvoji dovoljan broj bodova, definisan u okviru alata za procenu, nakon pređene putanje učenja može preuzeti sertifikat o uspešnom savladavanju kursa.

U cilju što uspešnije savladanosti kursa, pored putanje učenja, odabrani su i drugi alati koji polaznicima mogu olakšati proces učenja. U skladu sa karakteristikama ciljnih grupa kojima su kursevi namenjeni, odabrani alati su (slika 4):

- Course description (opis kursa) - prikaz kratkog rezimea kursa.
- Documents (dokumenti) - skup dokumenata i datoteka (tekst, slike, audio, video) koji se koriste u kursu. Sistem omogućava pružanje postavljenih lekcija i njihovo izučavanje i bez konekcije na „E-learning sistem“.
- Links (linkovi) - linkovi ka spoljnim sajtovima, koji mogu koristiti polaznicima tokom kursa.
- Tests (testovi) - provera znanja.
- Announcements (obaveštenja) - obaveštenja u vezi sa kursom koja će polaznicima biti naznačena kada se prijave na kurs.
- Assessments (procene) - praćenje napretka u vidu jednostavnog, personalizovanog prikaza, kao i generisanje i izdavanje sertifikata nakon uspešnog završetka kursa.
- Glossary (rečnik) - pregled termina i definicija.
- Notebook (beležnica) - sredstvo za pisanje, čuvanje i organizovanje ličnih zabeleški.
- Chat (čet) - alat za trenutno dopisivanje koji omogućava korisnicima kursa razmenu ideja, pitanja i odgovora „uživo“, pisanom konverzacijom.



Slika 4. „Kurs i obuka za MS Word“ (odabrani alati)

#### 4. ZAKLJUČAK

Obavljanje širokog spektra poslova u službama Gradske uprave, zasniva se na poznavanju elemenata kancelarijskog poslovanja, kao i razvijenoj jezičkoj i računarskoj pismenosti. Stoga je sticanje teorijskih i praktičnih znanja iz ove oblasti neophodno za obavljanje svakodnevnih poslova. Sistemi za e-učenje obezbeđuju fleksibilnost u pogledu organizacije vremena i pogodan su način za usvajanje novih znanja, naročito za zaposlene. U konkretnom slučaju, za implementaciju sistema za e-učenje i inovaciju znanja službenika Gradske uprave, odabrana je Chamilo platforma.

Chamilo je platforma otvorenog koda, zasnovana na webu, koju prati konstantan porast korisnika kako na nivou obrazovnih institucija tako i u korporativnom okruženju. Radi se o jednostavnoj dizajniranoj platformi sa izvanrednim korisničkim okruženjem. Instalacija i konfiguracija platforme nije zahtevna, a na raspolaganju je veliki broj alata koji se mogu iskoristiti za kreiranje i organizaciju kurseva prilagođenih lokalnim zahtevima i ciljnoj populaciji. Alati se mogu prilagoditi potrebama kursa, što omogućava jednostavan i intuitivan interfejs, koji ne zahteva nikakvo posebno pređašnje tehničko znanje ili veštine. Kreirani sistem za e-učenje predstavlja rešenje za brzo i lako sticanje novih znanja, što će svakako rezultirati poboljšanjem efikasnosti poslovanja Gradske uprave, odnosno efikasnije pružanje i korišćenje usluga koje ona nudi.

#### LITERATURA

- [1] Trifković A. „Kreiranje SCORM sadržaja primenom alata Microsoft Learning Essentials“, Međunarodni Simpozijum, Tehnički fakultet Čačak, 3-5. jun 2011.
- [2] Stanković V. „Obrazovanje i obuka zaposlenih“, Visoka škola strukovnih studija za informacione tehnologije, Beograd, 2011.
- [3] Kreća M., Vasković J. „Analiza stanja servisa elektronske uprave u Srbiji“, <http://www.infotech.org.rs/blog/wp-content/uploads/radovi2013/024.pdf>
- [4] <https://publicadministration.un.org/egovkb/en-us/Reports/UN-E-Government-Survey-2018>
- [5] [https://docs.chamilo.org/en/teacher/introduction/what\\_is\\_chamilo.html](https://docs.chamilo.org/en/teacher/introduction/what_is_chamilo.html)

# Predstava znanja o vinima i razvoj sistema za podršku rada vinarija

## Presentation of knowledge about wines and development of wineries support system

Katarina Čukurov, Siniša Nikolić, Mina Medić

Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

**Sažetak** - Rad prikazuje kako se domen specifično znanje o vinima može predstaviti na formalan, mašinski čitljiv način. Formalno predstavljeno znanje o vinima iskorišćeno je za razvoj sistema za podršku rada vinarija korišćenjem Sistema baziranih na pravilima. Detaljno su opisana pravila za rezonovanje, specifikacija i implementacija sistema za podršku rada vinarija. Sistem je implementiran kao višeslojna veb aplikacija. Predstavljene su dve implementirane verzije sistema, unapređenje koje se postiglo prelaskom na drugu verziju, ali i potencijalni nedostaci druge verzije.

**Abstract** – This paper presents how the domain specific knowledge about wines can be represented in a formal, machine-readable form. Formally presented knowledge about wines was used to develop wineries support system that relies on rules-based system. The rules for reasoning, specification and implementation of the winery support system are described in detail. The system is implemented as a multi-layer web application. Two versions of the system implementation were presented. The improvement achieved by switching to the second version, as well as potential shortcomings of the same are discussed.

### 1. UVOD

U kompjuterskim naukama se Sistemi bazirani na znanju (SBNZ) primenjuju kada je neophodno omogućiti skladištenje domenskog znanja tako da postoji jasno razgraničenje znanja od kontrolnih struktura koje to znanje primenjuju tj. kada znanje ne treba da se nalazi u programskom kodu aplikacije kao kod većine konvencionalnih programa. Upotreba ovih sistema ja veoma široka, a jedna njihova konkretizacija su ekspertski sistemi. U poređenju sa konvencionalnim programima koji rešavaju problem izvršavanjem dobro definisanog algoritma, ekspertski sistemi se oslanjaju na bazu znanja u kojoj nalaze tvrdnje iz domena problema najčešće napisane u formi *if-then* pravila i činjenice o samom problemu tj. oni koriste uskladišteno domensko znanje da bi omogućili rezonovanje nad prikupljenim podacima i tako dolaze do zaključaka kojima se rešavaju konkretni problemi iz domena prikupljenog znanja [1]. Kao primer ekspertskih sistema može se navesti sistem koji u računovodstvu i finansijama pomaže pri finansijskim analizama i investicijama [2], kategorizaciji kredita, određivanju stope poreza [3], sistem koji omogućava automatsko naručivanje robe [4], ili pak sistem koji omogućuje evaluaciju naučnih publikacija [5].

Polazna pretpostavka bila je da se domen specifično znanje o vinima može predstaviti na formalan način u mašinski čitljivoj formi i da se takvo predstavljeno znanje može iskoristiti za izgradnju inteligentnog sistema za podršku rada vinarija koji bi se zasnivao na sistemu baziranom na pravilima.

Osnovni motiv za predstavu domenski specifičnog znanja o vinima na formalan način je mogućnost da se tako definisano znanje iskoristi za izgradnju inteligentnog SBNZ, jer ekspertiza o vinima nije uvek dostupna svim vinarijama kada je ona neophodna (npr. nepostojanje eksperata u vinarijama - visoki troškovi angažmana, geografska udaljenost eksperata, itd.). Dodatna motivacija bile su beneficije koje se postižu kada se znanje napiše u formi pravila (deklarativnog programiranja) u odnosu na konvencionalni programski kod, jer sa takva predstava znanja lakše čita, održava i menja, čak i za one koji nisu upoznati sa programiranjem [6]. Takođe, takva predstava znanja se može lako razmeniti i iskoristiti i u drugim SBNZ sistemima.

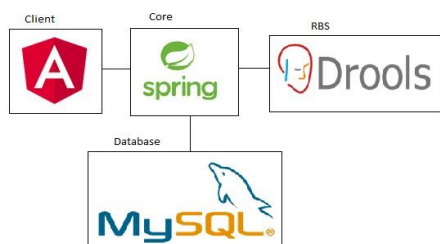
Rad je nastao iz istraživanja čija je tema bila razvoj sistema baziranog na pravilima koji bi bio podrška vinarima prilikom formiranja određenih tipova vina na osnovu određenih sorti grožđa, i koji bi takođe mogao da se koristi za unapređenja znanja poznavanja vina, informišući korisnike sistema o vinima i grožđu. Konkretno, neophodno je bilo kreirati sistem sa kojim bi korisnici mogli da saznaju koja vina se prave od mešavine kojih grožđa, da vide regione i vinarije u kojima se ta vina proizvode, kao i da sami simuliraju pravljenje određenog vina kombinujući i mešajući određene sorte grožđa.

Za potrebe istraživanja analizirana je stručna literatura iz oblasti vinarstva, ostvaren je kontakt sa ekspertima, a sve sa ciljem definisanja, sistematizacije i formulisanja domenskog znanja o vinima u formalnom obliku. Analizirana su postojeća rešenja koja koriste sisteme bazirane na pravilima. Za modelovanje specifikacije arhitekture sistema korišćeni su CASE alati koji su bazirani na objektno-orijentisanom metodologiji (UML). Za implementaciju sistema za podršku rada vinarija korišćena je Java platforma i tehnologije koje olakšavaju koje olakšavaju kreiranje veb aplikacija kao što su Spring, Rest, Angular, itd. Pored navedene opšte metodologije za razvoj softverskih sistema korišćeni su i primeri dobre prakse u razvoju informacionih sistema.

U daljem radu će biti opisan razvoj sistema, korišćene tehnike i tehnologije, njegova specifikacija i implementacija, pravila za rezonovanje i prikaz korišćenja implementiranog rešenja.

## 2. KORIŠĆENE TEHNIKE I TEHNOLOGIJE

Sistem za podršku rada vinarija je implementiran kao višeslojna veb aplikacija koja je sačinjena od klijent strane, server strane, baze podataka, kao i sistema baziranih na pravilima (slika 1). Za razvoj klijentske strane je upotrebljen *Angular* [7], platforma koja omogućava pravljenje aplikacija za veb u *HTML*-u i *TypeScript*-u. Serverska strana je realizovana u *REST*-u. Za implementaciju *REST API*-a korišćen je *Spring framework*. To je radni okvir napisan u *Javi* koji omogućava izgradnju *REST* arhitekture za *Java* aplikacije [8]. Kada je u pitanju baza podataka, korišćena je *MySQL* baza [9], dok je za implementaciju sistema baziranih na znanju upotrebljen *Drools* za pisanje pravila. *Drools* je sistem koji služi za upravljanje pravilima u poslovnom okruženju, koji dopušta ulančavanje unapred i unazad, omogućujući brzo i pouzdano izvršavanje pravila i kompleksno procesiranje događaja.



Slika 1. Arhitektura veb aplikacije

## 3. SPECIFIKACIJA

Domensko specifično znanje o vinima i veb aplikacija za podršku rada vinarija su definisani tako da korisnika sistema informišu o vrstama vina, mešavinama grožđa od kojih ta vina nastaju, kao i o osobinama tih vina. Takođe, aplikacija se može koristiti kao sistem preporuke koji bi vinarima olakšao proces donošenje odluka o formiranju vina na osnovu dostupnih sorti grožđa. Pre svega, aplikacija je namenjena korisnicima kojima je neophodno domensko znanje o vinima. Korisnici aplikacije bi mogli biti svi oni koji se tek upoznaju sa domenom vina, ali takođe i oni koji su već poznavaoi vina i iskusni vinari.

### A. Slučajevi korišćenja

Aplikacija je zamišljena tako da podržava dva tipa korisnika:

- Običan korisnik
- Korisnik administrator koji upravlja podacima

Uloga administratora se svodi na to da može da menja postojeće, briše ili dodaje nove entitete (korisnike, grožđa, vina, regione i vinarije). Tačnost unetih podataka u aplikaciju je presudna, jer se zaključivanje u okviru implementiranog sistema baziranog na pravilima oslanja na unete podatke.

Kada je u pitanju običan korisnik, njemu su u aplikaciji ponudene četiri mogućnosti/problema koji se rešavaju:

1. Korisnik može da odabere neku vrstu grožđa iz ponudene liste i da pokrene upit ka sistemu. Sistem mu tada vraća koja to sve vina nastaju mešavinom odabranih vrsta grožđa.

2. Korisnik može da odabere neku vrstu grožđa iz ponudene liste, kao i neko određeno vino i da pokrene upit ka sistemu. U tom slučaju, sistem mu vraća listu grožđa koja je još neophodna da se pridoda ranije odabranoj listi, da bi se napravilo željeno vino.
3. Korisnik bira grožđa i dodaje ih u listu, nakon toga poziva sistem. U ovom slučaju sistem vraća listu vina koja mogu da se naprave od odabranih vrsta grožđa, ali i koje još vrste grožđa nedostaju za svako vino. Ovo se razlikuje od prve stavke po tome što lista grožđa koju zadaje korisnik ne mora biti potpuna da bi sistem vratio neko vino. Potrebno je da se u zadatoj listi nalazi samo jedna vrsta grožđa nekog vina, kako bi ono bilo pronađeno.
4. Poslednja opcija za korisnika je pretraga i odabir vina tako da ona zadovoljavaju određene kriterijume (filtriranje vina). Korisnik ispred sebe ima listu svih vina koju može da filtrira po jednom ili više kriterijuma koje predstavljaju odlike samih vina (*color*-boja, *sugar*-šećer, *flavor*-ukus, *body*-punoća [10]). Nakon odabiranja filtera, sistem vraća listu vina koja zadovoljavaju odabrane kriterijume.

Sve četiri opcije su u aplikaciji realizovane preko sistema baziranog na pravilima i *Drools*-a. Sistem pored navedenih mogućnosti pruža detaljan opis za određeno vino (geografsko poreklo, karakteristike, klase i potklase,...).

### B. Dijagram klasa

Model aplikacije je kreiran od sedam klasa i četiri enumeracije. Klase su sledeće:

- *Account*
- *Authority*
- *AccountAuthority*
- *Grape*
- *Region*
- *Winery*
- *Wine*

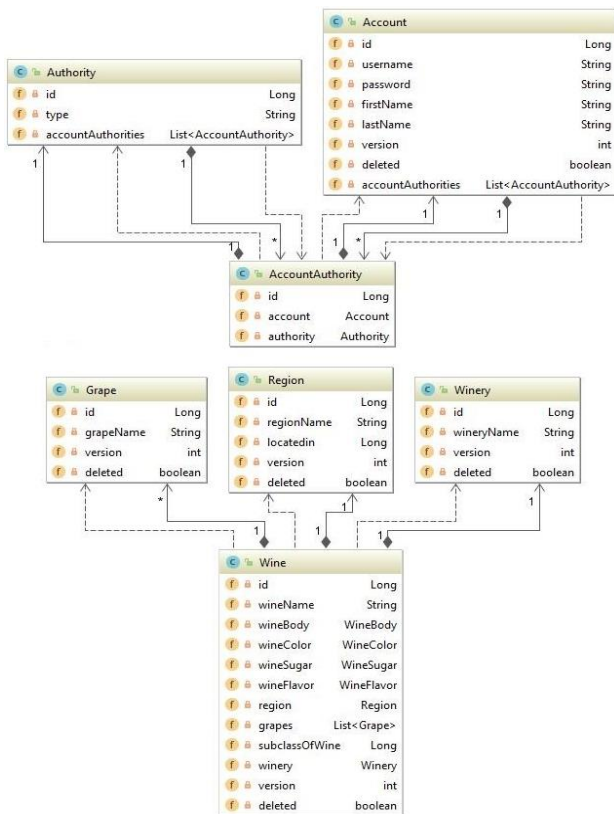
Prve tri klase služe za prijavu korisnika i sadrže njegove osnovne podatke kao i njegovu ulogu u sistemu. Naredne četiri klase predstavljaju ono što im i samo ime kaže, sa tim što *Wine* (vino) ima vezu ka svim ostalim klasama. Dijagram klasa aplikacije prikazan je na slici 2. U modelu postoje i četiri enumeracije koje predstavljaju karakteristike vina. To su: *WineSugar*, *WineBody*, *WineFlavor* i *WineColor*. Njihove vrednosti se vide na slici 3.

## 4. IMPLEMENTACIJA

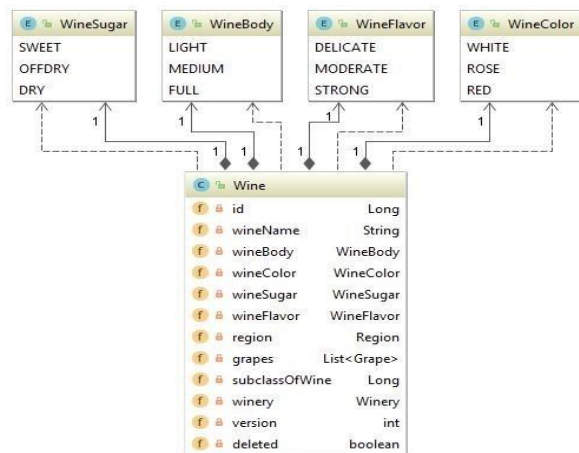
Cela aplikacija je sadržana od tri podaplikacije, a to su klijent – *Angular*, server – *SpringBoot* i sistem baziran na pravilima – *Drools*.

### A. Klijentska aplikacija

Klijentska strana aplikacije je razvijena korišćenjem *Angular*-a 5. Ona se sastoji iz korenskog (*AppModule*) i od još četiri modula: *CoreModule*, *SharedModule*, *AdminModule* i *UserModule*.



Slika 2. Dijagram klasa u modelu



Slika 3. Prikaz enumeracija koje postoje u modelu

### B. Serverska aplikacija

Serverska aplikacija je ona koja komunicira sa svim ostalim i predstavlja centar sistema. U njoj se nalaze model, servisi, repozitorijumi, kontroleri i konfiguracija *Drools* aplikacije. Repozitorijumi su napravljeni tako da proširuju postojeći *JpaRepository*, uz dodatak novih metoda koje služe za dobavljanje n-torki iz baze.

Servisa ima onoliko koliko ima entiteta u modelu, a u njima su implementirane metode koje se pozivaju iz kontrolera, a u kojima se pozivaju metode repozitorijuma. Oni predstavljaju međusloj između kontrolera i repozitorijuma. Za svaki servis je napravljen interfejs i klasa koja implementira taj interfejs. Interfejsi servisa su kasnije injektovani u kontrolerima. Osim ovih servisa, postoji još jedan u kom se nalaze metode koje komuniciraju sa *Drools* aplikacijom, odnosno pozivaju

pokretanje pravila. U njemu se to realizuje tako što on u svom konstruktoru ima *KieSession*, u čijim se metodama kasnije ubacuju objekti koji su potrebni u radnoj memoriji za određenu grupu pravila. Nakon svakog izvršavanja pravila, radna memorija se prazni i na taj način je spremna za sledeće iteracije.

Kontroleri su, isto kao i servisi, organizovani tako da postoji jedan za svaki od entiteta, kao i dodatni *DroolsController*. U njima se nalaze funkcije koje se pozivaju sa klijentske aplikacije. U kontrolerima za entitete se nalaze funkcije za izmenu, dodavanje i brisanje, dok se u *DroolsController*-u nalaze funkcije koje pozivaju *DroolsService*, odnosno pokretanje pravila.

### C. Drools aplikacija

Sistem baziran na pravilima je implementiran u *Drools*-u. Pravila su pisana tako što su podeljena u četiri grupe, po jedna za svaku funkcionalnost koja je dostupna običnom korisniku a koje predstavljaju domenske probleme koji se rešavaju i koji su definisani u sekciji A Slučajevi korišćenja.

U prvoj verziji sistema, pravila su pisana tako što se pisalo po jedno pravilo za svako grožđe ili vino, u zavisnosti od toga o kojoj grupi pravila je reč. Radi se o skupu od 19 vrsta vina koja nastaju kombinacijom 57 vrsta grožđa (slika 4). U drugoj verziji sistema pravila su izmenjena tako da budu generička i samim tim se njihov broj drastično smanjio. Prednosti i mane obe ove verzije biće diskutovane u nastavku.



Slika 4. Vina i grožđa koja postoje u aplikaciji [11]

### D. Prva verzija sistema

U nastavku će biti opisani principi formalnog definisanja pravila za svaku od 4 grupa pravila.

Prva grupa pravila su ona koja rešavaju domenski problem koja to sve vina nastaju mešavinom odabranih vrsta grožđa i ona vraćaju listu vina za koja su ubačena sva potrebna grožđa od kojih se ona prave. U radnu memoriju se ubacuju sva vina koja se nalaze u bazi podataka i sva grožđa koja je korinik odabrao. Baza znanja se popunjava pravilima i nakon toga se poziva rezonovanje. Na listingu 1 prikazano je formalno

definisano pravilo za vino *Chateauneuf-du-pape* koje nastaje kombinacijom 14 vrsti grožđa. U pravilu iz primera, najpre se ubacuje u radnu memoriju to vino sa nazivom *\$cdp*. Zatim se dobavlja lista vina koja se predlažu korisniku *\$pb* i lista grožđa koja je korisnik odabrao *\$gl*. Potom se prolazi kroz listu grožđa *\$gl* pri čemu se prebrojava koliko grožđa iz liste *\$gl* ispunjava preduslov da se dato vino pravi. Ako se neko grožđe iz liste *\$gl* se poklapa sa 14 navedenih sorti grožđa, tada se *count* se u *action* delu povećava za 1. Kada se prođe kroz sva grožđa, ukoliko je vrednost *count* tačno 14, tada se poziva *then* deo pravila. U *then* delu se vino *\$cpb* (*Chateauneuf-du-pape*), dodaje u listu vina koja se predlažu korisniku *\$pb* koja će se po završenom rezonovanju vratiti korisniku. Ovako se radi za sva vina pojedničano.

Druga grupa su ona koja rešavaju domenski problem koja to sve grožđa pored odabranih su još neophodna da bi se napravilo željeno vino i ona vraćaju listu grožđa. Korisnik odabere grožđa koja želi i jedno vino, rezonovanjem sistem vraćaju listu grožđa koja treba da se pridruže odabranoj listi grožđa tako da bi bilo moguće napraviti željeno vino.

```

rule "Grapes for Chateauneuf-du-pape"
  agenda-group "wines"
  lock-on-active
  when
    $cdp: Wine(wineName == "Chateauneuf-
du-pape");
    $pb: PossibleWines();
    $gl: GrapeList($grapeList:
grapeLists);
    $n: Number(intValue >= 14) from
accumulate (
  Grape(grapeName == "Grenache" ||
grapeName == "Syrah" ||
grapeName == "Mourvedre" || grapeName ==
"Vaccarese" ||
  grapeName == "Bourboulenc" || grapeName ==
"Cinsault" || grapeName == "Clairette
Blanche" || grapeName == "Counoise" ||
grapeName == "Grenache Blanc" || grapeName ==
"Muscardin" || grapeName == "Picardan" ||
grapeName == "Piquepoul Blanc" || grapeName
== "Roussanne" || grapeName == "Terret Noir")
  from $grapeList,
  init(int count = 0;),
  action(count += 1;),
  result(count)
)
  then
    $pb.getWines().add($cdp);

```

Listing 1. Primer pravila prve grupe za prvu verziju

Pre nego što se pokrene izvršavanje pravila, u radnu memoriju se ubacuju odabrana grožđa i vino, kao i sva ostala grožđa koja postoje u bazi podataka, jer su potrebna prilikom izvršavanja pravila. Broj pravila u ovoj grupi je jako velik, jer su ona pisana za svako grožđe pojedinačno. Način po kom pravila rade je sledeći: za svako grožđe koje postoji se proveru prvo da li je vino koje ga sadrži, ono vino koje je korisnik odabrao. Ako jeste, posmatra se da li se grožđe već nalazi u listi grožđa koju je korisnik odabrao. Ukoliko to nije slučaj, dato grožđe se dodaje u listu onih koja nedostaju, a koja se vraća korisniku.

Treća grupa pravila su ona koja rešavaju domenski problem koji predstavlja kombinaciju prethodna dva navedena problema i pokriva slučaj u kom korisnik odabere listu grožđa, a dobija listu vina i grožđa koja još treba da doda da bi dobio svako od vina. Vino, da bi se našlo u vraćenoj listi, mora da sadrži bar jednu vrstu grožđa iz korisnikove liste. Pre pokretanja pravila, u radnu memoriju se ubacuju sva vina i grožđa iz baze podataka, kako bi ona mogla da se koriste u toku izvršenja pravila. Pravila postoji dvadeset, po jedno za svako vino i još jedno koje dodaje nedostajuća grožđa. Nakon što su pokrenuta, pravila se izvršavaju tako što se prvo pronađu sva moguća vina koja mogu da se naprave od odabranog grožđa. Kada se vino pronađe, ono se dodaje u radnu memoriju, kao i u listu potencijalnih vina koja se vraća korisniku. Pošto je u ovom momentu radna memorija izmenjena, sva pravila se opet izvršavaju za novi objekat i to dovodi do pozivanja pravila koje dodaje nedostajuća grožđa vinu. Ovo je klasičan primer za ulančavanje unapred. U tom pravilu se pronalazi malopre dodato vino i prolazi kroz listu korisnikovog grožđa i grožđa tog vina. Porede se ove dve liste i sva grožđa koja nedostaju se dodaju u pronađeno vino. Na taj način, rezultat koji se vrati korisniku sadrži listu vina i odgovarajućeg nedostajućeg grožđa.

Poslednja, četvrta grupa pravila su ona koja rešavaju domenski problem *pretrage i odabira vina tako da ona zadovoljavaju određene kriterijume*. Korisniku je omogućen filter po četiri kriterijuma, kao što je ranije rečeno. Pravila su realizovana tako što su napisani *query*-i za svaku osobinu vina pojedničano i koji su onda pozivani iz pravila. Pravilom je demonstrirano ulančavanje unazad, odnosno *backward-chainig* princip. U radnu memoriju ubacuju se sva vina i vrednosti onih polja koje korisnik zada. Na taj način se i pravila prepoznaju, pošto su napisana za sve moguće kombinacije ove četiri osobine (ukus, punoća, boja i šećer). Samim tim je broj pravila relativno velik i njihov broj bi se drastično povećavao dodavanjem novih karakterisitka.

Spisak svih pravila o vinima za prvu verziju aplikacije možete videti na [12].

#### E. Druga verzija sistema

Druga verzija sistema je napravljena sa ciljem optimizacije i unapređenja prvobitnog rešenja. Pravila su promenjena tako što je za svaku grupu broj pravila smanjen na jedan, uz jedan ili više *query*-a. Na ovaj način pravila su postala generička i zavise samo od sadržaja baze podataka.

Prva grupa pravila je svedena na jedno pravilo i *query* (listing 2). Pravilo u sebi sadrži vino *\$wine* i listu korisnikovog grožđa *\$gl*, od koje se pravi lista samo sa id-evima tog grožđa *\$userGrapesIDS*. Nakon toga se poziva *query checkWineGrapes* koji prolazi kroz listu svih grožđa trenutnog vina *allGrapes* i broji koliko od tih grožđa se nalazi u korisnikovoj listi *userGrapedsIds*, povećavajući promenljivu *count*. Ukoliko se sva grožđa nalaze, pravilo je zadovoljeno i poziva se *then* deo, u kom se vino dodaje u listu *\$pb* koja se vraća korisniku. Ovo pravilo se ponavlja za sva vina koja se nalaze u bazi.

```

rule "Find wine that has all grapes"
agenda-group "wines"
when
    $wine: Wine($allGrapes: grapes,
$name: wineName);
    $pb: PossibleWines();
    $gl: GrapeList($usersGrapes:
grapeLists);
    $userGrapesIDS: List() from
accumulate (
    Grape($id: id) from $usersGrapes,
collectList($id)
    )
    checkWineGrapes($num, $allGrapes,
$userGrapesIDS);
then
    $pb.getWines().add($wine);
end

query checkWineGrapes(Number $num, List
allGrapes, List userGrapesIDS)
    $num := Number(intValue ==
allGrapes.size()) from accumulate (
    Grape($id: id, id memberOf
userGrapesIDS) from allGrapes,
    init(int count = 0);,
    action(count += 1);,
    result(count)
    )
end

```

Listing 2. Primer pravila iz prve grupe za drugu verziju

Druga grupa je realizovana pomoću jednog pravila i dva *query*-a. Radna memorija sadrži odabrano vino, listu svih grožđa i listu grožđa koja je korisnik uneo. Nakon pokretanja pravila, u njemu se od ove dve liste grožđa prave dve liste koje sadrže samo id-eve tih grožđa i koje se zatim prosleđuju *query*-ima. U prvom *query*-u se prolazi kroz korisnikovu listu i proverava se da li sva grožđa iz te liste pripadaju grožđu željenog vina. Ako je taj uslov zadovoljen, poziva se drugi *query* gde se traže grožđa koja nedostaju i koja se vraćaju korisniku za određeno vino.

Treća grupa je izmenjena tako da sadrži jedno pravilo i njemu odgovarajući *query*. Ovog puta se u radnoj memoriji nalaze sva vina i grožđa, kao i lista grožđa koju je korisnik odabrao. U pravilu se najpre od korisnikove liste grožđa, pravi lista id-eva, kao što je bio slučaj i u prethodnim pravilima. Zatim se poziva *query* koji prvo prolazi kroz listu grožđa vina i proverava se da li je bar jedno od tih grožđa u korisnikovoj listi. Ako jeste, ponovo se iterira kroz listu i prikupljaju se u novoj listi sva grožđa koja nedostaju. Tu dobijenu listu *query* vraća i zatim se u pravilu ona povezuje sa trenutnim vinom. Pravilo se poziva za svako vino koje postoji u memoriji.

U četvrtom slučaju, umesto da broj pravila raste eksponencijalno dodavanjem novih karakteristika vina, kao što je slučaj u prvoj verziji, sva su svedena na jedno uz pomoć pet *query*-a. Kao i u prvoj verziji, u radnu memoriju se ubacuju vrednosti filtera koje korisnik odabere. Međutim, za razliku od prve verzije, kada za karakteristike koje korisnik nije zadao, nije ništa dodavano, ovde se ubacuju sve tri moguće vrednosti. Na taj način će *query*-i raditi ispravno. U pravilu se detektuju vino i vrednosti karakteristika i poziva se jedan *query*, koji kasnije poziva četiri pojedinačna *query*-a, za svaku karakteristiku pojedinačno. Ako postoji vino koje

zadovoljava željene filtere, ono se dodaje u listu vina koja se kasnije vraća korisniku.

Spisak svih pravila o vinima za drugu verziju aplikacije možete videti na [13].

## F. Diskusija

Prethodno opisane verzije imaju svoje prednosti i svoje mane. U verziji 1, svo domensko znanje o formiranju vina smešteno je u pravilima sistema baziranog na znanju. Prethodno iziskuje da se dodavanje novih vina i novih grožđa mora adekvatno ispratiti dodavanjem novog skupa pravila, što iziskuje da administrator sistema mora biti upoznat sa *Drools* alatom i sintaksom pisanja pravila. U verziji 2 sistema, domensko znanje se delom nalazi u pravilima a delom je pohranjeno u *SQL* bazi podataka. Prethodno ne iziskuje dodavanje novog skupa pravila za nova vina i grožđa, tj. administrator ne bi bio u obavezi da poznaje *Drools* i sintaksu pisanja pravila. U verziji 2 postoje generička pravila za formiranje vina koja se oslanjaju na sadržaj baze podataka, te je samo neophodno u bazu podataka uneti nova vina i grožđe što je omogućeno kroz korisnički interfejs veb aplikacije. Rezultat prelaska sa verzije 1 na verziju 2 je redukcija skupa pravila na svega 10% od broja pravila u verziji 1. Prednost verzije 1 u odnosu na verziju 2 ogleda se samo u pogledu eksportovanja domenskog znanja o vinima na neku drugi SBZN sistem koje ne koristi *Drools*. Kod verzije 1 eksportovanje bi bila podržao konvertovanjem svih pravila, kao što je opisano u [14], [15] i [16]. Kod verzije 2 u slučaju eksportovanja, ne bi bilo dovoljno samo prevođenje pravila iz jedne sintakse u drugu, već bi bilo neophodno uraditi migraciju podataka iz cele baze podataka u drugi sistem.

## 5. PRIKAZ IMPLEMENTIRANOG REŠENJA

U ovom poglavlju aplikacija će biti opisana iz korisnikovog ugla. Kao što je već rečeno, postoje dva tipa korisnika, administrator i običan korisnik, pa će tako biti objašnjeno kako oni koriste aplikaciju, respektivno.

### A. Administrator

Ranije u radu je već bilo navedeno koje sve funkcionalnosti administrator ima prava da izvršava, a u nastavku će biti opisana deo interfejsa kojim administrator pristupa vinima.

Klikom na *Wines*, administrator dobija listu vina (slika 5). Lista vina je napravljena tako da se za svako vino vidi njegov naziv, kao i njegove četiri osnovne osobine. Dodavanje nove vrste vina se radi klikom na dugme *Add new* i tom prilikom se pojavljuje novi modal. Ukoliko administrator želi da sazna više podataka o nekom vinu, kao i da te podatke menja, on to radi klikom na dugme *More* pored svakog vina. Brisanje se radi klikom na dugme *Delete*.

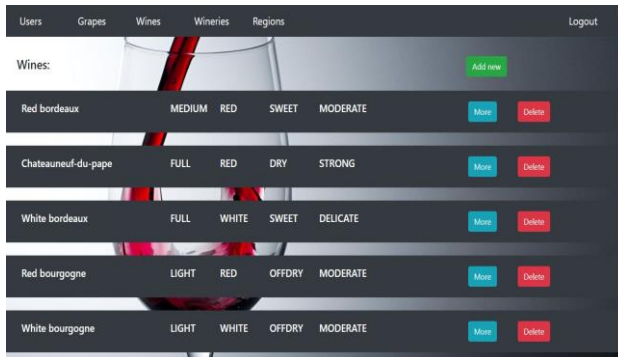
### B. Običan korisnik

Običan korisnik ima četiri načina korišćenja sistema, kao što je već objašnjeno. U primeru ispod će biti prikazan jedan od načina.

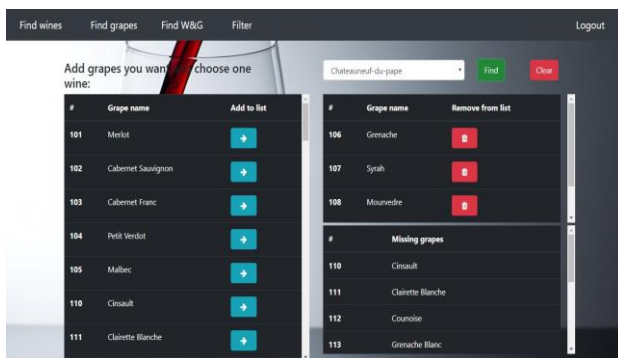
Klikom na drugi tab, odnosno *Find grapes*, korisniku se omogućava druga opcija. U ovom tabu on može da odabere listu grožđa koja želi iz tabele sa leve strane



ekrana i tada se ona pojavljuju u tabeli sa desne strane, kao i jedno od svih vina koja postoje u bazi podataka, a zatim mu sistem vraća grožđa koja mu nedostaju za pravljenje željenog vina. Nakon ovoga, da bi korisnik izvršio upit i dobio grožđa koja nedostaju za pravljenje odabranog vina, potrebno je da klikne na dugme *Find*. Tada se popunjava i donja tabela sa desne strane, sa groždima koje sistem vrati nakon izvršavanja pravila (slika 6).



Slika 5. Tab *Wines*



Slika 6. Prikaz kada sistem vrati nedostajuća grožđa

## 6. ZAKLJUČAK

Polazne pretpostavke iz istraživanja su potvrđene, domen specifično znanje o vinima je predstavljeno na formalan mašinski čitljiv način uz pomoć Drools pravila. Implementiran je sistem za podršku rana vinarija sa kojim se verifikuju pravila napisana u *Drools*-u. Sistem je implementiran kao višeslojna veb aplikacija, a koristi sistem baziran na pravilima da bi omogućila rezonovanje nad unetim podacima.

Veb aplikacija pruža podršku vinarima prilikom formiranja određenih tipova vina na osnovu određenih sorti grožđa. Takođe, ona se može koristiti za unapređenja znanja poznavanja vina.

Formulisana pravila i aplikacija predstavljaju samo jedan aspekt iz domena vinarstva, te se budući pravci istraživanja mogu usmeriti ka definisanju novih pravila kojima bi proširili bazu znanja o vinima i grožđu, ili pak definisati neke druge delove oblasti vinarstva koja nisu bila predmet ovog istraživanja. Takođe, kao jedan od potencijalnih pravaca razvoja istraživanja bio bi povezivanje domena vina sa drugim domenima, kao npr. domen sireva i definisanje domenskog znanja kojim bi se određivalo koji se sirevi trebaju konzumirati sa kojim vinima.

## NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Rezultati rada su deo projekta tehnološkog razvoja **Inteligentni sistemi za razvoj softverskih proizvoda i podršku poslovanja zasnovani na modelima** evidencioni broj MPNTR-III 44010 koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

## LITERATURA

- [1] D. A. Waterman, "How do expert systems differ from conventional programs?," *Expert Systems*, vol. 3, no. 1, pp. 16–19, Jan. 1986.
- [2] L. Nedović and V. Devedžić, "Expert systems in finance—a cross-section of the field," *Expert Systems with Applications*, vol. 23, no. 1, pp. 49–66, 2002.
- [3] D. C. Yang and M. A. Vasarhelyi, "The Application Of Expert Systems In Accounting," 1995.
- [4] F. Costantino, G. Di Gravio, A. Shaban, and M. Tronci, "Inventory Control System Based on Control Charts to Improve Supply Chain Performances," *International Journal of Simulation Modelling*, vol. 13, no. 3, pp. 263–275, Sep. 2014.
- [5] S. Nikolić, Z. Konjović, V. Penca, D. Ivanović, and D. Surla, "A CERIF Compatible CRIS-UNS Model Extension for Assessment of Conference Papers," *Acta Polytechnica Hungarica*, vol. 12, no. 7, pp. 129–148, Dec. 2015.
- [6] J. W. Lloyd, "Practical advantages of declarative programming," in *Joint Conference on Declarative Programming*, GULP-PRODE, 1994.
- [7] <https://angular.io/guide/architecture>, preuzeto septembra 2018.
- [8] <https://docs.spring.io/spring/docs/3.0.x/spring-framework-reference/html/overview.html>, preuzeto septembra 2018.
- [9] <https://dev.mysql.com/doc/>, preuzeto septembra 2018.
- [10] <http://www.vino.rs/svet-vina/azbukovina.html>, preuzeto septembra 2018.
- [11] <https://github.com/kacacukurov/Diplomski/blob/master/Famous-Wine-Blends-Infographic.jpg>, preuzeto septembra 2018.
- [12] <https://github.com/kacacukurov/Diplomski/tree/1d2d7e596289232c2c388c14e1014b34afa3737c/drools-spring-v2-kjar/src/main/resources/drools/spring/rules>, preuzeto septembra 2018
- [13] <https://github.com/kacacukurov/Diplomski/tree/master/drools-spring-v2-kjar/src/main/resources/drools/spring/rules>, preuzeto septembra 2018
- [14] Hajer Saada, Xavier Dolques, Marianne Huchard, Clementine Nebut & Houari Sahraoui. Generation of operational transformation rules from examples of model transformations. LIRMM, Universite de Montpellier 2 et CNRS, Montpellier, France
- [15] Oana Nicolae, Adrian Guirca & Gerd Wagner. On Interchange between JBoss Rules and Jess. Institute of Informatics, Brandenburg Technical University at Cottbus, Germany
- [16] Harold Boley, Michael Kifer, Paula-Livinia Patranjan & Axel Polleres. Rule Interchange on Web. University of New Brunswick, Faculty of Computer Science, Institute for Information Technology – e-Business, NRC 46 Dineen Drive, Fredericton, Canada.

# Ocenjivanje timskog rada studenata programera korišćenjem fazi pravila

## Grading student programmers' collaboration skills by using fuzzy rules

Anisja Kijevčanin<sup>1</sup>, Bojan Tomić<sup>1</sup>

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

**Sadržaj** – Softverski inženjeri i programeri uopšte moraju da razviju i tehničke i meke veštine (komunikaciju, timski rad itd.) kako bi bili uspešni na radnom mestu. Meke veštine („soft skills“) su retko kada obuhvaćene kursevima programiranja, često zbog toga što ih je teško podučavati i ocenjivati. U ovom radu je predstavljen sistem zasnovan na fazi pravilima koji ocenjuje timski rad studenata. Sistem pomaže nastavnicima da ocene kvalitet timskog rada u grupnim programerskim projektima analizirajući repozitorijum koda svakog tima na GitHubu. Budući da na ovom kursu studenti dobijaju Otvorene Bedževe („Open Badge“) umesto ocena, sistem preporučuje odgovarajući bedž za svakog studenta. Rezultati ukazuju na to da ovaj pristup može pružiti adekvatne preporuke za ocenjivanje sve dok nastavnici pokrivaju druge aspekte procene koji nisu obuhvaćeni sistemom: kvalitet koda, plagijatorstvo i stepen završenosti projekta.

**Abstract** – Software engineers, and programmers in general, need to develop both technical and soft skills (communication, collaboration etc.) in order to be successful at the workplace. The latter are rarely addressed in regular programming courses, usually because soft skills are very difficult to teach, assess and grade. A fuzzy rule-based system for grading students' collaboration skills is presented in this paper. The system helps teachers evaluate collaboration in group programming projects by analyzing each team's code repository on GitHub. And since students are given Open Badges instead of regular grades, it then recommends the appropriate Open Badge for each student. The results suggest that this approach can provide adequate grading recommendations as long as teachers cover other aspects of the assessment not covered by the system: code quality, plagiarism, and project completion.

### 1. UVOD

Meke veštine predstavljaju „skup osobina ličnosti, društvenosti, komunikacije, jezika, navika, ljubaznosti i optimizma koji karakterišu odnose sa drugim ljudima“ [14]. Primeri mekih veština (neretko se pominju i kao „veštine 21. veka“ [4]) uključuju: komunikaciju, timski rad (kolaboraciju), rešavanje realnih problema, liderstvo, samoregulaciju itd. Od nedavno, čini se da i poslodavci smatraju da su, na radnom mestu, meke veštine podjednako važne kao i tehničke veštine. Ovo se takođe odnosi na poslove koji su tradicionalno smatrani tehničkim, kao programiranje i softversko inženjerstvo ([3], [11], [16]).

Zato je stvoren vannastavni kurs Java programiranja (za studente osnovnih studija) [19] čiji je cilj bio da se

studentima pruži prilika da nauče dodatne veštine programiranja, dok istovremeno razvijaju neke meke veštine koje se smatraju relevantnim u ovom kontekstu – timski rad, rešavanje realnih problema i komunikacija. Umesto ocena, studenti su dobijali Otvorene Bedževe [12]. Otvoreni Bedževi (OB nadalje) se zasnivaju na otvorenoj tehničkoj specifikaciji – OBI („Open Badge Infrastructure“ [13]) što znači da studenti mogu da prikupljaju OB-ove koje dodeljuju različite institucije i firme, i da ih organizuju u e-portfolije putem sistema kao što su Mozilla Backpack<sup>1</sup> i Credly<sup>2</sup>.

Iako je u toku kursa korišćena posebna rubrika za ocenu timskog rada studenata ([9] str. 3 AC\_UB), nastavnik je morao da prođe svaki repozitorijum koda u celosti i da ručno sumira podatke i proceni relevantne pokazatelje – što se pokazalo kao dugotrajno i naporno, a greške su bile česte. Cilj je bio da se napravi softverski sistem koji bi automatski prikupljao i sumirao ove podatke, primenjivao rubriku za ocenu i onda davao preporuku ocene (OB).

### 2. PREGLED REZULTATA DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Novija empirijska istraživanja o mekim veštinama u kontekstu programiranja su fokusirana na utvrđivanje koje meke veštine se traže na tržištu ([3], [11], [16]) ili imaju za cilj pružanje preporuka o tome kako podučavati meke veštine ([10], [18]). Trenutno ne postoje standardna merila niti postupci za merenje mekih veština [15], iako postoje nacionalni i međunarodni naponi u tom smeru ([1], [2], [4]). Meke veštine se navode i u SWEBOK V3.0 i IEEE/ACM nastavnom planu i programu, ali preporuke se svode na to „koje meke veštine softverski inženjer treba da ima i šta koja veština konkretno znači“ [17].

Upravo iz tih razloga u GRASS projektu su razvijeni opšti pedagoški model i okvir za meke veštine [7] kao i opšta rubrika za ocenjivanje [8]. Nakon što je bila prilagođena za kontekst programiranja, rubrika za ocenjivanje ([9] str. 3 AC\_UB) je korišćena u studiji slučaja koja je obuhvatila vannastavni kurs Java programiranja [19]. Među tri meke veštine obuhvaćene ovim kursom, timski rad se pokazao kao najteži za ocenjivanje. Odgovarajući zadatak je podrazumevao grupni programerski projekat, pri čemu su studenti morali: da koriste git<sup>3</sup> sistem za kontrolu verzije softvera, da na GitHub-u naprave repozitorijum koda za projekat, i da redovno šalju u taj repozitorijum sve izmene u kodu koje su napravili (tzv. „commit“ operacija). Doprinos svakog studenta mogao je da se identifikuje

1 <https://backpack.openbadges.org/backpack/login>

2 <https://credly.com/>

3 <https://git-scm.com/>

kroz njegove/njene commit-ove koji su sadržali identifikator autora koda (e-mail), datum i vreme, kao i izmene u kodu napravljene tom prilikom (izmenjeni fajlovi i konkretne linije koda). Ocenjivanje se vršilo primenom pomenute rubrike za ocenjivanje timskog rada, ali sam proces sumiranja podataka i izvođenja vrednosti traženih pokazatelja nije bio automatizovan. Nastavnici su pokušali da koriste nekoliko softverskih sistema kako bi rešili problem, ali su imali samo delimičan uspeh.

Nastavnici su već koristili Eclipse IDE, tako da se EGit<sup>4</sup> dodatak za Eclipse pokazao kao pogodan za dobijanje detaljnog prikaza git repozitorijuma koda direktno u samom okruženju. EGit može da prikaže tzv. commit graf (hronološki uređeni commit-ovi) zajedno sa sumiranim podacima za svaki commit, dajući tako kratak pregled individualnih doprinosa i podele rada unutar projekta. Po potrebi, svaki commit se može pregledati i u celini, tako obezbeđujući kompletan pregled repozitorijuma. Međutim, EGit ne pruža mogućnost izvođenja sumiranih pokazatelja niti podršku za primenu rubrike za ocenjivanje timskog rada.

GitHub web stranica samog repozitorijuma takođe pruža mogućnost pregledanja commit-ova, ali se to pokazalo nepraktičnim zbog sporijeg rada od EGit-a. Ipak, GitHub pruža neke osnovne sumirane pokazatelje i grafikone kao što su: broj commit-ova po svakom članu tima, ukupan broj dodatih/izbrisanih linija koda za svakog člana, i interaktivni grafikon gde se ove mere mogu suziti na neki vremenski okvir [6].

Konačno, isproban je i GitInspector alat za statističku analizu git repozitorijuma<sup>5</sup>. Budući da je prvobitno osmišljen da pomogne u izvođenju statistika iz git repozitorijuma sa studentskim projektima, već je imao mnoge pokazatelje i metrike slične onima koje se koriste u rubrici za timski rad: broj commit-ova po članu tima, ukupan broj dodatih/izbrisanih linija koda po članu, procenat dodatih/izbrisanih linija koda po članu u odnosu na ceo projekat, koje fajlove je najviše menjao koji član, doprinosi svakog člana prikazani u vremenskim serijama itd. GitInspector je implementiran kao alat na nivou komandne linije, nije interaktivan, i ne omogućava detaljno pretraživanje commit-ova. Međutim, može se podesiti da ograniči analizu na neki vremenski okvir ili da doda/izostavi neke pokazatelje po potrebi.

Nastavnici su, na kraju, koristili EGit zajedno sa GitInspector alatom. GitInspector je obezbeđivao rezime projekta, a EGit je korišćen za detaljno pretraživanje repozitorijuma koda i pojedinačni pregled commit-ova. Međutim, nijedan od ovih alata nije pružio adekvatnu podršku za primenu rubrike za ocenu timskog rada. Alternativni pristup, predstavljen u narednim poglavljima, sastoji se od korišćenja softverskog sistema koji automatski prikuplja i rezimira podatke iz repozitorijuma kodova učenika, a zatim koristi fazi pravila za primenu rubrike za timski rad i daje preporuke za ocenjivanje.

4 <https://www.eclipse.org/egit/>

5 <https://github.com/ejwa/gitinspector>

### 3. KONTEKST I NAČIN OCENJIVANJA TIMSKOG RADA

Vannastavni kurs Java programiranja za studente osnovnih studija [19] je organizovan u letnjem semestru četiri uzastopne školske godine: od 2015. do 2018.<sup>6</sup> Samo 10% najboljih studenata druge godine (prema ocenama iz programiranja iz prethodnog semestra) su bili pozvani da prisustvuju: 56 u prvoj godini, 64 u drugoj, 64 u trećoj i 68 u četvrtoj. Kurs je trajao 13 nedelja i uključivao je 2 časa laboratorijskih vežbi nedeljno. Svaka lekcija je bila praćena zadatkom (praktični Java projekat), a studentima su dodeljivani OB za uspešno završen zadatak<sup>7</sup>.

Zadatak za vežbanje timskog rada je podrazumevao grupni programerski projekat, gde su timovi od dva ili tri studenta imali pet nedelja da osmisle, naprave, testiraju i dokumentuju jednostavnu, ali funkcionalnu Java desktop aplikaciju. Svaki projekat je morao da bude sačuvan kao git repozitorijum na GitHub-u<sup>8</sup>. Po završetku, veliki deo podataka potrebnih za ocenu timskog rada nalazio se u repozitorijumima: ko je napisao/izmenio koji deo koda odnosno fajla i kada.

Od nastavnika se tražilo da prvo provere tehničku ispravnost rešenja (da li su ispunjeni zahtevi, i da li je aplikacija završena), a nakon toga da upotrebe EGit i GitInspector i primene rubriku za ocenjivanje timskog rada ([9] str 3. AC\_UB). Rubrika za ocenu timskog rada definiše tri nivoa timskog rada (u skladu sa [1] i [2]) i nekoliko pokazatelja koje je potrebno koristiti u procesu ocenjivanja. OB za timski rad se odnose na ova tri nivoa:

- Nivo 3 (zajednička odgovornost) – Bronzani OB
- Nivo 4 (zajedničko odlučivanje) – Srebrni OB
- Nivo 5 (međuzavisan i ravnomerno podeljen rad) – Zlatni OB

Nivoi su međusobno zavisni. Student mora da zadovolji zahteve Nivoa 3 da bi bio ocenjen za Nivo 4. Takođe, mora da zadovolji Nivo 3 i 4 da bi bio ocenjen za Nivo 5.

Nastavnici su dodeljivali zlatni, srebrni i bronzani OB onim članovima tima koji su uspešno sarađivali. To znači da nije bilo obavezno da svi članovi tima dobiju (iste) OB-ove. Svake godine je istih šest nastavnika ocenjivalo timski rad i, iako je svaki projekat ocenjivao po jedan od njih (i svi su koristili rubriku), morali su da organizuju nekoliko sastanaka da bi uskladili kriterijume ocenjivanja.

Prve dve školske godine nastavnici su ručno ocenjivali timski rad, i ti podaci i iskustva su upotrebljeni za projektovanje i podešavanje sistema. Testiranje je izvršeno u trećoj i četvrtoj godini. Od nastavnika se tražilo da prvo izvrše ručno ocenjivanje, a tek tada su im predstavljene preporuke iz sistema. Rezultati i diskusija su prikazani u poglavlju 7.

6 Sajt kursa sa svim materijalima je dostupan ovde: <http://jgrass.fon.bg.ac.rs/>

7 Svi javno dostupni OB izdati u toku kursa se mogu videti ovde: <https://credly.com/u/2082878>

8 Svi repozitorijumi koda u vezi sa ovim zadatkom su javni i mogu se videti ovde: <https://github.com/jgrass>

#### 4. PREGLED NAČINA RADA SISTEMA

Rad sistema je podeljen u dve faze:

1. Prikupljanje i sumiranje podataka u vezi sa timskim radom iz repozitorijuma koda.
2. Primena rubrike za ocenjivanje timskog rada i pružanje preporuke za ocenu (OB).

U prvoj fazi, sistem pristupa repozitorijumu odabranog tima preko odgovarajuće URL adrese i kopira ga. Aktivni članovi tima (oni koji su dodali/izmenili neki deo koda) se identifikuju preko email-a autora u okviru commit-a. Prazni repozitorijumi se izostavljaju iz analize. Zatim, prebrojavaju se i analiziraju svi commit-ovi (za svakog člana tima), evidentiraju svi izmenjeni fajlovi, dodate i izbrisane linije koda, pri čemu se obraća pažnja i na lokacije fajlova u kojima se izmene nalaze (sve metrike su opisane u poglavlju 5). Dodate i obrisane linije koda se takođe prebrojavaju u odnosu na konkretne programerske uloge (implementacija domenskih klasa, testiranje, dokumentovanje i implementacija grafičkog interfejsa) i to otkrivanjem ključnih reči u putanji do fajla (npr. „test“, „gui“) ili odgovarajućih kombinacija znakova u kodu. Commit-ovi koji ne sadrže nove izmene u kodu (nastali tokom tzv. „merge“ operacije), kao i datoteke koje ne sadrže Java izvorni kod, izostavljaju se iz analize.

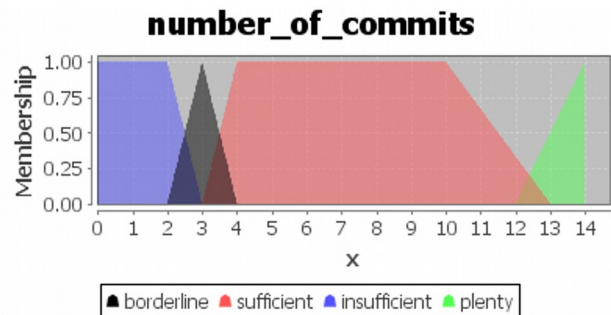
Pre izračunavanja složenijih metrika, nastavnik dobija priliku da objedini podatke više članova tima – u slučaju da neki članovi tima koriste više e-mail identifikatora u istom repozitorijumu. Zatim, izračunavaju se pokazatelji prema ulogama i procenat doprinosa svakog člana tima u odnosu na ceo tim. Sortiranjem commit-ova prema datumu, izračunava se poslednja metrika koja označava broj pojavljivanja svakog člana tima (videti poglavlje 5).

Druga faza, primena rubrike za ocenjivanje timskog rada i pružanje preporuke za ocenu, vrši se izvršavanjem fazi pravila tri sekvencijalno povezana fazi sistema (FS nadalje - videti poglavlje 5). Sve metrike, preporuke za OB i dodatne informacije se prikazuju nastavniku u formi HTML izveštaja (videti poglavlje 6).

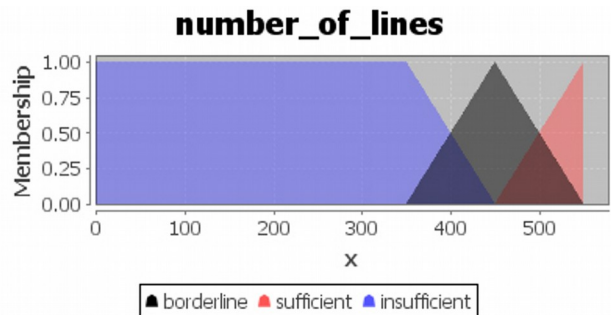
#### 5. FAZI SISTEMI PRAVILA

Prvi FS ocenjuje Nivo 3 (zajednička odgovornost) timskog rada i daje preporuku za dodelu bronzanog OB članu tima ako je dao značajan doprinos projektu. Neophodno je da su najmanje dva člana tima adekvatno doprinela, inače se to ne može oceniti kao zajednička odgovornost. Ovaj FS koristi dve ulazne fazi promenljive (i odgovarajuće fazi skupove): broj commit-ova po članu tima (Slika 1) i broj linija koda po članu tima (Slika 2). Vrednost druge se dobija oduzimanjem broja linija za dokumentaciju koda od dodatih linija koda tog člana tima. Linije sa dokumentacijom su izostavljene jer ne doprinose suštinski projektu, a mogu uticati na uočeni doprinos.

Ovaj FS ima jednu izlaznu fazi promenljivu koja se zove bronzana značka i odnosi se na bronzani OB za timski rad. Pošto se može odbiti ili odobriti, fazi skupovi za oba termina su definisani kao singleton skupovi sa vrednostima {0} ako je OB odbijen i {1} ako je OB odobren.



Slika 1. Fazi skupovi za promenljivu broj commit-ova



Slika 2. Fazi skupovi za promenljivu broj linija koda

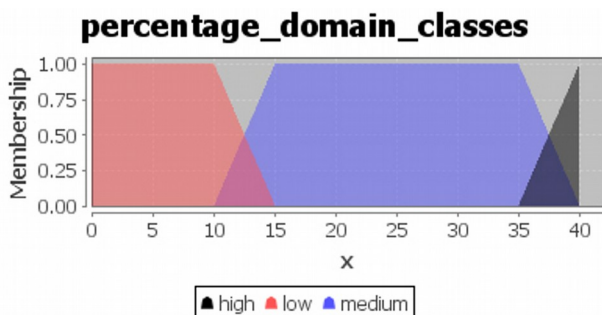
Ako je broj linija koda ili broj commit-ova nedovoljan (*insufficient*), bronzana značka se odbija. Granične vrednosti (*borderline*) i ili veće donose članu tima bronzanu značku. Jedinstvena situacija se dešava ako postoji dovoljan broj commit-ova (*sufficient*) ali je broj linija na granici (*borderline*) ili nedovoljan (*insufficient*). Nesrazmernost ukazuje na neadekvatan način rada, pa se bronzana značka odbija. Neka od navedenih pravila se mogu predstaviti u pseudo-kodu na sledeći način:

*IF number of lines IS insufficient AND number of commits IS insufficient THEN bronze badge IS rejected.*

*IF number of lines IS borderline AND number of commits IS sufficient THEN bronze badge IS approved.*

Drugi FS procenjuje Nivo 4 timskog rada (zajedničko odlučivanje) i daje preporuke za dodelu srebrnog OB samo ako je bronzana značka iz prethodnog FS-a ocenjena kao odobrena. Nivo 4 se definiše kao zajedničko donošenje suštinskih odluka planiranjem i podelom posla. Rad se može podeliti dodeljivanjem delova projekta ili specifičnih programskih uloga svakom članu tima. Da bi se utvrdilo da li je član tima ispunio ovaj zahtev, uvedene su četiri fazi ulazne promenljive: *procenat domenske klase* (Slika 3), *procenat testiranje*, *procenat GUI* i *procenat dokumentovanje*. Ovi procenti pokazuju koliko je član tima uradio po kojoj ulozi u projektu. Procenat po ulogama se izračunava deljenjem dodatog broja linija koda (koje se odnose na programsku ulogu) ukupnim dodatim brojem linija u projektu (koje se odnose na tu ulogu). Na primer, član je uradio 63% dokumentacije. Fazi skupovi za sve četiri promenljive su isti (Slika 3).

Ovaj FS takođe ima jednu izlaznu fazi promenljivu - srebrna značka koja se može odbiti (singleton skup {0}) ili odobriti (singleton skup {1}).



Slika 3. Fazi skupovi za prom. procenat domense klase

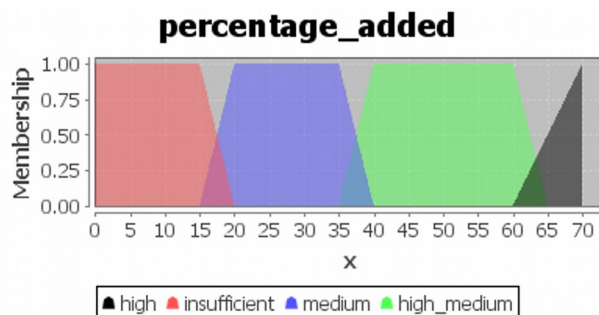
Fazi pravila za srebrni OB uzimaju u obzir različite načine podele rada. Ako je član tima učestvovao u bilo kakvoj podeli rada, ne bi bilo prihvatljivo da on/ona ima više od dve uloge sa malim procentima (*low*). Dve ili više uloga sa srednjim procentima (*medium*) ukazuju na rad podeljen na različite delove programa, i srebrni bedž se odobrava. Ako je procenat u bar jednoj ulozi visok (*high*), postoji veća šansa da je rad bio podeljen na uloge ili na kombinaciju delova i uloga. To pokazuje da je član tima uradio značajnu količinu posla u nekoj ulozi i odobrava mu/joj se srebrna značka. Neka od navedenih pravila su:

*IF percentage domain classes IS low AND percentage testing IS low AND percentage documenting IS low AND percentage gui IS low THEN silver badge IS rejected.*

*IF percentage domain classes IS medium AND percentage testing IS low AND percentage documenting IS low AND percentage gui IS medium THEN silver badge IS approved.*

Poslednji FS procenjuje Nivo 5 timskog rada (rad je međuzavisan i ravnomerno podeljen) i daje preporuke o dodeli zlatnog OB samo ako je srebrna značka iz prethodnog FS-a odobrena. Najviši nivo saradnje podrazumeva ravnomerno podeljen, međuzavisan rad i doprinos svakog člana tima. Uvedene su četiri fazi promenljive: *procenat dodatih linija koda* (Slika 4), *procenat izbrisanih linija*, *broj pojavljivanja* i *broj članova*. Procenti izražavaju doprinos člana u odnosu na ceo tim. Broj pojavljivanja pokazuje koliko je rad jednog člana tima isprepleten sa radom drugih članova. Dobija se hronološkim pregledom svih commit-ova i brojanjem situacija kada se jedan ili više commit-ova jednog člana pojavljuje između commit-ova drugih članova tima. Fazi skupovi za ovu promenljivu su definisani za termine *nedovoljno* (*insufficient*) i *dobro* (*good*). Jedno pojavljivanje je nedovoljno, dva su granični slučaj, dok se tri ili više smatraju dobrim. Broj članova označava koliko je članova tima dobilo srebrnu značku i ocenjuju se za zlatnu značku. Ova fazi promenljiva se koristi za tumačenje ostalih promenljivih na prikladan način. Broj članova može biti *dva* ili *tri*, tako da su fazi skupovi singletoni {2} i {3}.

Ovaj FS takođe ima jednu izlaznu fazi promenljivu - *zlatna značka* koja se može *odbiti* (singleton skup {0}) ili *odobriti* (singleton skup {1}).



Slika 4. Fazi skupovi za prom. procenat dodatih linija koda

Fazi pravila za zlatnu značku su podeljena u dve grupe, u zavisnosti od broja članova. Ako je broj članova dva, srednji-visok procenat dodatih linija (*high\_medium*) oba člana znači ravnomernu podelu posla. Ako je procenat dodatih linija jednog člana visok (*high*) ili srednji (*medium*), procenat izbrisanih linija se razmatra i on mora biti proporcionalno niži tj. viši kod drugog člana. Za timove sa tri člana, srednji (*medium*) i srednji-visoki (*high\_medium*) procenti donose zlatnu značku. Čak iako jedan član ima srednji-visok procenat (npr. 55%), timski napor je i dalje evidentan. Procenat izbrisanih linija se ne razmatra u timovima od tri člana. Neka od pravila su:

*IF number of appearances IS insufficient THEN gold badge IS rejected.*

*IF number of members IS two AND percentage added IS high AND (percentage deleted IS insufficient OR percentage deleted IS medium) THEN gold badge IS approved.*

*IF number of members IS three AND percentage added IS medium THEN gold badge IS approved.*

Tri FS-a su međusobno povezana kontrolnim pravilima: ako član tima ne dobije OB za niži nivo timskog rada, FS-i za više nivoa neće biti izvršeni. Drugo, za srebrni i zlatni OB važi da najmanje dva člana tima moraju dobiti taj OB (srebrni ili zlatni), inače će OB biti opozvan.

## 6. IMPLEMENTACIJA

Sistem je implementiran kao Java desktop aplikacija otvorenog koda pod nazivom Collaboration Inspector<sup>9</sup> i koristi nekoliko Java biblioteka. JGit<sup>10</sup>, implementacija git sistema u programskom jeziku Java, koristi se za pristup repozitorijumima koda i prikupljanje podataka. FS-ovi su implementirani putem jFuzzyLogic biblioteke (Slika 5) [5], koja realizuje fazi kontrolni jezik (FCL - „Fuzzy Control Language“, standard IEC 61131-7). Konačno, HTML izveštaj za svaki tim se pravi pomoću Apache FreeMarker biblioteke<sup>11</sup>. Izveštaj sadrži preporuke ocena, metrike, aktivirana fazi pravila i dodatne informacije potrebne za ocenjivanje (Slika 6).

9 Izvorni kod je javno dostupan na sledećoj adresi: <https://bitbucket.org/AnisjaKijevcanin/collaborationinspector>

10 <https://www.eclipse.org/jgit/>

11 <https://freemarker.apache.org/>

```

19: FUZZIFY number_of_commits
20: TERM insufficient := (0,1)(2,1)(3,0);
21: TERM borderline := (2,0)(3,1)(4,0);
22: TERM sufficient := (5,0)(4,1)(10,1)(13,0);
23: TERM plenty := (12,0)(14,1);
24: END_FUZZIFY
25:
26: DEFUZZIFY bronze_badge
27: TERM rejected := 0;
28: TERM approved := 1;
29: METHOD : COGS;
30: DEFAULT := 0;
31: END_DEFUZZIFY
32:
33: RULELOCK No1
34: AND : MIN;
35: ACT : MIN;
36: ACCU : MAX;
37:
38: RULE 1 : IF number_of_lines IS insufficient AND number_of_commits IS insufficient
39: THEN bronze_badge IS rejected;
40:
41: RULE 2 : IF number_of_lines IS insufficient AND number_of_commits IS borderline
42: THEN bronze_badge IS rejected;
43:
44: RULE 3 : IF number_of_lines IS borderline AND number_of_commits IS insufficient
45: THEN bronze_badge IS rejected;
46:
47: RULE 4 : IF number_of_lines IS borderline AND number_of_commits IS borderline
48: THEN bronze_badge IS approved;
49:

```

Slika 5. FS implementiran u jFuzziLogic-u (deo koda)

The screenshot shows a report titled "Report for team repository" with a CI logo. It contains a table of team members with columns for Username, Email, Number of commits, Added lines, Deleted lines, Percentage domain classes, Percentage documenting, Percentage testing, Percentage GUI, Percentage added, Percentage deleted, and Number of appearances. Below the table, it lists activated fuzzy rules with their degrees of support and weights, such as "Gold badge -- NO" and "Silver badge -- YES".

Slika 6. Primer HTML izveštaja

## 7. REZULTATI I DISKUSIJA

Podaci iz 2015. i 2016. godine, kao i interpretacije nastavnika o primeni rubrike i metrika su korišćeni za pravljenje i podešavanje sistema. Analizirani su podaci 30 timova (30 repozitorijuma) sa 77 članova: 20 tročlanih, 7 dvočlanih i 3 tima sa jednim aktivnim članom. Jedan student je diskvalifikovan zbog plagiranja, a rezultati za preostalih 76 studenata su prikazani u Tabeli 1. Važno je napomenuti da se sistem ne može evaluirati kao običan višeklasni klasifikator, jer su „klase“ (nivoi timskog rada) međusobno zavisni. Podaci su, ipak, predstavljeni u formi matrice konfuzije, radi jasnijeg predstavljanja rezultata.

Ocene sistema	Ocene nastavnika			
	Nivo 5 (zlatni)	Nivo 4 (sreb.)	Nivo 3 (bronz.)	Nema OB
Nivo 5 (zlatni)	32	4	0	0
Nivo 4 (sreb.)	8	3	11	1
Nivo 3 (bronz.)	0	1	1	0
Nema OB	1	1	0	13

Tabela 1. Rezultati evaluacije za podatke iz 2015. i 2016.

Nakon podešavanja, sistem je ocenio 49 studenata na isti način kao nastavnici, a 27 drugačije. Na primer, osam studenata je ocenjeno srebrnim OB (Nivo 4) umesto zlatnim OB (Nivo 5), četiri studenta su dobili zlatne OB (Nivo 5) umesto srebrnih OB (Nivo 4) itd. Moglo bi se reći da je ukupna tačnost sistema 0,64 (broj ispravnih

predviđanja podeljen sa 76), ali to bi bilo donekle pogrešno. Pošto su nivoi timskog rada međusobno zavisni, ocenjivanje sistema za svaki nivo pojedinačno se čini primerenim - preko pojedinačnih matrica konfuzije (Tabela 2). Nakon procene rezultata na ovaj način, podaci ukazuju na to da je tačnost sistema za Nivo 3 0.9605 (preciznost 0.9836, odziv 0.9677), za Nivo 4 je 0.8026 (preciznost 0.7966, odziv 0.94), a za Nivo 5 0.8289 (preciznost 0.8889, odziv 0.7805).

Ocene sistema	Ocene nastavnika	
	Nivo 3 (i viši)	Nema OB
Nivo 3 (i viši)	60	1
Nema OB	2	13
	Nivo 4 (i viši)	Nije Nivo 4
Nivo 4 (i viši)	47	12
Nije Nivo 4	3	14
	Nivo 5	Nije Nivo 5
Nivo 5	32	4
Nije Nivo 5	9	31

Tabela 2. Pojedinačne matrice konfuzije za 2015. i 2016.

Kada su nastavnicima predstavljene preporuke sistema, od njih se tražilo da ponove procenu projekata koje su ocenili, posebno one u kojima se ocene nisu podudarale. Pokazalo se da se većina tih slučajeva može objasniti subjektivnošću tokom ocenjivanja i nejasnim smernicama o kvalitetu koda (nije obuhvaćeno rubrikom). Činjenica je da sistem uopšte ne razmatra kvalitet koda, a ni plagiranje. Posledično, organizovana su još dva sastanka na kojima su formulisane jasnije smernice po pitanju očekivanog kvaliteta koda. Nastavnici su sprovedli smernice u praksu u toku 2017. i 2018. godine.

Testiranje sistema je izvršeno u toku 2017. i 2018. godine. Analizirani su podaci 23 tima sa ukupno 60 studenata: 15 tročlanih, 7 dvočlanih i jednim jednočlanim timom. Jedan tim je diskvalifikovan zbog plagiranja, a rezultati za preostala 22 tima (57 studenata) su prikazani u Tabeli 3.

Ocene sistema	Ocene nastavnika			
	Nivo 5 (zlatni)	Nivo 4 (sreb.)	Nivo 3 (bronz.)	Nema OB
Nivo 5 (zlatni)	23	3	0	0
Nivo 4 (sreb.)	4	12	2	0
Nivo 3 (bronz.)	0	1	5	0
Nema OB	0	1	0	6

Tabela 3. Rezultati evaluacije za podatke iz 2017. i 2018.

Nakon uvođenja jasnijih smernica za nastavnike, ukupna tačnost sistema nad test podacima iz 2017. i 2018. godine iznosi 0.8070. Prema pojedinačnim matricama konfuzije (Tabela 4), tačnost za Nivo 3 iznosi 0.9824 (prec. 1, odziv 0.9804), za Nivo 4 je 0.9298 (prec. 0.9545, odziv 0.9545), a za Nivo 5 je 0.8772 (prec. 0.8846, odziv 0.8519).

Ocene sistema	Ocene nastavnika	
	Nivo 3 (i viši)	Nema OB
Nivo 3 (i viši)	50	0
Nema OB	1	6
	Nivo 4 (i viši)	Nije Nivo 4
Nivo 4 (i viši)	42	2
Nije Nivo 4	2	11
	Nivo 5	Nije Nivo 5
Nivo 5	23	3
Nije Nivo 5	4	27

Tabela 4. Pojedinačne matrice konfuzije za 2017. i 2018.

Rezultati za Nivo 3 pokazuju samo jednu razliku. Student o kome je reč ima dva commit-a koje sistem smatra nedovoljnim. Postoje četiri razlike u ocenama za Nivo 4. Negativna ocena (od strane sistema) za Nivo 3 studenta sa početka pasusa, podrazumevala je da student nije ni razmatran za Nivo 4. Pored toga, drugi član istog tima koji je pozitivno ocenjen za Nivo 4 od strane nastavnika, nije ocenjen isto od strane sistema zbog toga što bar dva člana tima moraju dobiti srebrni OB. Preostala dva studenta nisu ocenjena pozitivno za Nivo 4 od strane nastavnika na osnovu slabog kvaliteta koda. Razlike u ocenama za Nivo 5 su identifikovane u sedam slučajeva. Tri studenta iz jednog tima nisu pozitivno ocenjena za Nivo 5 od strane nastavnika na osnovu slabog kvaliteta koda. Dva tima (sa po dva člana) imala su veoma neproporcionalne procenete dodatog i obrisanog koda, ali ih je nastavnik pozitivno ocenio za Nivo 5.

S obzirom na rezultate, čini se da fazi skupovi i pravila daju zadovoljavajuće preporuke za ovu svrhu. Međutim, jedno od poboljšanja bi bilo uvođenje novih metrika koje nastavnici često koriste, ali se ne nalaze u rubrici. Takođe, proces izračunavanja procenata po ulogama se oslanja na običajene konvencije imenovanja fajlova, čega se ne pridržavaju svi studenti. Dalji razvoj može uključivati pružanje podrške za različite programske jezike, kao i dodavanje korisnih funkcija kao što su isključivanje određenih članova ili commit-ova iz analize, ograničavanje analize na neki vremenski okvir itd.

## NAPOMENA

Istraživanje predstavljeno u radu je delimično finansirano od strane Evropske komisije u okviru projekta GRASS (2014.-2016., broj projekta 543029-LLP-1-2013-1-RS-KA3-KA3MP). Rad odražava samo stavove autora, a Evropska komisija ne može biti odgovorna za bilo kakvu upotrebu informacija koje se u njemu nalaze.

## LITERATURA

- [1] 21CLD Learning Activity Rubrics - ITL Research, 2015. Dostupno na adresi: <https://goo.gl/gq3hR4>
- [2] 21CLD Student work rubrics - ITL Research, 2015. Dostupno na adresi: <https://goo.gl/P5Y5uS>

[3] Ahmed, F., Capretz, L. F., and Campbell, P., „Evaluating the Demand for Soft Skills in Software Development“. IT Professional, 14(1), pp 44-49, 2012.

[4] Assessment & Teaching of 21st Century Skills, 2012. Dostupno na adresi: <http://atc21s.org/>

[5] Cingolani, P., and Alcalá-Fdez, J., „JFuzzyLogic: A Java Library to Design Fuzzy Logic Controllers According to the Standard for Fuzzy Control Programming“. International Journal of Computational Intelligence Systems, 6(Sup1), pp 61-75, 2013.

[6] GitHub Documentation, 2018. Dostupno na adresi: <https://help.github.com/articles/viewing-contribution-activity-in-a-repository/>

[7] GRASS D2.2 Pedagogical Approaches, 2014. Dostupno na adresi: <https://goo.gl/9DEvIq>

[8] GRASS D2.2 Supporting Document GRASS Pedagogical Rubric, 2014. Adresa: <https://goo.gl/deCBcb>

[9] GRASS D3.2 Supporting Document Didactic Materials for GRASS Application Cases, 2015. Dostupno na adresi: <https://goo.gl/ygYYtx>

[10] Hazzan, O., and Har-Shai, G., „Teaching and learning computer science soft skills using soft skills“. Proceedings of the 45th ACM technical symposium on Computer science education - SIGCSE '14, 2014.

[11] Matturro, G., „Soft skills in software engineering: A study of its demand by software companies in Uruguay“. 6th International Workshop on Cooperative and Human Aspects of Software Engineering (CHASE), 2013.

[12] Open Badges for Lifelong Learning – Mozilla, 2011. Dostupno na adresi: <https://goo.gl/3mQqN>

[13] Open Badges Infrastructure, 2012. Dostupno na adresi: <https://wiki.mozilla.org/Badges/Onboarding-Issuer>

[14] Padhi, D. P., „Soft Skills: Education beyond Academics“. IOSR Journal of Humanities and Social Science, 19(5), pp 01-03, 2014.

[15] PISA 2015 Draft collaborative problem solving framework, 2015. Dostupno ovde: <https://goo.gl/Yy7zbQ>

[16] Radermacher, A., and Walia, G., „Gaps between industry expectations and the abilities of graduates“. Proceeding of the 44th ACM technical symposium on Computer science education - SIGCSE '13, 2013.

[17] Sedelmaier, Y., and Landes, D., „SWEBOS – The Software Engineering Body of Skills“. International Journal of Engineering Pedagogy (IJEP), 5(1), 20., 2015.

[18] Sheth, S., Murphy, C., Ross, K. A., and Shasha, D., „A Course on Programming and Problem Solving“. Proceedings of the 47th ACM Technical Symposium on Computing Science Education - SIGCSE '16, 2016.

[19] Tomić, B., Jovanović, J., Milikić, N., Devedžić, V., Dimitrijević, S., Đurić, D., and Ševarac, Z., „Grading students programming and soft skills with open badges: A case study“. British Journal of Educational Technology, 2017. doi:10.1111/bjet.12564

# PRIMENA DATA MININGA U PLATFORMI ZA LABORATORIJSKE VEŽBE IZ OBLASTI INFORMATIKE I RAČUNARSTVA

## ADOPTING DATA MINING IN PLATFORM FOR COMPUTER SCIENCE LABORATORY SESSIONS

Nenad Petrović

*Elektronski fakultet, Niš*

**Sadržaj** – Tehnologija je oduvek imala važnu ulogu u procesu edukacije. U današnje vreme, internet i računari su vodeće tehnologije koje podržavaju učenje. Postojeće platforme za elektronsko učenje su pretežno namenjene online i kombinovanom učenju. Iza ovih sistema, što se sofisticiranijih funkcionalnosti tiče, stoje različite metode i algoritmi, pri čemu se posebno izdvajaju tehnike data mininga. U prvom delu, ovaj rad se bavi pregeledom primena data mininga u različitim sistemima za elektronski podržano učenje. U drugom delu rada, razmatra se i studija slučaja primene navedenih koncepata u okviru platforme za izvođenje laboratorijskih vežbi kurseva iz oblasti informatike i računarskih nauka na univerzitetu, koji zahtevaju izradu testova i pisanje koda/razvoj softvera od strane studenata.

**Abstract** – When it comes to the process of education, the technology has always been of utmost importance. Today, internet and computers are leading technologies that support education. Most of the existing e-learning platforms are designed for either online or blended learning. When it comes to more sophisticated features, various methods and algorithms are used, but data mining stands out. In the first part of this paper, a review of existing data mining applications and use cases in educational systems is given. On the other side, the second part presents the case study of adopting data mining techniques in platform supporting the laboratory sessions in computer science courses, that involves multiple choice question tests and writing program code/software development.

### 1. UVOD

Tehnike data mininga se koriste za otkrivanje skrivenog znanja, šablona i veza u velikim količinama podataka, oslanjajući se na metode klasifikacije, klasterovanja, regresije, veštačke inteligencije, neuronskih mreža, otkrivanja pravila asocijacije, stabla odlučivanja, analize društvenih mreža, genetskih algoritama i druge [1-4]. Data mining je široko primenjivan u raznim oblastima – od marketinga i prodaje, industrije telekomunikacija do biologije i medicinskih nauka. Poslednjih desetak godina, istraživači iz različitih naučnih oblasti (računarske nauke, statistika, edukacija) su počeli da razmatraju kako data mining može dovesti do poboljšanja i olakšati istraživanja u oblasti edukacije [1], što je dovelo do stvaranja nove oblasti istraživanja – poznate pod nazivom edukacioni data mining.

U ovom radu, sa jedne strane, dat je pregled primene edukacionog data mininga u sistemima za elektronski

podržano učenje, ali se razmatra i konkretna studija slučaja platforme za izvođenje laboratorijskih vežbi iz različitih univerzitetskih kurseva iz oblasti računarstva i informatike, koji uključuju i aktivnosti pisanja programskog koda i razvoja aplikacija.

Što se nastave predmeta iz oblasti računarstva tiče, utvrđeno je da su praktični i programerski zadaci neophodan elemenat, koji upotpunjuje sliku o materiji obrađenoj na času teorijske nastave, zato što pojedine teme ne mogu biti adekvatno objašnjenje i dočarane bez direktnog iskustva koje se ostvaruje neposrednom upotrebom računarskih sistema. Međutim, s obzirom na trend porasta broja univerzitetskih studenata informatike, računarskih nauka i srodnih oblasti u poslednjih nekoliko godina (kako u svetu, tako i kod nas), okolnosti i uslovi izvođenja nastavnog procesa na univerzitetima su znatno otežani, što pogotovu važi za laboratorijske vežbe [5]. Prema tome, kao jedno od mogućih rešenja jeste težnja ka automatizaciji različitih aspekata i aktivnosti u procesu njihovog izvođenja, s obzirom na ograničenost raspolaganja nastavnog osoblja [5]. Zbog toga je neophodno ugraditi inteligentne mehanizme u postojeće edukativne platforme, a to upravo pruža data mining.

Glavni doprinos ovog rada je predložena arhitektura sistema za podršku izvođenja laboratorijskih vežbi i izložene potencijalne primene edukacionog data mininga sa ciljem automatizacije i unapređenja procesa izvođenja laboratorijskih vežbi.

### 2. EDUKACIONI DATA MINING

Edukacioni data mining je oblast istraživanja koja se bavi razvojem i implementacijom metoda i tehnika za analiziranje podataka koji dolaze iz okruženja edukacionih sistema sa ciljem da se bolje razumeju pojedini aspekti edukacije, a na osnovu toga unapredi proces učenja i poboljšaju njegovi rezultati [1-4]. Na ovaj način je omogućeno otkrivanje prethodno nepoznatih veza i šablona u ogromnim skupovima sirovih podataka edukacionih sistema, koje pomažu da se dođe do određenih zaključaka u vezi učesnika (učenika, nastavnika, administratora kursa) i prilikom donošenja odluka u okviru ovih sistema. Alati i metode koji se koriste za ovu svrhu se uglavnom zasnivaju na statističkim modelima, matematičkim algoritmima, tehnikama obrade prirodnih jezika, mašinskog učenja, sistema preporuke ali i pedagogije i teorije obrazovanja, sa druge strane [1,2]. Prema tome, edukacioni data mining je interdisciplinarna oblast.

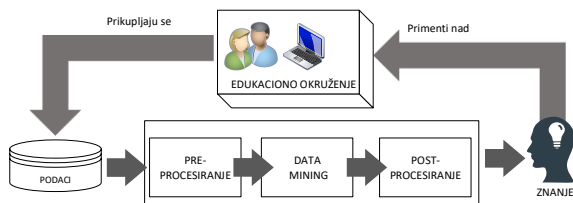


Proces edukacionog data mining pretvara sirove podatke prikupljene iz edukacionih sistema u korisne informacije koje mogu biti iskorišćene na različite načine, zavisno od ciljne grupe. Karakteristične grupe koje mogu imati koristi od edukacionog data mininga su: timovi za razvoj edukacionog softvera i platformi, učenici, nastavnici, administratori kurseva, obrazovne institucija, ali i istraživači u oblasti pedagogije i nastavnih metoda [1-4]. Recimo, učenicima primena ovih metoda može znatno olakšati učenje. Dalje, nastavnicima mogu pomoći u donošenju odluka i u poboljšanju kvaliteta nastave. Administratorima kurseva i obrazovnim institucijama omogućavaju lakše upravljanje i organizaciju nastavnog procesa. Sa druge strane, istraživačima u oblasti pedagogije daju mogućnost da detaljnije sagledaju evaluaciju nastavnih metoda i efektivnosti učenja.

U nastavku, biće dat pregled najbitnijih aspekata edukacionog data mininga: procesa, mogućih izvora podataka, primena i tehnika na kojima se zasnivaju ove primene.

#### A. Proces edukacionog data mininga

U suštini, ovaj process se ne razlikuje mnogo od drugih oblasti primene data mininga, kao što su poslovanje, genetika, medicina. Zajedničko je da se u svim ovim oblastima, što se primene data mininga tiče, primenjuju jedni isti koraci, u kontinuitetu (prikazano na Slici 1) [3,4]:



Slika 1. Proces edukacionog data mininga

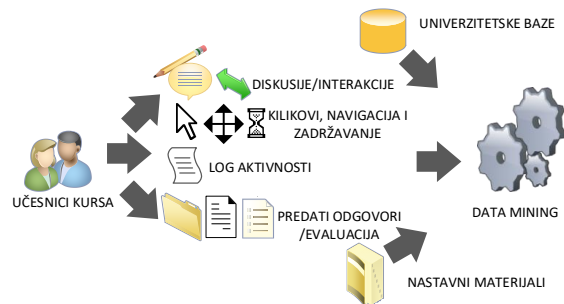
- Pre-procesiranje: Podaci pribavljeni iz edukacionih okruženja treba prvo da se transformišu u odgovarajući format koji je prikladan za primenu odgovarajućih tehnika data mininga. Neki od najbitnijih koraka preprocesiranja su: prečišćavanje podataka, odabir atributa, integracija podataka.
- Analiza podataka: Ovo je glavni korak celog procesa u kome se primenjuju neke od prethodno navedenih tehnika data mininga nad prethodno pripremljenim podacima.
- Post-procesiranje: Završni korak u kome se pribavljeni rezultati ili modeli interpretiraju i koriste da bi se došlo do odluka u okruženju platformi za edukaciju.

Na ovaj način, omogućeno je kontinualno unparenje edukacionih platformi tako što se prikupljeni podaci

analiziraju, a doneti zaključci koriste za donošenje odluka i modifikacije sistema, koje dovode do poboljšanja procesa edukacije.

#### B. Izvori podataka

Podaci koje se analiziraju u edukacionom data miningu dolaze iz različitih izvora (ilustrovano na Slici 2): univerzitetske baze podataka, koje sadrže informacije o studentima, kursevima, ocene i informacije o nastavnim aktivnostima (u slučaju da se radi o nastavi na univerzitetu); online kursevi (lista aktivnosti – klikovi i navigacija, vreme zadržavanja u pojedinim delovima materijala kursa itd.); informacije o materijalu za učenje, interakcije sa drugim učesnicima; diskusije u forumu; podaci koje proizvode korišćeni softver i alati (log aktivnosti i artefakti); predati odgovori studenata (tekstualni dokumenti, celi projekti sa odgovarajućim fajlovima, softverski artefakti – izvorni kod, definicije tabela baze podataka i slično, zaokruženi odgovori u testovima), a od značaja su i sami rezultati evaluacije predatih odgovora [1-4]. Osim toga, ponekad se u edukacionom data miningu razmatraju i ankete sprovedene nad učesnicima kurseva, ali i podaci prikupljeni u tradicionalnoj nastavi upotrebom modernih tehnologija. U suštini, edukacioni sistemi proizvode veliku količinu podataka – strukturiranih i nestruktuiranih, nad kojima se mogu primeniti razne tehnike analize podataka.



Slika 2. Izvori podataka u edukacionom data miningu

#### C. Metode, tehnike i algoritmi

U ovoj podsekciji dat je pregled najčešće korišćenih metoda, algoritama i tehnike data mininga u edukacionim sistemima na osnovu pregleda [1-4].

**Klasifikacija:** Klasifikacija je zadatak učenja funkcije koja skupu atributa X dodeljuje jednu od unapred definisanih oznaka klase Y. Klasifikacioni modeli opisuju veze i predviđaju vrednosti oznake za buduća posmatranja u skupu podataka. Postoje različite metode za klasifikaciju koje se koriste: stabla odlučivanja, naivni Bajesov klasifikator, Support Vector Machine (SVM), neuronske mreže, Bajesove mreže i druge.

**Regresija:** Predikcija se uglavnom koristi za predviđanje vrednosti kontinualnih funkcija, za razliku od klasifikacije, koja služi za dodelu etikete/oznake budućim posmatranjima. Za numeričku predikciju se najčešće

koriste tehnike regresije. Regresija modeluje veze između jedne ili više nezavisne promenljive i zavisnih promenljivih. U data miningu, nezavisne promenljive su već poznati atributi. Međutim, u pojedinim situacijama je neophodno primeniti složenije tehnike za problem predviđanja budućih vrednosti, poput stabala odlučivanja i neuronskih mreža.

*Klasterovanje:* Definiše se kao identifikacija i podele objekata u različite grupe, odnosno particionisanje skupa podataka u podskupove, tako da podaci u svakom od ovih podskupova po nečemu slični u većoj meri nego u odnosu na elemente drugih podskupova.

*Generisanje preporuka:* Preporuke učenicima u korišćenju nastavnog materijala u toku učenja i odabiru kurseva se najčešće pominju u literaturi kada se govori o primeni sistema za preporuke u okviru edukacionih platformi [1,12]. Međutim, preporuke se mogu odnositi i na voditelje kurseva/nastavnike (na primer, koje stavke bi u određenom delu kursa trebalo testirati kod učenika). Dve grupe metoda u sistemima za preporuke su: kolaborativno filtriranje i metode zasnovane na sadržaju. Kolaborativno filtriranje radi na principu preporuke objekata koji su se dopali korisnicima sa sličnim karakteristikama. Sa druge strane, metode zasnovane na sadržaju preporučuju korisnicima one objekte koji su slični objektima koji su im se dopali u prošlosti. Pored ovih metoda, koriste se i algoritmi bazirani na pravilima asocijacije i hibridni pristup, koji kombinuje neke od prethodno navedenih tehnika.

Osim navedenih, koriste se i druge metode data mininga [1-4], poput multivarijacione analize i detekcije anomalija, ali u manjem broju slučajeva.

### 3. PRIMENE EDUKACIONOG DATA MININGA

U ovoj sekciji, razmatraju se postojeće primene data mining metoda, tehnika i algoritama u edukacionim sistemima. Na osnovu referencirane literature iz oblasti edukacionog data mining-a, možemo uočiti nekoliko upečatljivih kategorija primene, koje su opisane u nastavku. U Tabeli 1, dat je sumarni pregled karakterističnih slučajeva primena edukacionog data mininga, odgovarajućih algoritama/tehnika i izvora podataka.

#### A. Predviđanje ishoda

Veliki broj radova prikazuje sisteme koji na osnovu različitih interakcija učenika sa edukacionom platformom predviđaju ishod – da li će učenik uspešno kompletirati kurs ili ne. Posebno se obraća pažnja na ovu primenu u MOOC platformama za elektronsko učenje na daljinu, s obzirom da je jedan od najvećih problema u ovim okruženjima mala stopa uspešnog kompletiranja kurseva i veliki procenat studenata koji brzo odustaje, jer je cena odustajanja vrlo mala [6]. Prema tome, od velikog je značaja blagovremeno detektovati kod kojih studenata postoji verovatnoća da će odustati, da bi

instruktori/voditelji kurseva mogli da reaguju ili da se platforma automatski adaptira u skladu sa tim. Za ovu svrhu se najčešće koriste tehnike poput regresije i klasifikacije i klasterovanja nad evidencijom aktivnosti učenika tokom korišćenja platforme, dodatnih alata i ostvarenih rezultata na zaduženjima. U radu [7] je predstavljen primer kombinacije upotrebe tehnika obrade prirodnih jezika i multivarijacione analize sa ciljem predikcije uspešnosti kompletiranja kursa analiziranjem jezika koje učenici koriste u toku diskusija na forumu edukacione platforme. Sa druge strane, u radu [8] je prikazana metoda predviđanja ishoda obrazovanja u akademskim institucijama korišćenjem naivnog Bajesovog pristupa na osnovu podataka o uslovima života, sastavu porodice, zarade roditelja i navika studenata prikupljenih anketom prilikom upisa na univerzitet. Dalje, u [9] se na sličan način pristupa problemu analize ličnih podataka (upotrebom klasifikacije, ali u ovom slučaju uz pomoć neuronskih mreža), pri čemu se uzimaju u obzir i podaci o prethodnim rezultatima u akademskoj karijeri studenata.

Tabela 1. Pregled primena edukacionog data mininga

Primena	Tehnike	Izvori podataka
Predviđanje ishoda	regresija, klasifikacija, klasterovanje multivarijaciona analiza	log aktivnosti, rezultati evaluacije, univerzitetska baza, lični podaci, diskusije na forumu
Detekcija neželjenog ponašanja	klasifikacija, klasterovanje, logistička regresija, detekcija anomalija	log aktivnosti, univerzitetska baza
Personalizacija učenja	kolaborativno filtriranje, metode preporuke zasnovane na sadržaju, hibridni pristup	log aktivnosti, informacije o nastavnom sadržaju
Analiza nastavnog procesa	klasterovanje, regresija	anekete, interakcije učesnika

#### B. Detekcija neželjenog ponašanja

Detekcija neželjenog ponašanja je slična predikciji ishoda i performansu učenika, ali se fokusira na detekciju šablona koji ukazuju na neželjeno ponašanje studenata u toku edukacije, poput varanja na ispitu, što je još jedan od problema u platformama za elektronski podržano učenje, pogotovu u MOOC sistemima [6]. Za ovu svrhu se

takođe najčešće koriste klasifikacija i klasterovanje, ali i algoritmi detekcije anomalija u skupu podataka. Recimo, u radu [10] je predstavljena implementacija sistema detekcije varanja na ispitu koji se izvodi upotrebom platforme za elektronski podržano učenje na osnovu aktivnosti učesnika i podataka o oceni iz univerzitetske baze, korišćenjem klasifikacije i klasterovanja. Osim toga, u radu [11] je opisana metoda detekcije varanja na ispitu iz fizike na MOOC platformi upotrebom probablističkog klasifikatora zasnovanog na logističkoj regresiji analizom loga aktivnosti, uzimajući u obzir prosečnu brzinu odgovornja na pitanja, broj odgovora dat za manje od 30 sekundi i slično.

### C. Personalizacija

Personalizacija u sistemima za elektronsko učenje odnosi se na primenu metoda data mininga koje pomažu da se sistem prilagodi potrebama pojedinačnih učenika, zavisno od njihovog ponašanja i karakteristika ispoljenih tokom učenja sa ciljem da im se poboljšaju rezultati. Jedan od najčešćih primera iz ove oblasti primene jesu sistemi preporuke odgovarajućeg materijala za učenje [12,13].

Što je veća količina dostupnog materijala za učenje, sve je teže da se učenici snađu prilikom pretrage adekvatnog materijala. Jedna od mogućih strategija da bi se izašlo na kraj sa ovim problemom jeste primena sistema preporuke. Primer jednog takvog rešenja je dat u [13], čija se implementacija zasniva na korišćenju hibridnog pristupa, koji uzima u obzir i attribute nastavnog sadržaja, osim interakcije korisnika sa materijalima.

### D. Analiza/evaluacija nastavnog procesa

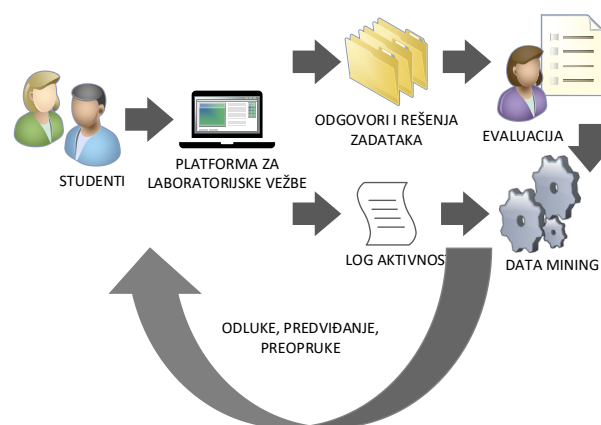
Još jedan bitna primena edukacionog data mininga jeste analiza uspešnosti i efekata primenjenih nastavnih metoda i platformi. Primer ovakvog slučaja primene je predstavljen u [14], gde se evaluacija platforme za elektronsko učenje kurseva iz oblasti računarstva vrši primenom klasifikacionih metoda (SVM, stabla odlučivanja, K-najbližih suseda) nad komentarima korisnika izdvojenih iz sprovedenih anketa na kraju kurseva. U [15], prikazana je primena klasterovanja i regresije sa ciljem da se proceni učinak nastavnih metoda u digitalnoj učionici namenjenoj učenicima osnovnih škola, na osnovu podataka o ostvarenoj interakciji učenika i nastavnika.

## 4. STUDIJA SLUČAJA

Laboratorijskih vežbe na Elektronskom fakultetu u Nišu su nizostavan deo nastavnog procesa skoro svih predmeta iz oblasti računarstva i informatike na osnovnim studijama. Iz većine predmeta, svaka sesija laboratorijskih vežbi se sastoji iz dva dela: eliminacioni test i zadatak. U toku eliminacionog testa, studenti odgovaraju na pitanja iz zadate oblasti odabirom nekog od ponuđenih odgovora,

koristeći adaptiranu Moodle<sup>1</sup> platformu Elektronskog fakulteta u Nišu ili neki drugi softver. U drugom delu, radi se praktični zadatak koji zahteva pisanje koda od strane studenata upotrebom razvojnog okruženja. Arhitektura sistema za izradu programerskih zadataka na laboratorijskim vežbama prezentovana je u [5]. S obzirom na veliki broj studenata, nastavnici nisu uvek u mogućnosti da imaju uvek kompletan uvid u rad individualnog studenta. Prema tome, sa ciljem automatske detekcije pojedinih šablona ponašanja studenata u našu platformu je neophodno ugraditi inteligentne mehanizme, u koje spadaju i primene edukacionog data mininga koje su malopre navedene.

Na Slici 3. data je ilustracija arhitekture platforme za laboratorijske vežbe koja se oslanja na tehnike edukacionog data mininga. Kao glavni izvori podataka u platformi su log aktivnosti studenata u toku različitih aktivnosti i rezultati evaluacije njihovih odgovora. Što se same evaluacije koda tiče, može biti automatska ili sprovedena od strane nastavnika, a trenutno radimo na platformi za automatsko ocenjivanje koda zasnovano na semantičkim tehnologijama, što, međutim, nije u opsegu ovog rada.



Slika 3. Platforma za laboratorijske vežbe sa ugrađenim mehanizmima edukacionog data mininga

U ovom sistemu, uzimajući u obzir postojeće primene u kojima se edukacioni data mininga pokazao kao dobro rešenje, uočavamo tri ključne oblasti primene (prikazano u Tabeli 2.).

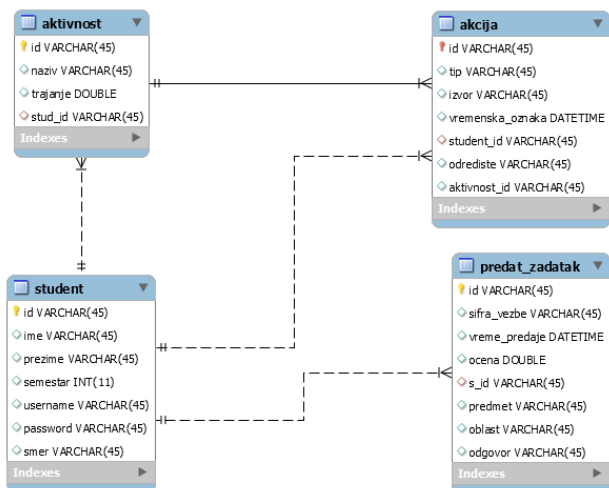
Prvo, na osnovu loga aktivnosti i rezultata evaluacije moguće je predviđati ishod kursa što se studenta tiče – da li će položiti ili ne, koliko uspešno će uraditi ispit i slično. Ovde se fokusiramo samo na predviđanje konačnog ishoda, razmatrajući akcije koje je student obavio za vreme sesije i dobijenih ocena. Ovo predviđanje se može iskoristiti da nastavnik blagovremeno obrati pažnju na studente čije aktivnosti ukazuju na potencijalni neuspeh u polaganju ispita. Što se konkretnih podataka od interesa tiče, uzima se u obzir tip akcija u toku aktivnosti, dužina trajanja pojedinih aktivnosti i ocene koje su dobijene.

<sup>1</sup> <https://moodle.org/>

Dalje, u platformama za elektronsko učenje je vrlo bitno detektovati neželjene aktivnosti, poput varanja i prepisivanja. Bez obzira što su naše laboratorijske vežbe uvek izvođene pod nadzorom predmetnih asistenata, s obzirom na dostupnost današnjih mobilnih tehnologija, teško je izboriti se sa ovim problemom. Prema tome, na osnovu loga aktivnosti tokom laboratorijskih vežbi možemo probati da utvrdimo da li je neki student varao na osnovu tipa akcija i njihovog trajanja.

I konačno, još jedna interesantna primena bi bila preopruga materijala kursa koji bi student trebalo da čita za pripremu ispita, koristeći hibridnu tehniku, koja uzima u obzir klasterovanje po rezultatima na laboratorijskim vežbama, ali i kolaborativno filtriranje loga aktivnosti. Na taj način bi se studentima preporučilo koji deo gradiva da obnove pre ispita, zato što su slabije uradili na laboratorijskoj vežbi, ali se uzima u obzir preporuka materijala koji su kolege iz istog klastera samoinicijativno čitali sa svrhom obnavljanja.

Što se tiče podataka koje je potrebno čuvati da bi se realizovale navedene primene edukacionog data mininga, šema baze dela od interesa, nakon pre-procesiranja je data na Slici 4. Ključno je čuvati informacije o akcijama studenata koje izvode u određenom kontekstu (edukativni materijali, izrada testa ili razvojno okruženje) – ulazak na platformu, izlazak sa platforme, klikovi na linkove, kopiranje tekstualnog sadržaja u clipboard, paste tekstualnog sadržaja, predaja odgovora ali i vremenske informacije o ovim akcijama koje su posebno bitne u detekciji prevare. Ove akcije se odvijaju u okviru neke aktivnosti na platformi: izrada testa, zadatka itd. Osim toga, za navedene primene je takođe neophodno čuvati i informacije o dobijenim poenima na određenim testovima, jer se to uzima u obzir za predviđanje ishoda, ali i za preporuke nastavnih materijala prilikom učenja.



Slika 4. Deo šeme baze relevantan za navedene primene edukacionog data mininga

U Tabeli 2., dat je rezime primenjenih tehnika data mininga u okviru platforme za izvođenje laboratorijskih vežbi. Prva kolona tabele sadrži naziv primene. Druga kolona prikazuje tehnike koje se u okviru posmatrane primene koriste. Treća kolona prikazuje relevantne izvore

podataka, dok se u četvrtoj naznačava koji se konkretni podaci iz skupa prikupljenih podataka koriste u tom slučaju.

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu, dat je pregled različitih slučajeva primene data mining tehnika u edukacionim sistemima, ali i njihova adaptacija u kontekstu platforme za izvođenje laboratorijskih vežbi iz oblasti računarstva i informatike na Elektronskom fakultetu u Nišu. Može se zaključiti da i u ovom konkretnom slučaju primena data mininga može dovesti do poboljšanja u nastvanom procesu, omogućavajući da se predvidi da li ponašanje nekog studenta ukazuje da će pasti na konačnom ispitu (da bi nastavnici blagovremeno mogli da reaguju); detekcijom varanja, čime se favorizuje samostalan i pošten rad; automatska preporuka materijala za dalje učenje, koja olakšava da studenti bolje organizuju svoje aktivnosti učenja.

Iako pristup deluje obećavajuće, u planu je da se u bliskoj budućnosti izvrši evaluacija performansi primenjenih algoritama u narednom ciklusu pojedinih predmeta na smeru Računarstvo i informatika i definitivno potvrdi efektivnost. Osim toga, treba utvrditi koje od predloženih tehnika za određene primene daju najbolje rezultate.

Tabela 2. Primena edukacionog data mininga u platformi za laboratorijske vežbe

Primena	Tehnika	Izvori podataka	Ciljani podaci
Predviđanje konačnog ishoda	Klasifikacija, regresija	log aktivnosti, rezultati evaluacije	Tip akcija Trajanje aktivnosti Ocene zadataka
Detekcija varanja	Klasterovanje, klasifikacija, detekcija anomalija	log aktivnosti	Tip akcija u aktivnosti Trajanje aktivnosti
Preporuka materijala	Kolaborativni filtri, klasterovanje	log aktivnosti, rezultati evaluacije	Određite akcije Ocene zadataka po oblastima

## NAPOMENA (ZAHVALNICA)

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

## LITERATURA

[1] Bakhshinategh, B. et al., “Educational data mining applications and tasks: A survey of the last 10 years“, *Education and Information Technologies*, January 2018, Vol. 23 issue 1, str. 537-553, 2018.

[2] Silva, C., Fonseca, J., “Educational Data Mining: A Literature Review“, *Europe and MENA Cooperation Advances in Information and Communication Technologies*, Springer, str. 87-94, 2017.

[3] Romero, C. et al, “Handbook of educational data mining“, Chapman & Hall/CRC Press, 2011.

[4] Romero, C., Ventura, S., “Educational Data Mining: A Review of the State of the Art“, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, vol. 40, no. 6, str. 601-618, 2010.

[5] Petrović, N., Nejković, V., Tošić, M., “Dealing with scalability of laboratory sessions in computer science university courses“, *Zbornik 26th Telecommunication Forum (TELFOR 2018)*, str. 1-4, Beograd, Srbija, 2018. doi: 10.1109/TELFOR.2018.8612090

[6] Guo, P., “MOOC and SPOC, which one is better?“ *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, vol. 13, str. 5961-5967, 2017.

[7] Crossley, S. et al., “Language to Completion: Success in Educational Data Mining Massive Open Online Class“, *Zbornik radova 8<sup>th</sup> International Conference on Educational Data Mining*, str. 388-391, Madrid, Španija, 2015.

[8] Devasia, T., Vinushree T P, & Hegde, V., “Prediction of students performance using Educational Data Mining“. *2016 International Conference on Data Mining and Advanced Computing (SAPIENCE)*, str.1-5.

[9] Guo, B. al., “Predicting Students Performance in Educational Data Mining“, *2015 International Symposium on Educational Technology (ISET)*, str. 212-220, 2015.

[10] Hernandez, J. et al., “Detecting Cheats In Online Student Assessments Using Data Mining“, *Zbornik International Conference on Data Mining, DMIN 2006*, str. 204-210, Las Vegas, Nevada, SAD, 2006.

[11] Alexandron, G. et al., “Detecting Cheaters in MOOCs Using Item Response Theory and Learning Analytics.“ *UMAP (2016)*, str. 1-4, 2016.

[12] Sanjuan-Martinez, O. et al., Using Recommendation System for E-learning Environments at degree level, *International Journal of Artificial*

*Intelligence and Interactive Multimedia*, Vol. 1, No. 2, str. 67-70, 2009.

[13] Salehi, M., Kmalabadi, I. N., “A Hybrid Attribute-based Recommender System for E-learning Material Recommendation“, *IERI Procedia*, 2, str. 565–570, 2012.

[14] Spatiotis, N. et al., “Evaluation of an Educational Training Platform Using Text Mining“, *Zbornik radova SETN 2018*, str. 1-5, Patras, Grčka, 2018.

[15] Hai-guang, F. et al., “Research on educational data mining of digital learning process for elementary school“, *2014 9th International Conference on Computer Science & Education*, str. 849-854, 2014.

# Simulacioni model zasnovan na agentima za analizu saobraćaja u periodu jutarnje gužve

## Agent-based simulation model for traffic analyses during morning rush hour

Aleksandar Marković<sup>1</sup>, Nikola Zornić<sup>2</sup>, Marko Petrović<sup>3</sup>, Sava Čavoški<sup>4</sup>  
*Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu<sup>1, 2, 3</sup>*  
*FEFA - Metropolitan University<sup>4</sup>*

**Sadržaj** – Stanovnici gusto naseljenih područja obično imaju problema sa putovanjem na posao, posebno tokom jutarnjeg špica. U ovom radu je predstavljen simulacioni model zasnovan na agentima za analizu saobraćaja u realnom vremenu. Izgrađeni simulacioni model predstavlja deo Beograda tokom jutarnjeg saobraćajnog špica sa glavnim učesnicima u saobraćaju. Model se koristi za izvođenje simulacionih eksperimenata i na osnovu rezultata predlažu se poboljšanja.

**Abstract** – Citizens of densely populated areas usually have problems with commuting, especially during morning rush hours. An agent-based simulation model for real-time traffic analyses is presented in this paper. The model is representing the part of Belgrade during morning rush hours with major traffic participants involved. The model is used to conduct simulation experiments and based on results, improvement measures are suggested.

### 1. UVOD

Stanovnici velikih gradova donose mnoge odluke u saobraćaju tokom dana. Neke od najvažnijih upravo tokom jutarnjeg špica. Većina ovih odluka donosi se na osnovu iskustva samog vozača, a ne na osnovu aktuelnih podataka o stanju u saobraćaju.

U ovom radu predstavljen je model manjeg dela Beograda tokom jutarnjeg špica. Model uključuje predlog za sistem koji omogućava razmenu informacija o stanju u saobraćaju u realnom vremenu i donošenje odluka od strane vozača na osnovu tih informacija. Osnovna svrha ovog modela je da sprovede analizu saobraćaja i predloži mere za skraćivanje vremena potrebnog za putovanje od jedne do druge tačke. Modeliranje i simulacija zasnovana na agentima (*Agent-based modeling and simulation – ABMS*) je odabrana kao najprikladnija metodologija.

Tokom poslednje dve decenije, primena *ABMS*-a je u stalnom rastu. Uzimajući u obzir samo radove indeksirane na *Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED)* i *Social Sciences Citation Index (SSCI)*, njihov broj se povećao sa 15 na 449 u periodu od 2000. do 2015. godine [1].

Modeliranje i simulacija zasnovani na agentima mogu se koristiti za reprodukciju sistema vezanih za ekonomiju [2]–[4], ekologiju [5], poljoprivredu [6], medicinu [7], za rešavanje problema optimizacije [8] i mnoge druge.

Meignan, Simonin i Koukam [9] su koristili *ABMS* za modeliranje autobuskih mreža, uključujući model saobraćajnog protoka i pokazali da je ovaj pristup u stanju da pruži rešenje za vlasti da osmisle nova transportna rešenja. Pored toga, Hashmi Syed i kolege [10] su predstavili sistem analize saobraćaja zajedno sa prilagođenom mobilnom aplikacijom za prikupljanje podataka o saobraćaju.

Svaki model zasnovan na agentima ima tri elementa [11]:

- Skup agenata sa svojim atributima i ponašanjem.
- Skup veza između agenata i tipove interakcija.
- Okruženje agenta, kako agenti vrše interakciju sa svojim okruženjem, pored interakcije sa drugim agentima.

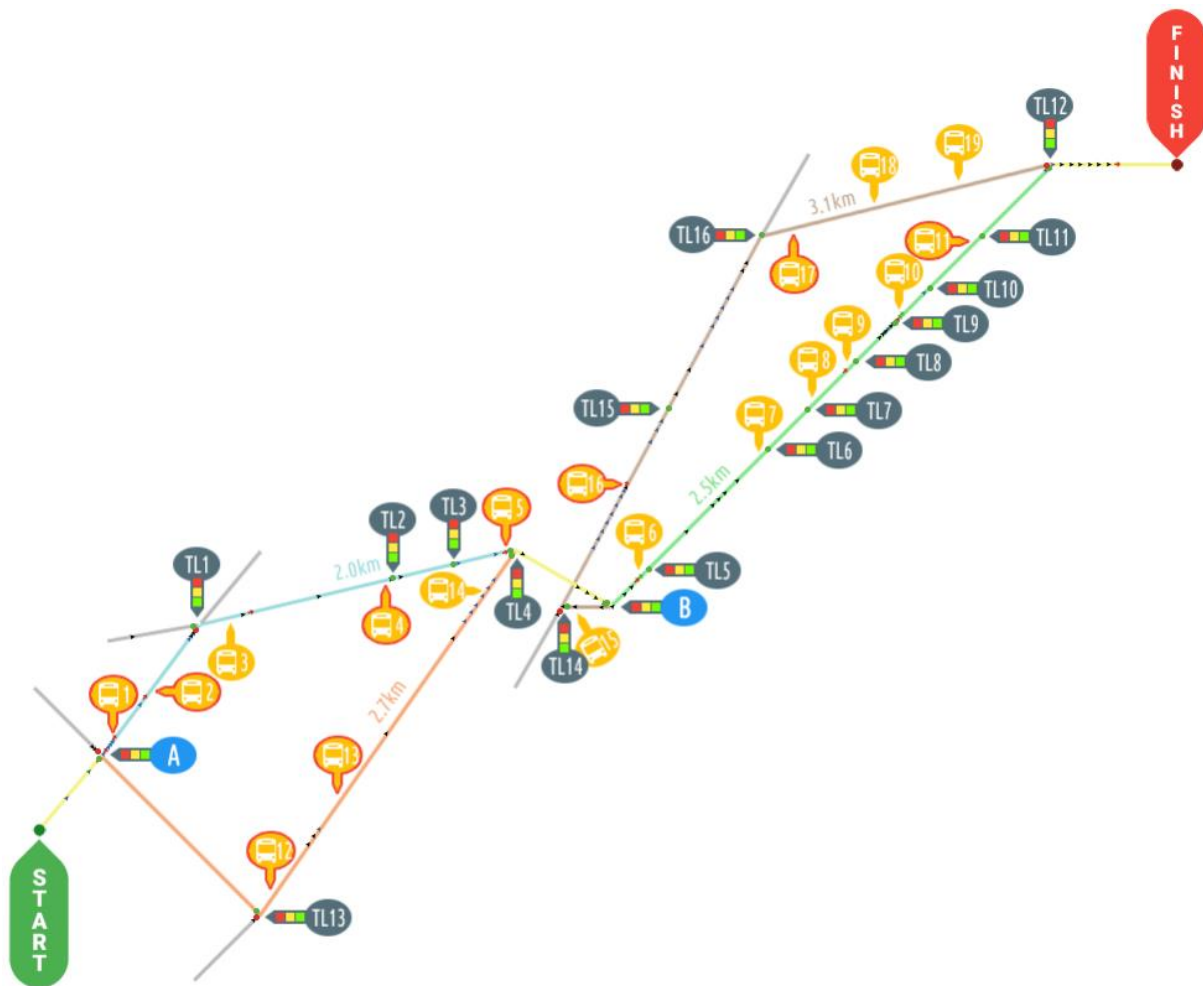
Najvažnija karakteristika agenta, kojom se često u literaturi i opravdava korišćenje *ABMS*-a, a ne nekih drugih metoda, je njegova nezavisnost i sposobnost da deluje samostalno [12], [13].

Nakon definisanja modeliranja i simulacije zasnovanih na agentima, rad je organizovan na sledeći način. Model za analizu saobraćaja u realnom vremenu predstavljen je u drugom delu, uključujući opis varijabli modela, dok je analize rezultata simulacije izvršena u trećem delu. Konačno, zaključci istraživanja dati su u četvrtom poglavlju.

### 2. MODEL ZA ANALIZU SAOBRAĆAJA U REALNOM VREMENU

Kao što je pomenuto u uvodnom delu rada, ovde će biti predstavljen model jednog dela Beograda u vreme jutarnjeg špica [14]. Model je implementiran u softveru *NetLogo*, verzija 6.0.1 [15]. Radi jednostavnije implementacije, mapa je pojednostavljena i prikazana na Slici 1. U procesu pojednostavljenja mape vođeno je računa o dužinama svake od trasa, kao i udaljenosti raskrsnica, semafora i autobuskih stajališta.

Na Slici 1 vidimo dva dela rute od tačke *START* do tačke *FINISH*. Svaki od delova ima dve alternativne pod-rute. Prvi deo, od tačke *A* do semafora 14 (*traffic light 14 – TL14*) moguće je preći plavom rutom (2.0 km) ili crvenom rutom (2.7 km). Sledeći deo, od tačke *B* do *TL12* moguće je preći zelenom (2.5 km) ili braon (3.1 km) rutom.



Slika 1. Prikaz simulacionog modela

Pored puteva, u model je uključeno i 18 semafora (*traffic light* – *TL*) i 19 autobuskih stajališta (slika autobusa). Autobuska stajališta sa crvenim okvirom su u stvari stajališta na samom kolovozu i autobusi blokiraju saobraćaj prilikom iskrcavanja i ukrcavanja putnika. Preostala autobuska stajališta (bez crvene ivice) su stajališta izdvojena sa kolovoza koja mogu da prime maksimalno dva autobusa i da pritom ne blokiraju saobraćaj.

Prilikom modeliranja ponašanja učesnika u saobraćaju, sve mogućnosti agenata su dobro iskorišćene. Naime, svaki automobil je svestan svog okruženja: drugih automobila, semafora, autobusa. Isto važi i za autobuse, oni su svesni automobila, semafora i drugih autobusa.

Pored posmatranih automobila koji putuju od tačke *START* do tačke *FINISH*, prisutni su i ostali automobili koji imaju različite polazne/određišne tačke. Pretpostavlja se da sva vozila poštuju ograničenje brzine u naseljenom mestu od 50 km/h i da nema preticanja. Ubrzavanje, kao i usporavanje su modelirani, takođe.

U posmatranom saobraćajnom sistemu je prisutan veliki broj autobuskih linija. One su predstavljene i u samom modelu, a njihove rute i intervali u Tabeli 1.

Tabela 1. Autobuske linije

Broj	Ruta	Interval [minuta]	Odstupanje ± [minuta]
23	<i>START-TL1</i>	6	0.5
37	<i>TL1-TL4-B-TL14</i>	7.5	1
42	<i>TL13-TL4-B-TL14-TL16-TL12-FINISH</i>	14	1
47	<i>B-TL12-FINISH</i>	6	0.5
48	<i>TL8-TL12-FINISH</i>	7.5	1
50	<i>TL1-TL4-B-TL12-FINISH</i>	6	0.5
53	<i>START-TL1</i>	8	1
59	<i>START-TL1-TL4-B-TL12-FINISH</i>	7.5	1
89	<i>START-TL1</i>	12	1
94	<i>TL6-TL12-FINISH</i>	11	1

U model je ugrađena i mogućnost da vozači dobijaju informacije u realnom vremenu o prosečnom potrebnom vremenu putovanja do odabrane destinacije. Ovo prosečno vreme se formira na osnovu vremena koje je bilo potrebno vozačima koji su prethodno prošli istom rutom.

Herrera i koauteri [16] su pokazali da je dovoljno da samo 2-3% vozača ima aktivne mobilne telefone, kako bi se precizno izmerila brzina toka saobraćaja. U Srbiji je 2015. godine 35% pojedinaca starosti od 16 do 74 godine u

pokretu (van kuće i kancelarije) koristilo mobilne uređaje povezane na internet [17]. Na osnovu svega prethodno navedenog, predloženo je uvođenje mobilne aplikacije za deljenje informacija o saobraćaju u realnom vremenu. Aplikacija bi trebala da bude u mogućnosti da obezbedi vozačima informacije o alternativnim rutama do njihove destinacije i vreme putovanja svakom od ruta. Na osnovu ovih informacija vozač je u mogućnosti da odabere bržu rutu. U predstavljenom modelu, prosečno vreme putovanja definisanog broja automobila se izračunava svaki put kada novi automobil pređe posmatranu sekciju puta.

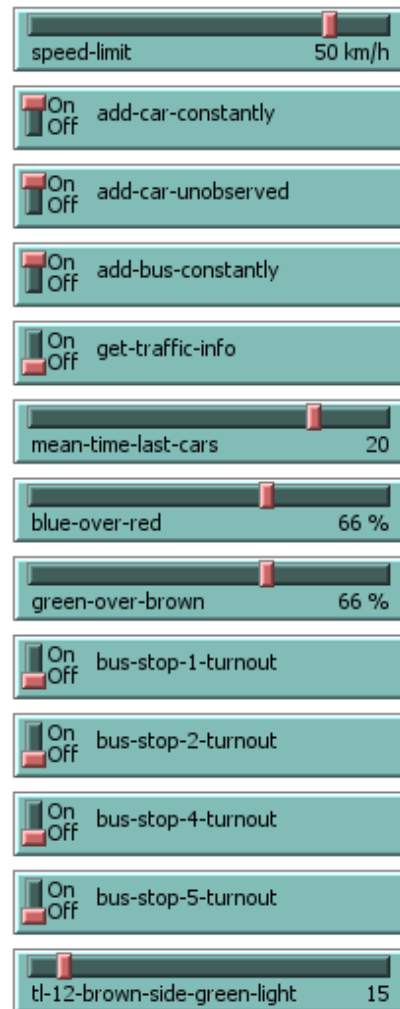
Model je izgrađen imajući u vidu fleksibilnost. Ponašanje učesnika u saobraćaju je opisano pomoću više od 400 varijabli. Neke od najinteresantnijih promenljivih moguće je podešavati pomoću grafičkih kontrola, kao što su prekidači i klizači. Ove kontrole su objašnjene po redosledu pojavljivanja na Slici 2:

- *speed-limit* – za podešavanje ograničenja brzine.
- *add-car-constantly* – za kontrolu dodavanja novih automobila u model.
- *add-car-unobserved* – za uključivanje/isključivanje dodavanja u model nenadgledanih automobila.
- *add-bus-constantly* – za kontrolu dodavanja novih autobusa u model.
- *get-traffic-info* – za podešavanje da li vozači dobijaju informacije o saobraćaju ili ne prilikom odabira pod-rute.
- *mean-time-last-cars* – slajder za definisanje za koliko poslednjih automobila koji su prešli određenu pod-rutu se računa prosečno vreme putovanja.
- *blue-over-red* – verovatnoća da vozač odabere plavu, a ne crvenu rutu.
- *green-over-brown* – verovatnoća da vozač odabere zelenu, a ne braon rutu.
- *bus-stop-{1, 2, 4, 5}-turnout* – za dodavanje izdvojenih autobuskih stajališta umesto stajališta na kolovozu.
- *tl-12-brown-side-green-light* – za podešavanje trajanja zelenog svetla sa strane braon rute na semaforu TL12.

Veliki deo ulaznih parametara je podešen na osnovu procene autora (kao što su dolazak novih automobila, *blue-over-red* i *green-over-brown*, kao i vreme iskrcavanja i ukrcavanja za autobuse na svakom od posmatranih stajališta). Jedan deo je baziran na posmatranju sistema (trajanje zelenog/crvenog svetla na većini semafora). Pored toga, vremena polazaka autobusa su preuzeta iz zvaničnog reda vožnje [18].

Kao što je navedeno u uvodu, svrha ovog modela je analiza saobraćaja i predlaganje mera za poboljšanje, odnosno skraćivanje vremena putovanja od tačke *START* do tačke *FINISH*, uključujući sve sekcije ruta. Izvršena je serija

simulacionih eksperimenata i u sledećem delu rada će biti prikazani najinteresantniji rezultati i zaključci.



Slika 2. Kontrole modela

### 3. REZULTATI SIMULACIONIH EKSPERIMENATA

Svi simulacioni eksperimenti su izvršeni imajući u vidu prosečno trajanje jutarnjeg špica (od 07:00 do 09:00). Na Slici 1 je prikazan izgled modela u toku simulacionog eksperimenta.

Ulazni parametri za prvi eksperiment (*polazni slučaj*) su predstavljeni na Slici 2. Iz rezultata eksperimenta *polazni slučaj* uočavamo problem na plavoj ruti jer je većina autobuskih stajališta na samom kolovozu. Da problem bude veći, deo ove rute od A do TL1 opterećen je sa četiri autobuske linije, a na svakoj od linija autobusi saobraćaju na svakih 6-12 minuta. Prosečno vreme čekanja po automobilu iznosi 3.38 minuta i vreme putovanja (od starta do cilja) 10.26 minuta. Odabrani pokazatelji za sve eksperimente su prikazani u Tabeli 2.



Tabela 2. Rezultati simulacionih eksperimenata

Ekspiriment	Prosečno vreme čekanja [minuta]	Prosečno vreme putovanja (start - cilj) [minuta]	Prosečno vreme putovanja (plava ruta) [minuta]	Prosečno vreme putovanja (crvena ruta) [minuta]	Prosečno vreme putovanja (zelena ruta) [minuta]	Prosečno vreme putovanja (braon ruta) [minuta]
<i>polazni slučaj</i>	3.38	10.26	4.47	3.25	4.11	4.77
<i>informacije o saobraćaju</i>	2.67	9.85	4.00	3.30	4.23	5.79
<i>autobusko stajalište 1</i>	3.05	9.96	3.76	3.23	4.34	4.63
<i>autobuska stajališta 1&amp;2</i>	2.73	9.59	3.32	3.26	4.30	4.53
<i>autobuska stajališta</i>	2.08	8.85	2.27	3.25	4.07	4.65

U sledećem eksperimentu (*informacije o saobraćaju*), prekidač *get-traffic-info* je uključen, što znači da vozači koji dolaze sa starta dobijaju informacije o vremenu potrebnom za putovanje od tačke A (koristeći plavu/crvenu rutu) i od tačke B (koristeći zelenu/braon rutu). Potrebno vreme putovanje se računa kao prosek za poslednjih 20 automobila (*mean-time-last-cars* slajder) koji su putovali određenom rutom. Na osnovu dobijene informacije vozači biraju bržu rutu. Nakon uvođenja sistema razmene informacija između vozača vidljivo je poboljšanje u saobraćajnom sistemu. Naime, prosečno vreme putovanja od starta do cilja sada je 9.85 minuta i prosečno vreme čekanja je svedeno na 2.67 minuta. Ovaj rezultat je postignut najviše zahvaljujući tome što je većina vozača izbegavala plavu rutu. Umesto plave, korišćena je crvena ruta, koja je opterećena samo jednim gradskim autobusom sa intervalom saobraćanja od čak 14 minuta.

Tokom prethodnih simulacionih eksperimenata zapaženo je da autobuska stajališta 1, 2, 4 i 5 prouzrokuju značajne zastoje u saobraćaju. U eksperimentu *autobusko stajalište 1*, prekidač *bus-stop-1-turnout* je uključen, odnosno pretpostavljeno je uvođenje autobusnog stajališta van kolovoza. Rezultati prikazani u Tabeli 2 pokazuju da je postignuto malo poboljšanje na plavoj ruti. Ovo je bilo i očekivano jer najveći broj autobusa koristi stajališta 1 i 2 i pritom su vremena ukrcavanja/iskrcavanja na ovim stajalištima najduža zbog velikog broja putnika. Tokom ovog eksperimenta je uočeno da autobusko stajalište 2 sada predstavlja glavno usko grlo u sistemu. U sledećem eksperimentu se i ovde pretpostavlja uvođenje izdvojenog stajališta.

U eksperimentu *autobuska stajališta 1&2* prekidači *bus-stop-1-turnout* i *bus-stop-2-turnout* su uključeni. Ovo je dovelo do smanjenja prosečnog vremena čekanja na 2.73 minuta i prosečnog vremena putovanja na 9.59 minuta. Ovde možemo da izvedemo zaključak da se sličan rezultat postiže opremanjem vozača aplikacijom za razmenu informacija o stanju u saobraćaju u realnom vremenu, kao i uvođenjem jednog ili dva pomenuta izdvojena autobuska stajališta.

U sledećem eksperimentu, *autobuska stajališta*, analiziramo efekte uvođenja izdvojenih stajališta na mestima stajališta 1, 2, 4 i 5 na vreme putovanja. Prekidači *bus-stop-{1, 2, 4, 5}-turnout* su uključeni. Ovaj

eksperiment je dao najbolje rezultate. Naime, prosečno vreme čekanja je svedeno na 2.08 minuta. Ovaj rezultat je postignut zahvaljujući tome što izdvojena autobuska stajališta sklanjaju autobuse sa kolovoza prilikom iskrcavanja/ukrcavanja putnika i automobili mogu slobodno da prolaze.

Na osnovu rezultata prikazanih eksperimenata zaključujemo da je potrebno uvesti izdvojena autobuska stajališta gde god je to moguće, a u slučaju stajališta 1, 2, 4 i 5 to svakako jeste moguće. Ova investicija bi značajno skratila potrebno vreme putovanja do željene destinacije prilikom povećanog intenziteta saobraćaja u gradskim sredinama. Pored toga, ovakve investicije dovode i do smanjenja potrošnje goriva i smanjenja CO<sub>2</sub> emisije [19].

#### 4. ZAKLJUČAK

Lako se zaključuje iz pregleda literature u uvodnom delu da *ABMS* imaju veoma široku primenu. Pored toga, primena *ABMS* raste iz godine u godinu. Naime od 15 radova objavljenih 2000. godine zabeležen je rast na 449 u 2015. godini. Ovo govori da istraživači iz raznih naučnih oblasti prepoznaju mogućnosti *ABMS* i koriste ih za rešavanje problema sa kojima se susreću.

Primena modeliranja i simulacije zasnovane na agentima u analizi saobraćajnih problema može da donese veliku korist krajnjim korisnicima, jer će unaprediti njihovo razumevanje datog problema. Predstavljeni simulacioni model je izgrađen imajući u vidu moguća poboljšanja u saobraćaju koja zavise kako od vozača, tako i od donosilaca odluka vezanih za saobraćajni sistem. Naime, ostavljena je mogućnost da vozači budu opremljeni mobilnom aplikacijom za deljenje informacija o saobraćaju u realnom vremenu. Na osnovu primljenih informacija, vozači mogu da odaberu bržu rutu za stizanje do željene informacije. Ovo rešenje može da skрати vreme putovanja u regularnim uslovima za 5%. U vanrednim situacijama (kao što su saobraćajne nezgode ili obustavljanje saobraćaja u određenim ulicama iz nekih drugih razloga), ovakva razmena informacija bi se tek pokazala kao korisna.

Fleksibilnost simulacionog modela omogućila nam je da izvršimo seriju eksperimenata i uočimo uska grla u sistemu. U nekim od eksperimenata predložene su male

promene koje su dovele do velikog poboljšanja protoka saobraćaja. Naime, uvođenje samo četiri izdvojena autobuska stajališta je rezultovalo u skraćenju vremena putovanja za 14%. Možemo da zaključimo da izgrađeni model za analizu saobraćaja pruža bolji uvid u probleme sa kojima se vozači susreću prilikom vožnje u jutarnjem špicu.

Za donosiocje odluka vezanih za saobraćaj u gusto naseljenim oblastima ovaj rad bi trebalo da bude podstrek za aktivniju primenu ove metode za analizu efekata potencijalnih odluka na dati sistem. Za akademske građane ovaj rad može biti dodatak postojećoj literaturi, ali i osnova za neki budući istraživački rad.

## LITERATURA

- [1] A. Markovic and N. Zornic, "Trends in the Application of Agent-Based Modeling and Simulation," in *Central European Conference on Information and Intelligent Systems*, 2016, pp. 65–70.
- [2] E. Shafiei, H. Thorkelsson, E. I. Ásgeirsson, B. Davidsdottir, M. Raberto, and H. Stefansson, "An agent-based modeling approach to predict the evolution of market share of electric vehicles: A case study from Iceland," *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 79, no. 9, pp. 1638–1653, 2012.
- [3] A. Marković, S. Čavoški, and A. Novović, "Agent-Based Model for Analysis of Stakeholders behaviour on B2C E-Markets," in *35th International Conference on Organizational Science Development*, 2016, pp. 576–589.
- [4] S. Čavoški and A. Marković, "Agent-based modelling and simulation in the analysis of customer behaviour on B2C e-commerce sites," *J. Simul.*, pp. 1–11, Oct. 2016.
- [5] M. D. Gerst *et al.*, "Agent-based modeling of climate policy: An introduction to the ENGAGE multi-level model framework," *Environ. Model. Softw.*, vol. 44, pp. 62–75, 2013.
- [6] F. Rebaudo and O. Dangles, "An agent-based modeling framework for integrated pest management dissemination programs," *Environ. Model. Softw.*, vol. 45, pp. 141–149, 2013.
- [7] P. Kasaie, J. R. Andrews, W. D. Kelton, and D. W. Dowdy, "Timing of Tuberculosis Transmission and the Impact of Household Contact Tracing. An Agent-based Simulation Model," *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, vol. 189, no. 7, pp. 845–852, Apr. 2014.
- [8] A. Nikolopoulou and M. G. Ierapetritou, "Hybrid simulation based optimization approach for supply chain management," *Comput. Chem. Eng.*, vol. 47, pp. 183–193, 2012.
- [9] D. Meignan, O. Simonin, and A. Koukam, "Simulation and evaluation of urban bus-networks using a multiagent approach," *Simul. Model. Pract. Theory*, vol. 15, no. 6, pp. 659–671, Jul. 2007.
- [10] W. S. Hashmi Syed, A. Jabbar, M. U. Shaikh, A.-U.-H. Yasar, D. Janssens, and S. Galland, "A new traffic route analyzer for commuter's guidance in developing countries: application study in Islamabad, Pakistan," *J. Ambient Intell. Humaniz. Comput.*, vol. 8, no. 3, pp. 395–404, Jun. 2017.
- [11] C. Macal and M. North, "Tutorial on agent-based modelling and simulation," *J. Simul.*, vol. 4, no. 3, pp. 151–162, Sep. 2010.
- [12] M. Wooldridge and N. R. Jennings, "Intelligent agents: theory and practice," *Knowl. Eng. Rev.*, vol. 10, no. 02, pp. 115–152, Jun. 1995.
- [13] C. Macal and M. North, "Introductory tutorial: agent-based modeling and simulation," *Proceedings of the 2014 Winter Simulation Conference*. IEEE Press, pp. 6–20, 2014.
- [14] N. Zornić, A. Marković, and S. Čavoški, "Agent-Based Simulation Model for Real-Time Traffic Analyses," in *Central European Conference on Information and Intelligent Systems*, 2017, pp. 213–217.
- [15] U. Wilensky, "NetLogo." Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, 1999.
- [16] J. C. Herrera, D. B. Work, R. Herring, X. (Jeff) Ban, Q. Jacobson, and A. M. Bayen, "Evaluation of traffic data obtained via GPS-enabled mobile phones: The Mobile Century field experiment," *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.*, vol. 18, no. 4, pp. 568–583, Aug. 2010.
- [17] Eurostat, "Individuals using mobile devices to access the internet on the move," 2016. [Online]. Available: <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&plugin=1&pcode=tin00083&language=en>. [Accessed: 12-Dec-2018].
- [18] Sekretarijat za javni prevoz, "Sekretarijat za javni prevoz," 2017. [Online]. Available: [http://www.bgprevoz.rs/linije/red\\_voznje](http://www.bgprevoz.rs/linije/red_voznje). [Accessed: 16-Jul-2017].
- [19] J. Shang, Y. Zheng, W. Tong, E. Chang, and Y. Yu, "Inferring gas consumption and pollution emission of vehicles throughout a city," in *Proceedings of the 20th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining - KDD '14*, 2014, pp. 1027–1036.

# Primena Git i JUnit alata u cilju podsticanja aktivnog učenja Java jezika

## Promoting active learning of Java through the use of Git and JUnit tools

Bojan Tomić<sup>1</sup>, Nikola Milikić<sup>1</sup>, Jelena Jovanović<sup>1</sup>, Dragan Đurić<sup>1</sup>, Vladan Devedžić<sup>1</sup>, Zoran Ševarać<sup>1</sup>

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

**Sadržaj** – Osim ovladavanja neophodnom teorijskom osnovom, za sticanje programerskih veština ključan je aktivan rad: probanje primera u kodu, rešavanje programerskih zadataka, izrada programerskih projekata itd. Nažalost, mnogi materijali koji su namenjeni učenju programiranja demotiviraju studente za aktivno učenje: kod mora prvo da se prekuca ili kopira u programsko okruženje da bi se probao, ne može se proveriti tačnost svakog rešenja bez testiranja ili angažovanja nastavnika ili kolega, ne mogu se jednostavno distribuirati i ažurirati materijali itd. U ovom radu je prikazan pristup u kojem se, umesto knjiga i zbirki, koriste izvršivi programerski projekti. Git alat (u kombinaciji sa GitHub sajtom) se koristi da se objave, održavaju i distribuiraju ovi projekti, a automatizovani JUnit testovi (koji se takođe nalaze unutar projekta) omogućavaju studentima da odmah dobiju povratnu informaciju o tačnosti rešenja.

**Abstract** – Aside from mastering the necessary theoretical basis, the key for acquiring good programming skills is the active work: probing examples in the code, solving programming tasks, developing programming projects, etc. Unfortunately, many materials that are intended for learning programming demotivate active learning: the code must first be retyped or copied into a program environment to execute, the solution can not be validated for correctness without testing or the involvement of teachers or colleagues, the materials themselves can not be easily distributed and updated, etc. The approach presented in this paper promotes using executable programming projects instead of books and workbooks. The Git tool (in combination with the GitHub site) is used to publish, maintain, and distribute these projects. Automated JUnit tests are also supplied (within these projects), so students can immediately receive feedback on the correctness of their solution.

### 1. UVOD

Poznato je da se programiranje najbolje uči kroz aktivan rad na rešavanju programerskih zadataka, probanje primera u kodu, razvijanje sopstvenih programa itd. Nažalost, u praksi se često dešava da materijali za učenje ne podstiču aktivno učenje, čak se uvode i određene prepreke za to.

Na primer, štampani materijali sa primerima u kodu prvo moraju da se prekucaju, da bi mogli da se probaju u nekom razvojnom okruženju. Nije mnogo drugačije ni sa materijalima u elektronskom, ali neodgovarajućem formatu (slike ekrana sa kodom, PDF fajlovi itd.), jer se kod opet mora prekucati ili kopirati uz dosta izmena. Osim toga, često se dešava da rešenja zadataka za vežbu nisu data ili da je data samo jedna varijanta rešenja.

Rešenje koje napravi student mora da bude identično (ili veoma slično) ponuđenom rešenju, da bi moglo (vizuelno) da se proveriti da li je to rešenje tačno. U svim ostalim slučajevima, student mora sam da testira svoje rešenje ili da pita kolege ili nastavnike za pomoć – čime se gubi mogućnost brzog i lakog dobijanja povratne informacije.

Na kraju, problem predstavlja i način na koji se distribuiraju i ažuriraju materijali. Ako je u pitanju knjiga ili zbirka u štampanom ili elektronskom formatu, izmene moraju da čekaju naredno izdanje, a ako se materijali objavljuju na sajtu predmeta, postoji određen skup koraka koje je potrebno izvršiti i više nezavisnih softverskih alata koje je potrebno konfigurisati i upotrebiti da bi se materijali objavili, distribuirali i ažurirali.

Pristup koji se predlaže ima za cilj unapređenje procesa nastave programiranja, samostalnog učenja i podsticanje aktivnog učenja programiranja kroz uvođenje specijalizovanih digitalnih okruženja i materijala za učenje – na času i kod kuće. Ovaj pristup podrazumeva:

- Upotrebu izvršivih programerskih projekata (npr. u Eclipse razvojnom okruženju) kao zamene za zadatke iz knjiga, zbirki, tutorijela na web-u itd.
- Osim rešenja zadatka, smeštanje i gotovih, izvršivih automatizovanih testova (npr. u JUnit alatu [11]) unutar projekata – da bi se omogućila samostalna provera rešenja zadatka.
- Upotreba Git alata [8] i GitHub<sup>1</sup> sajta za kreiranje i objavljivanje repozitorijuma koda sa ovim projektima-zadacima i njihovu jednostavniju distribuciju i održavanje.

### 2. PREGLED REZULTATA ISTRAŽIVANJA

Git [8] je jedan od najpoznatijih profesionalnih alata za verzioniranje koda (VCS - „Version Control System“) koji, osim čuvanja istorijata projekta i rezervnih kopija koda, omogućava istovremeni rad više ljudi na jednom projektu. Svaki projekat ima svoj repozitorijum koda (koji može imati više paralelnih grana razvoja), a svaka izmena koda koja se unese u repozitorijum (tzv. *commit*) sadrži podatke o tome ko je uneo izmenu, kada, i koje linije koda su izmenjene. Git je besplatan i otvorenog koda, a dodatna prednost je to što veliki broj okruženja za razvoj programa ima podršku za Git. Postoji više sajtova koji omogućavaju postavljanje Git repozitorijuma na Internet, ali je GitHub jedan od najpopularnijih (još neki popularni sajtovi su BitBucket, SourceForge itd).

<sup>1</sup> <https://github.com/>

Iako su Git i GitHub originalno bili namenjeni razvoju komercijalnog softvera, sve češće se mogu videti njihove primene u obrazovanju [3][6][9][13][14]. Rezultati skorije ankete sprovedene među nastavnicima koji koriste GitHub u nastavi ukazuju na to da se Git i GitHub koriste ili za objavljivanje i održavanje materijala samog kursa ili/i za objavljivanje/razvoj/pregledanje pojedinačnih ili grupnih studentskih zadataka [14]. U jednoj od studija u kojoj su se, u okviru kursa, Git i GitHub koristili za izradu i pregledanje grupnih programerskih zadataka se navodi visok entuzijazam studenata jer rade timski uz podršku profesionalnog alata, kao i to da je pre tog zadatka manje od 5% studenata sa kursa aktivno radilo sa GitHub-om [9]. Slaba upoznatost studenata sa GitHub-om (pre početka odgovarajućeg kursa) je konstatovana i u rezultatima ankete sprovedene u okviru još jedne studije [3]. U ovoj studiji se GitHub koristio i za postavljanje i održavanje materijala kursa kao i za objavljivanje i pregledanje studentskih zadataka, a dodatno je primećeno i to da su studenti bili motivisani da doprinesu poboljšanju nastavnih materijala baš zbog toga što su na GitHub-u (pa je lako učiniti izmene). U jednom od radova se ukazuje na potrebu da se nastavni materijali, ako su objavljeni na GitHub-u, čuvaju u tekstualnim formatima (kao XML, MD ili JSON) [13], a u drugom da ni PDF format često nije pogodan za GitHub repozitorijume zbog veličine fajlova i teškog praćenja unetih izmena [14]. Konačno, još jedna studija slučaja o primeni Git alata na početnom kursu programiranja, osim prednosti i mana, daje i predlog procedure za objavljivanje i pregledanje studentskih zadataka preko GitHub-a [6].

Automatizovani testovi najčešće za cilj imaju da provere funkcionalne karakteristike programa – da li program radi ono što se očekuje. Jedan od najpopularnijih besplatnih alata za funkcionalno testiranje u programskom jeziku Java je JUnit [11], za koji takođe postoji podrška u većini okruženja za razvoj, a postoje i njegove verzije za druge programske jezike (za .NET je NUnit, za C++ je CppUnit itd). Osim toga što se testovi pišu kao obične Java metode i što se proveravaju automatski, JUnit takođe omogućava i „regresivno“ testiranje – formiranje „baze“ svih testova (i starih i novih) i njihovo istovremeno pokretanje da bi se osiguralo da nove promene u kodu nisu narušile postojeće funkcionalnosti programa.

Osim u razvoju komercijalnog softvera, automatizovani testovi se koriste i u edukaciji, doduše na različite načine. U oblasti softverskog inženjerstva, cilj je da studenti nauče da samostalno pišu testove jer se testiranje softvera posmatra kao neophodna veština [2][12]. Rezultati jedne studije ukazuju na to da se može postići i do 20% povećanja u pouzdanosti rada (studentskih) programa i to kada studenti koji tek uče programiranje nauče i neke osnovne tehnike i koncepte testiranja i primene ih [7]. Sa druge strane, gotovi, već pripremljeni automatizovani testovi se često koriste u edukaciji za trenutno obezbeđivanje povratne informacije (za studente) o ispravnosti rešenja ili za automatsko ocenjivanje studentskih zadataka. U jednoj od studija se navodi da je trenutna povratna informacija koju su obezbedili JUnit testovi motivisala studente da povećaju kvalitet svog koda

[1], dok je, prema drugoj studiji, sličan sistem sa testovima i trenutnim povratnim motivisao studente da povećaju broj pokušaja da pošalju tačno rešenje [10]. Rezultati još jedne studije ukazuju na to da trenutna povratna informacija o tačnosti rešenja (preko predefinisanih testova) pomaže studentima u rešavanju zadatka (u smislu vremena rešavanja i broja pokušaja), dok automatsko ocenjivanje pomoću testova pretežno pogoduje nastavnicima [5]. Konačno, u jednoj od studija u kojoj studenti koriste već date JUnit testove za dobijanje povratne informacije o tačnosti rešenja, primećeno je da su studenti razvili stav da nije nastavnik taj koji ih tera da isprave kod, već računar, pa primedbe da su neke ispravke neophodne ne shvataju lično [4]. U istoj studiji, nastavnici navode da im je bilo mnogo lakše da „dokažu“ studentima da njihov kod ipak nije ispravan, iako se na prvi pogled činilo da je sve u redu.

Pristup koji se predlaže u ovom radu karakteriše to što se predlaže korišćenje Gita i GitHub-a samo za objavljivanje, distribuciju i održavanje nastavnih materijala. Studenti ne uče da šalju svoje zadatke na GitHub, niti uče o timskom radu, već samo kako da preuzmu materijale. JUnit se ne koristi za automatsko ocenjivanje zadataka, već samo za brzo pružanje informacije o tačnosti rešenja – u toku časa i kod kuće. Studenti ne uče da pišu JUnit testove, već samo da koriste one testove koji su im dati da bi bili motivisaniji da aktivno uče: da vežbaju zadatke i uoče i isprave greške.

### 3. ORGANIZACIJA PREDMETA I NASTAVNIH MATERIJALA

Predmet Programiranje <sup>2</sup> u okviru kojeg je primenjen predloženi pristup je jednosemestralni predmet sa druge godine osnovnih studija. Predavanja se održavaju u amfiteatru (jedan dvočas nedeljno), a laboratorijske vežbe u računarskim salama (jedan dvočas nedeljno). Predmet obuhvata učenje osnova Java programskog jezika a koristi se Eclipse okruženje za razvoj. Ispit se polaže na računaru, samostalnom izradom zadatka.

Svi materijali, osim praktikuma (koji je ostao u papirnoj formi zbog pravnih ograničenja), su implementirani kao Eclipse projekti, verzionirani uz pomoć Git alata i javno dostupni na GitHub sajtu kao repozitorijumi koda<sup>3</sup>. Sajt predmeta sadrži samo linkove ka novim materijalima na GitHub-u, a koristi se još za objavljivanje raznih obaveštenja, rezultata ispita i opštih informacija o predmetu i nastavnicima. Na sajt predmeta je okačeno i uputstvo za studente kako da ove materijale preuzimaju sa GitHub-a i kako da pokrenu JUnit testove.

#### 3.1 MATERIJALI ZA PREDAVANJA

Predavanja se održavaju u amfiteatru gde nastavnik razvija jedan primer u toku semestra prikazujući nove koncepte direktno u kodu i diskutujući rešenja sa studentima. Posledično, napravljen je samo jedan repozitorijum koda sa pomenutim Eclipse projektom sa

2 <http://ai.fon.bg.ac.rs/osnovne/programiranje-2/>

3 <https://github.com/programiranje2fon>

predavanja koji se ažurira u toku i posle svakog časa. Na predavanjima se ne koriste slajdovi, već se ključni pojmovi dodaju direktno u kod kao komentari.

Kada se predavanje završi (a čak i u toku predavanja), studenti mogu da u Eclipse okruženje uvedu primer sa predavanja direktno iz GitHub repozitorijuma (*import*), da ga probaju, pokrenu, izmene itd. Oni takođe mogu da uvedu primer sa prethodnog predavanja „premotavanjem“ repozitorijuma na bilo koju prethodnu verziju koda, a onda mogu da samostalno probaju da unesu kod sa poslednjeg časa. Osim u Eclipse okruženju, svi primeri se mogu videti i na GitHub sajtu ili preuzeti kao ZIP fajl.

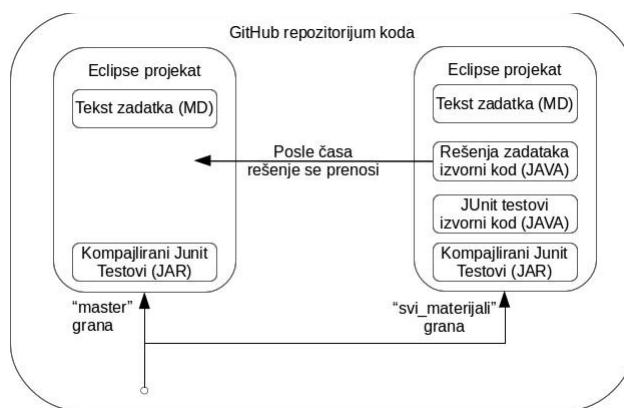
### 3.2. MATERIJALI ZA LABORATORIJSKE VEŽBE

Ukupno trinaest repozitorijuma sa materijalima za vežbe je napravljeno – po jedan za svaki dvočas. Pošto jedan deo časa studenti rade primer zajedno sa asistentom, a drugi deo časa samostalno rade drugi zadatak, svaki repozitorijum sadrži po jedan Eclipse projekat sa dva zadatka. U projektu se nalaze: tekst zadatka, JUnit testovi i rešenje zadatka (koje se objavljuje tek posle časa).

Tekst zadatka je u MD (Markdown) formatu, za koji postoji editor u Eclipse okruženju. MD format podržava osnovna formatiranja za tekst, kao i dodavanje slika i linkova, a opet je potpuno tekstualni format, pa se lako verzionira na GitHub-u (slično kao u preporuci u [13]). MD, u tom smislu, čini dobru alternativu za PDF format.

Osim teksta, u svaki projekat je unet i JAR fajl (Java arhiva - „Java ARchive“) sa kompajliranim, izvršivim JUnit testovima za oba zadatka. Sam izvorni kod testova nije unet u projekat (onaj deo projekta za rad na času) jer projekat ne bi mogao ni da se kompajlira sve dok student ne uradi oba zadatka do kraja ili bar ne napravi „kostur“ za svaku klasu i metodu (slično kao u [4]). Ovako, Java linker proverava dostupnost klasa i metoda u trenutku kad se pokrene JAR fajl, odnosno testovi u njemu – ostatak projekta može da se kompajlira i pokreće nezavisno. U tom JAR fajlu je i posebna Java klasa za pokretanje testova, koja poruku testa pretvara u jasniji oblik.

Da bi se adekvatno podržali procesi rada na času i daljeg razvoja i održavanja materijala, svaki od ovih GitHub repozitorijuma ima dve odvojene grane razvoja (Slika 1): *master* (glavnu granu) i *svi\_materijali*. *Master* grana sadrži projekat sa materijalima za čas i studenti upravo sa ove grane preuzimaju tekst zadatka i JAR fajl sa JUnit testovima. Na grani *svi\_materijali* je projekat u kojem nastavnici pripremaju materijale za čas, pa se tamo nalaze tekst zadatka i JAR fajl sa kompajliranim JUnit testovima, ali takođe i izvorni kod rešenja zadatka i izvorni kod JUnit testova. Nastavnici mogu da menjaju postojeće ili razvijaju nove materijale nezavisno od materijala koji se koriste na času, i da željene promene jednostavno prenesu na *master* granu. Takođe, ovo omogućava jednostavno „sakrivanje“ rešenja zadatka do kraja časa, kao i vrlo brze izmene ukoliko se uoči neka greška u materijalima. Treba napomenuti i to da svaki Git repozitorijum sadrži celokupan istorijat na svim granama i tako omogućava pregled i korišćenje svih starijih verzija materijala.



Slika 1. Git repozitorijum sa materijalima za vežbe

Što se tiče samog redosleda koraka, na početku časa i studenti i asistent uvode u Eclipse kod iz GitHub repozitorijuma – sa *master* grane. Time odmah svi dobijaju tekst zadatka i JUnit testove. Kako se pređe neki deo zadatka, svako može, na svom računaru, da proveri tačnost onoga što je do tada urađeno pokretanjem testova. Čak iako neki delovi koda nedostaju, pokrenuć se testovi za one klase, atribute i metode koji su prisutni. Kad studenti dobiju da samostalno urade drugi zadatak, mogu da provere tačnost sopstvenog rešenja bez konsultovanja sa drugima. Kad se završi čas, asistent objavljuje rešenje oba zadatka u GitHub repozitorijumu tako što ga prenese sa grane *svi\_materijali* na *master* granu.

### 3.3. MATERIJALI ZA PRIPREMANJE KOLOKVIJUMA I ISPITA

Repozitorijumi koda za pripremu kolokvijuma i ispita imaju istu strukturu kao repozitorijumi sa materijalima za vežbe, ali je rešenje već dato u posebnom tekstualnom fajlu. Razlog je taj da bi studenti mogli da prave svoje rešenje direktno u projektu, a i da istovremeno mogu da pogledaju dato rešenje (bez potrebe da brišu dato rešenje). Kad završe zadatak, ili neki njegov deo, mogu da pokrenu testove tj. da samostalno provere tačnost rešenja. Kao i na vežbama, testovi omogućavaju proveru tačnosti rešenja čak iako se to rešenje razlikuje od onog koje je dato u tekstualnom fajlu. Uz ove repozitorijume, studenti koriste i štampani praktikum iz predmeta koji sadrži lekcije i rešene jednostavne primere i zadatke.

## 4. REZULTATI

U toku školske 2018/19. godine, Programiranje 2 je slušalo ukupno 586 studenata. Evaluacija je izvršena dvojako: iz aspekta studenta i iz aspekta nastavnika. Radi prikupljanja iskustava i stavova studenata, sprovedene su dve anonimne ankete: prva na početku semestra i druga u sredini semestra, posle prvog kolokvijuma. Drugi deo evaluacije, sumirana iskustva nastavnika sa predmeta su dati na kraju ovog poglavlja.

### 4.1 PRETHODNA ISKUSTVA STUDENATA

Cilj početne ankete je bio da se prikupe podaci o prethodnom programerskom iskustvu studenata, o materijalima koje su koristili za učenje programiranja, kao

i to koliko su upoznati sa Git alatom odnosno GitHub-om. Anketa je data već na prvom času, a odazvalo se 277 studenata (47,27%). Treba napomenuti i to da su studenti u prvoj godini imali samo jedan programerski predmet, ali ga većina anketiranih studenata (njih 206, odnosno 74,4%) još nije bila položila.

Na ponuđeno pitanje da li su imali programersko iskustvo pre fakulteta, 129 studenata (46,57%) je izjavilo da je učilo programiranje u srednjoj školi, 12 (4,33%) je izjavilo da je samostalno učilo programiranje uz pomoć dostupnih materijala, 23 (8,3%) je učilo i u srednjoj školi i samostalno, dok njih 113 (40,79%) izjavilo da nisu imali programersko iskustvo pre fakulteta.

Što se tiče programskih jezika koje su učili u srednjoj školi, u pitanju su (moglo je da se unese više jezika): Pascal (87 studenata), Delphi (40) i C# (38), a neki manji broj njih je učio Javu (5), C++ (5), Asembler (1) i Prolog (1). Što se tiče programskih jezika koje su studenti učili samostalno, van škole, u pitanju su: Python (9 studenata), C++ (7), Java (6), C# (6), PHP (4), JavaScript (4), C (4), Ruby (3) i Pascal (1).

Ono što dodatno karakteriše njihovo programersko iskustvo je da (moglo je da se izabere više odgovora, bilo je 260 pravilno popunjenih formulara): 155 studenata (59,6%) zna da kuca na tastaturi bez gledanja, njih 49 (18,8%) zna da radi iz komandne linije, dok je samo njih 18 (6,9%) samostalno razvilo sopstvenu aplikaciju, a njih 4 (1,5%) je učestvovalo u projektima otvorenog koda, a 70 (26,9%) je izabralo opciju „ništa od navedenog“.

Što se tiče materijala koje su do sada koristili za učenje programiranja, uključujući tu i fakultetski period, u pitanju su (moglo je da se izabere više odgovora, bilo je 271 pravilno popunjenih formulara): web sadržaji – YouTube snimci, forumi, blogovi (203 studenta; 74,9%), knjige (135; 49,8%), štampane zbirke zadataka (128; 47,2%) i repozitorijumi koda na GitHub-u (19; 7,01%).

Od anketiranih 277 studenata, njih 156 (56,3%) je imalo raspoloživa rešenja zadataka tj. primera za vežbu, njih 76 (27,4%) nije imalo raspoloživa rešenja, a ostalih 45 (16,2%) nije koristilo primere i zadatke za vežbu. Na pitanje kako su proveravali tačnost sopstvenog rešenja zadatka ako rešenje zadatka ipak nije bilo dato ili ako se razlikovalo od ponuđenog (moglo je da se izabere više odgovora, bilo je 266 pravilno popunjenih formulara), 135 studenata (50,8%) je odgovorilo da je samostalno testiralo rešenje, 128 (48,1%) je konsultovalo kolege, 69 (25,9%) je tražilo pomoć preko online društvenih mreža, 27 (10,2%) je pitalo nastavnika tokom časa, 16 (6%) je pitalo nastavnika na konsultacijama, a njih 33 (12,4%) nije uopšte proveravalo ispravnost rešenja.

Ukoliko razmenjuju zadatke i/ili rešenja sa kolegama, studenti navode da to čine (moglo je da se izabere više odgovora, bilo je 268 pravilno popunjenih formulara): slikanjem zadatka mobilnim telefonom i slanjem slike (175 studenata; 65,3%), slanjem email-a sa izvornim kodom (90; 33,6%), razmenom štampanih materijala (16; 6%) i preko GitHub-a (12; 4,5%).

Konačno, od 277 anketiranih studenata, njih 151 (54,5%) nikad nije ni čulo za Github, 58 (20,9%) je čulo za GitHub ali ne znaju šta je tj. čemu služi, 53 (19,1%) zna šta je GitHub i čemu služi ali ga nikad nisu koristili, 10 (3,6%) zna šta je GitHub i koristili su ga samo za preuzimanje postojećih projekata, a njih 5 (1,8%) ima analog na GitHub-u i koristilo ga je za razvoj projekata.

#### 4.2 ISKUSTVA I STAVOVI STUDENATA O PREDLOŽENOM PRISTUPU

Cilj druge ankete je bio da se prikupe stavovi studenata o novom načinu rada. Anketa je data na sredini semestra nakon uvođenja pristupa u nastavu i prvog kolokvijuma, a odazvalo se 263 studenata (44,88%). Odgovori na neka od pitanja u vezi sa GitHub-om su u Tabeli 1.

U kojoj meri ste kod kuće koristili materijale sa vežbi (GitHub projekte)? (1–Nimalo; 5–Redovno)				
1	2	3	4	5
12 (4,6%)	18 (6,8%)	39 (14,8%)	56 (21,3%)	138 (52,5%)
U kojoj meri ste kod kuće koristili materijale sa predavanja (GitHub projekte)? (1–Nimalo; 5–Redovno)				
1	2	3	4	5
154 (58,6%)	55 (20,9%)	24 (9,1%)	13 (4,9%)	17 (6,5%)
U kojoj meri ste kod kuće koristili zadatke za pripremu kolokvijuma (GitHub projekte)? (1–Nimalo; 5–Sve sam ih provežbao/la)				
1	2	3	4	5
8 (3%)	10 (3,8%)	32 (12,2%)	44 (16,7%)	169 (64,3%)
U kojoj meri Vam odgovara to što se GitHub koristi za distribuciju zadataka? (1–Nimalo; 5–Potpuno)				
1	2	3	4	5
1 (0,4%)	2 (0,8%)	21 (8%)	38 (14,4%)	201 (76,4%)

Tabela 1. Deo rezultata druge ankete – GitHub

Osim toga, 237 studenata (90,11%) je materijale sa GitHub-a direktno uvodilo u Eclipse okruženje, 14 (5,3%) je gledalo materijale direktno na GitHub web stranama, 6 (2,3%) je preuzimalo materijale sa GitHub-a u formi ZIP fajla, a njih 6 (2,3%) uopšte nije koristilo materijale sa GitHub-a. Od 263 anketiranih studenata, 259 (98,5%) nije imalo nikakav problem niti nejasnoću prilikom preuzimanja materijala za GitHub-a, a njih 4 (1,5%) jeste.

Kada su bili pitani da li bi neki drugi način distribucije zadataka bio bolji od GitHub-a, 23 studenta (8,7%) je navelo štampanu knjigu ili zbirku, 20 (7,6%) je navelo knjigu ili zbirku u elektronskom formatu (npr. PDF), 2 studenta (0,8%) je navelo ZIP fajl sa projektom koji se može preuzeti sa sajta predmeta, 7 studenata (2,67%) je navelo neke druge načine (snimci, blogovi itd.), dok je 211 studenata (80,2%) navelo da je GitHub ipak najbolji.

Ukupno 170 studenata (64,6%) je izjavilo da su bili motivisaniji da vežbaju programiranje zbog raspoloživosti zadataka i rešenja u formi programskog koda u okviru GitHub-a, a preostala 93 (35,4%) su izjavila da im je, u smislu motivacije, svejedno u kojoj formi su dati zadaci i rešenja. Osim toga, 176 studenata (66,9%) je izjavilo da su bili motivisaniji da urade samostalno zadatak do kraja (umesto da samo pogledaju rešenje) baš zbog toga što nisu koristili štampane materijale i što su mogli direktno sa GitHub-a uvesti ceo projekat u Eclipse. Preostalih 87 studenata (33,1%) je na isto pitanje izjavilo da im je, u smislu motivacije, svejedno u kojoj formi su dati zadaci.

Odgovori na prvih nekoliko pitanja onog dela ankete koji se odnosi na korišćenje JUnit testova su dati u Tabeli 2.

U kojoj meri ste koristili JUnit testove da proverite svoje rešenje na časovima vežbi? (1–Nimalo; 5–Uvek)				
1	2	3	4	5
20 (7,6%)	21 (8%)	32 (12,2%)	52 (19,8%)	138 (52,5%)
U kojoj meri ste kod kuće, tokom vežbanja, koristili JUnit testove da proverite svoje rešenje zadataka sa časova vežbi? (1–Nimalo; 5–Uvek)				
1	2	3	4	5
42 (16%)	39 (14,8%)	46 (17,5%)	40 (15,2%)	96 (36,5%)
U kojoj meri ste kod kuće, tokom vežbanja, koristili JUnit testove da proverite svoje rešenje zadataka za pripremu kolokvijuma? (1–Nimalo; 5–Uvek)				
1	2	3	4	5
40 (15,2%)	25 (9,5%)	44 (16,7%)	40 (15,2%)	114 (43,3%)
Vaše mišljenje o korisnosti JUnit testova za časove vežbi? (1–Uopšte nisu korisni; 5–Izuzetno su korisni)				
1	2	3	4	5
7 (2,7%)	14 (5,3%)	47 (17,9%)	74 (28,1%)	121 (46%)
Vaše mišljenje o korisnosti JUnit testova za pripremu za kolokvijum? (1–Uopšte nisu korisni; 5–Izuzetno korisni)				
1	2	3	4	5
9 (3,4%)	8 (3%)	49 (18,6%)	66 (25,1%)	131 (49,8%)
Koliko često Vam se desilo da uradite zadatak, i mislite da je tačan, ali onda Vam JUnit test, ispravno, pokaže da zadatak ipak nije tačan? (1–Nikad; 5–Veoma često)				
1	2	3	4	5
16 (6,1%)	36 (13,7%)	101 (38,4%)	74 (28,1%)	36 (13,7%)

Tabela 2. Deo rezultata druge ankete – JUnit

Osim toga, 211 studenata (80,2%) je izjavilo da nije imalo poteškoća ili nejasnoća prilikom korišćenja JUnit testova,

a preostalih 52 (19,8%) da jeste. Kao najčešće poteškoće i probleme u radu sa JUnit testovima, studenti navode da testovi umeju da prijave grešku iako oni smatraju da je kod ispravan (14 studenata; 5,32%), da su testovi previše kruti u smislu neophodnosti potpunog poklapanja naziva klase, atributa, metode i očekivanog ispisa na ekranu (12; 4,56%), da im je nekad poruka samog testa bila nejasna (9; 3,42%), kao i da nisu mogli da adekvatno pokrenu testove (5; 1,9%). Konačno, 209 (79,5%) studenata je izjavilo da bi volelo da su im tokom ispita/kolokvijuma raspoloživi JUnit testovi za samostalnu proveru rešenja a preostalih 54 (20,5%) da ne bi voleli.

#### 4.3. ISKUSTVA NASTAVNIKA

Nastavu je držalo pet nastavnika i asistenata, i njihova iskustva se mogu sumirati na sledeći način.

Potreban je određeni trud i vreme da se materijali unesu u Git repozitorijum i postave na GitHub, da se tekst zadatka prenese u MD format, a pogotovu ako je potrebno napisati i JUnit testove. Na sreću, Git odnosno GitHub podržavaju istovremeni rad više ljudi na istom repozitorijumu odnosno projektu, pa se raspodela posla između nastavnika može (tehnički) izvršiti veoma lako. Osim toga, Eclipse, a i mnoga druga razvojna okruženja za Javu podržavaju MD format, JUnit i Git, pa se sve može uraditi korišćenjem jednog softverskog okruženja. Pošto studenti koriste isto okruženje da pristupaju materijalima i vežbaju zadatke, instalacija potrebnog softvera na računare u učionicama je jednostavna. Jednom kad se materijali postave kao Git repozitorijum na GitHub-u, izmena, unapređivanje i otklanjanje grešaka u materijalima su izuzetno jednostavni – čim se sačuvaju, propagiraju se i distribuiraju trenutno. Takođe, uvek postoji više rezervnih kopija, i materijali ne mogu da se slučajno izgube/obrišu.

Što se tiče negativnih strana, GitHub podrazumeva javnu dostupnost svih besplatno postavljenih repozitorijuma. To znači da svi materijali postaju javno dostupni, osim ako se plati određeni iznos organizaciji koja vodi GitHub sajt ili se iskoriste akademske licence. Alternativno, moguće je koristiti neki drugi sajt za postavljanje Git repozitorijuma (npr. BitBucket), ili se Git repozitorijumi mogu postaviti na neki mrežni disk, radi pristupa preko LAN-a. Još jedna nepogodnost je to što se ovaj pristup može primeniti samo ako u računarskim salama postoji Internet pristup na svakom računaru – inače se materijali ne mogu preuzeti. Alternativno, moguće je postaviti repozitorijume na mrežni disk i koristiti LAN mrežu za pristup materijalima.

#### 5. ZAKLJUČAK

U radu je prikazan pristup u kojem se, umesto klasičnih materijala za nastavu, koriste izvršivi programski projekti sa JUnit testovima objavljeni na GitHub sajtu. Tek malo više od polovine anketiranih studenata je imalo ikakvo iskustvo u programiranju pre fakulteta, a od materijala su najčešće koristili web materijale i štampane knjige i zbirke. Nešto više od polovine je izjavilo da su imali obezbeđena rešenja, a u slučajevima kada nisu imali rešenje zadatka, studenti su najčešće samostalno testirali

rešenje, tražili pomoć preko društvenih mreža ili direktno od kolega. U cilju razmene rešenja i primera, studenti su najčešće navodili da su slikali i slali rešenje mobilnim telefonom ili, ređe, slali izvorni kod preko email-a. Iako je, pre početka nastave, nešto manje od polovine anketiranih studenata čulo za GitHub sajt, samo 5,4% anketiranih ga je koristilo (slično kao u [3] i [9]).

Velikoj većini studenata u potpunosti odgovara korišćenje GitHub-a za objavljivanje i distribuciju materijala, i redovno su koristili materijale sa vežbi i one za pripremu ispita, a veoma malo materijale sa predavanja. Skoro svi studenti su direktno uveli primere sa GitHub-a u Eclipse okruženje, a veoma mali broj njih je gledao materijale na GitHub sajtu ili ih preuzimao kao ZIP fajlove. Skoro svi su naveli da nisu imali nikakav problem niti nejasnoću prilikom preuzimanja materijala, a većina smatra da je GitHub bolji za distribuiranje materijala za programiranje od knjiga, zbirki itd. Oko dve trećine anketiranih je izjavilo da su bili motivisaniji da vežbaju programiranje zbog raspoloživosti zadataka i rešenja u formi projekata u okviru GitHub-a, a otprilike isto toliko njih je izjavilo da su bili baš zbog toga bili motivisaniji da urade samostalno zadatak do kraja (umesto da samo pogledaju rešenje).

Najveći broj anketiranih studenata je koristio JUnit testove za proveru rešenja prilikom izrade zadatka na vežbama, a i kod kuće radeći zadatke za pripremu kolokvijuma. Veliki broj studenata smatra da su JUnit testovi jako korisni u toku časova vežbi i za pripremanje kolokvijuma. Iako 80,2% studenata nije imalo nikakvih nejasnoća niti problema pri korišćenju JUnit testova, kao najčešći problemi se navode: da testovi nekad ne prolaze iako studenti misle da je rešenje tačno (slično kao u [4]), da su testovi nekad previše kruti u pogledu naziva klasa i metoda (slično kao u [4]), kao i da je poruka samog testa ponekad nejasna ili da testovi ne mogu da se pokrenu.

Iskustva nastavnika su takođe veoma pozitivna i, osim početnog truda da se materijali preformatiraju, uvođenje ovog pristupa smanjuje kasnije napore neophodne da se materijali distribuiraju i ažuriraju. Sa druge strane, pristup zahteva stalnu Internet (ili bar LAN) konekciju u salama, kao i spremnost da se pruži javan pristup materijalima.

## NAPOMENA

Istraživanje predstavljeno u radu je finansirano od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja u okviru projekta „Kreiranje digitalnih repozitorijuma zadataka za Java i R programiranje - JAR“ (2018.-2019.). Projekat se finansira u okviru aktivnosti „0014 - Razvoj visokog obrazovanja“ po pozivu od 20.07.2018. i odluci Ministarstva broj 111-00-00189/2018-06 od 26.09.2018.

## LITERATURA

[1] Cardell-Oliver, R., Zhang, L., Barady, R., Lim, Y.H., Naveed, A., and Woodings, T. "Automated feedback for quality assurance in software engineering education". In Proceedings of the 2010 21st Australasian Software Engineering Conference, ASWEC '10, pp. 157–164, 2010.

[2] Chen, J.J.Y. and Wu, M. M.Z. "Integrating extreme programming with software engineering education," in 2015 38th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), 2015, pp. 577–582.

[3] Feliciano, J., Storey, M.-A., Zagalsky, A. "Student experiences using GitHub in software engineering courses: a case study". In: Proceedings of the IEEE/ACM 38th International Conference on Software Engineering Companion, pp. 422–431, 2016.

[4] Gómez-Martín, M. A. and Gómez-Martín P. P. "Fighting against the 'but it works!' syndrome". In M. C. Azevedo-Gomes, A. Mendes, and M. J. Marcelino, editors, XI International Symposium on Computers in Education (SIIE 2009), 2009.

[5] Gramoli, V., Charleston, M., Jeffries, B., Koprinska, I., McGrane, M., Radu, A., Viglas, A. and Yacef, K. "Mining autograding data in computer science education". In Proceedings of the Australasian Computer Science Week Multiconference (ACSW '16), 2016.

[6] Kelleher J. "Employing Git in the Classroom". In Computer Application and Information Systems (WCCAIS), pp. 1-4, 2014.

[7] Lemos, O. A., Ferrari, F. C., Silveira, F. F., & Garcia, A. "Experience report: Can software testing education lead to more reliable code?" 2015 IEEE 26th International Symposium on Software Reliability Engineering, 2015.

[8] Loeliger, J. and McCullough, M. "Version Control with Git - 2nd Edition", O'Reiley, 2012.

[9] Raibulet C. and Fontana, F. A. "Collaborative and Teamwork Software Development in an Undergraduate Software Engineering Course," The Journal of Systems & Software, Vol. 144, pp. 409–422, 2018.

[10] Sherman, M., Bassil, S., Lipman, D., Tuck, N. and Martin, F. "Impact of auto-grading on an introductory computing course". J. Comput. Sci. Coll., 28(6), pp. 69–75, 2013.

[11] Tahchiev, P., Leme, F., Massol, V. and Gregory, G. "JUnit in Action - 2nd Edition", Manning, 2010.

[12] Thurner, V. and Böttcher, A. "An 'objects first, tests second' approach for software engineering education". In IEEE Frontiers in Education Conference (FIE '15). IEEE, pp. 1–5. doi: 10.1109/FIE.2015.7344027

[13] Tirkey, A., Gary, K.A. "Curricular change management with git and drupal: a tool to support flexible curricular development workflows". In: Proceedings of the 15th International Conference on Software Engineering Research, Management and Applications (SERA 2017), 2017. doi:10.1109/SERA.2017.7965734

[14] Zagalsky, A., Feliciano, J., Storey, M.-A., Zhan, Y., Wang, W. "The emergence of GitHub as a collaborative platform for education". In: Proceedings of the 18th ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work, pp.1906–1917, 2015. doi: 10.1145/2675133.2675284



# PRIMENA ALGORITAMA MAŠINSKOG UČENJA U ANALIZI USPEHA STUDIRANJA KOD STUDENATA SOFTVERSKOG INŽENJERSTVA

## APPLICATION OF MACHINE LEARNING ALGORITHMS IN ANALYSIS OF SOFTWARE ENGINEERING STUDENTS SUCCESS

Sanja Delčev, Jelica Cincović, Jelena Stančić, Dražen Drašković, Jelica Protić  
{drazen.draskovic@etf.bg.ac.rs}

*Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu*

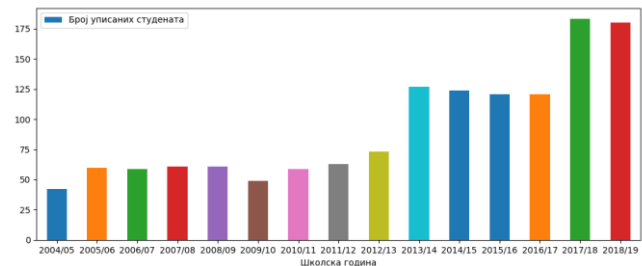
**Sadržaj** – Ovo istraživanje obuhvata analizu podataka na nivou studijskog programa Softversko inženjerstvo na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Analiza koristi podatke o dinamici studiranja i o uspehu studenata po semestrima. U radu je prikazana klasifikacija algoritama koji su korišćeni u obradi i analizi podataka. Na primeru depersonalizovanih podataka o studentima dobijenih iz Fakultetskog informacionog sistema (FIS) prikazano je korišćenje jedne grupe algoritama mašinskog učenja i dati su rezultati prediktivne analize.

**Abstract** - This research includes data analysis about student success at the the study program Software Engineering at the School of Electrical Engineering, University of Belgrade. The analysis uses the data on the dynamics of studying and the success rate of students by semesters. The paper presents the classification of algorithms used in the processing and analysis of data. On the example of the depersonalized data obtained from the Faculty Information System (FIS), the use of machine learning algorithms is presented and the results of the predictive analysis are given.

### 1. UVOD

Studijski program Softversko inženjerstvo najmlađi je odsek na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Prva generacija studenata upisana je 2004. godine i brojala je 42 studenta. Prvih godina odsek je upisivao do 60 kandidata, od školske 2013/2014. akreditacija je odobrila upis 120 kandidata po generaciji, a od školske 2017/2018. godine ovaj studijski program akreditovan je za upis 180 kandidata. Na slici 1 prikazan je broj upisanih studenata po prvi put u prvu studijsku godinu. Ove školske godine upisana je petnaesta generacija studenata na ovaj odsek. Svi podaci o studentima, od upisivanja na fakultet i prijemnog ispita, do diplomiranja, čuvaju se u okviru Fakultetskog informacionog sistema (FIS) [1].

Dosadašnja istraživanja bila su usmerena na analizi podataka bez korišćenja mašinskog učenja [2]. Cilj ovog istraživanja bio je da se primenom algoritama mašinskog učenja prikaže jaka povezanost između predmeta iz oblasti programiranja i računarskih nauka, uz ukazivanje na važnost predznanja studenata koje iz jednog predmeta donose na drugi predmet.



Slika 1. Broj upisanih studenata na prvu godinu studija na studijskom programu Softversko inženjerstvo

### 2. PRIKUPLJANJE PODATAKA I ALGORITMI MAŠINSKOG UČENJA

Proces mašinskog učenja sastoji se iz nekoliko faza. Proces počinje prikupljanjem i odabirom podataka nad kojima se vrši analiza. Uspeh analize u velikoj meri zavisi od količine i kvaliteta prikupljenih podataka. Prikupljeni podaci obično potiču iz različitih sistema, samim tim su različitog oblika i formata, mogu sadržati informacije koje su od značaja, ali i one koje nisu, mogu biti redundantni, a mogu biti i neispravni. Zato je neophodno izvršiti pretprocesiranje podataka kako bi se formirala struktura željenih podataka pogodnih za analizu. Ovi podaci se dele u tri grupe: 1) za treniranje; 2) za validaciju; 3) za testiranje modela.

Algoritmi mašinskog učenja se na osnovu tipa problema dele u dve kategorije: algoritmi nadglednog učenja i algoritmi nenadglednog učenja. Nadgledno učenje predstavlja oblik mašinskog učenja nad obeleženim skupom podataka kojima se model trenira. Obeležen skup se obično sastoji od ulaznih podataka, tipično predstavljenim nizom realnih brojeva, kao i očekivanih izlaznih vrednosti. Svrha ovih algoritama je da za zadate ulazne podatke, a na osnovu podataka iz skupa za trening, izvrše predikciju rezultata [3]. Izlazna vrednost može biti kontinualan realan broj ili neka diskretna vrednost. Shodno tome, problemi predikcije mogu biti problemi klasifikacije ili regresije. Klasifikacija se odnosi na diskretnu predikciju, odnosno klasifikovanje podataka u definisan, konačan broj klasa. Kod regresije algoritam uči i predviđa kako će se funkcija, koja na osnovu ulaznih atributa daje izlaznu vrednost kontinualnog tipa, ponašati u budućim slučajevima na osnovu podataka sa kojima je treniran. Nenadgledno učenje predstavlja drugi, najčešći oblik mašinskog učenja. U ovom slučaju se treniranje algoritma obavlja na osnovu neobeležene skupa podataka. Neobeleženi skup se sastoji samo od ulaznih

podataka koji su tipično predstavljeni nizom realnih brojeva. Zadatak ovih algoritama jeste pronalaženje zakonitosti u podacima. Nakon što je takva zakonitost pronađena, svrha algoritma je da za novi skup podataka izračuna neki zaključak koji zavisi od samog algoritma. U nastavku su opisani algoritmi korišćeni u analizi podataka.

K-najbližih suseda je neparatarski metod koji se najčešće koristi za klasifikaciju, ali se može koristiti i za regresiju [4]. Ovaj algoritam vrši poređenje novih instanci sa k najbližih instanci koje su zapamćene u memoriji, odnosno, u fazi treniranja se samo vrši smeštanje instanci iz skupa za učenje u odabrane memorijske strukture, dok se sve vrste poređenja vrše u trenutku kad se test primer analizira. U slučaju klasifikacije, objekat će biti raspoređen u klasu najčešću među svojim susedima, dok u slučaju regresije izlaz predstavlja prosek vrednosti njegovih najbližih k suseda.

Metod podržavajućih vektora je binarni klasifikacioni metod i spada u algoritme nadglednog učenja. Svaki zapis, koji ima N atributa, posmatra se kao jedna tačka, čije su koordinate određene vrednostima svakog atributa, u N-dimenzionom prostoru. Zadatak ovog metoda je da u vektorskom prostoru u kome su podaci postavljeni pronađe razdvajajuću hiper-ravan tako da su svi podaci iz date klase sa iste strane ravni. Metod traži optimalno rešenje koje maksimizuje razdaljinu između hiper-ravni i tačaka koje su blizu potencijalne linije razdvajanja. Kernel je funkcija koja odgovara skalarnom proizvodu u nekom proširenom prostoru. Kernel funkcije koje se često koriste kod ovog metoda su: linearna, polinomijalna, radijalna osnovna (RBF) i sigmoidna.

Stabla odlučivanja su tip nadglednih algoritama koji se najčešće koristi kod problema klasifikacije. Cilj je kreiranje modela koji predviđa izlaznu vrednost na osnovu nekoliko ulaznih vrednosti. Ulazne vrednosti, kao i izlazne mogu biti i kategoričkog i kontinualnog tipa [5]. Svaki čvor odgovara nekom ulaznom parametru, i svaka grana koja potiče iz posmatranog čvora odgovara nekoj vrednosti tog parametra. Listovi predstavljaju vrednost izlaznog parametra u zavisnosti od vrednosti ulaznih parametara na datom putu kroz stablo, od korena do posmatranog lista.

Naivni Bajes je klasifikacioni algoritam koja se bazira na Bajesovoj teoremi uz pretpostavku da su ulazni parametri, koji se koriste za predviđanje, međusobno nezavisni, i da ne postoje skriveni atributi koji bi mogli uticati na proces predikcije.

### 3. FUNKCIONALNI ZAHTEVI

Prijemni ispit se od osnivanja Odseka za softversko inženjerstvo do danas izvršavao na više različitih platformi i implementacija, pa je evidencija o kandidatima sa prijemnog ispita zahtevala posebnu obradu. Podaci o kandidatima sa prijemnog ispita sadrže osnovne informacije o kandidatima, njihov uspeh iz srednje škole i njihov uspeh na prijemnom ispitu iz matematike i fizike. Korelacija između uspeha u srednjoj školi i uspeha na

studijama je važna posebno kod predikcije uspeha studenata na predmetima prve godine osnovnih akademskih studija, ali zbog nepotpunih podataka i male količine podataka sa prijemnih ispita, takvi podaci nisu korišćeni u ovom delu istraživanja.

Fakultetski informacioni sistem (FIS) je sistem za praćenje, administriranje i organizovanje nastave i nastavnog procesa na visokoškolskim ustanovama u Srbiji i regionu. Razvijen je na tehnologijama otvorenog koda poslednje generacije i naslednik je informacionog sistema EVIDES. Sistem obuhvata aplikaciju za studentski odsek, veb portal za studente „e-Student” i veb portal za nastavnike i saradnike „e-Zaposleni”.

Portal „e-Student” oslanja se na podatke iz FIS-a, kao centralizovanog sistema za evidenciju podataka o rokovima, ispitima, ocenama i sl. Na osnovu podataka dobijenih iz FIS-a, vršena je analiza nad podacima koji se odnose na uspehe na ispitima tokom studiranja studenata Softverskog inženjerstva. Analiza je izvršena nad podacima o predmetima koji su obavezni, kako bi se prikupio dovoljno veliki uzorak podataka. Sprovedene su 2 vrste analiza:

#### A) Analiza predmeta koji se nadovezuju

Prva vrsta analize obuhvatila je predmete čije se gradivo nadovezuje jedno na drugo. Primeri ovakvih ispita su Programiranje 1 i Programiranje 2, Osnovi računarske tehnike 1 i Osnovi računarske tehnike 2, Objektivno orijentisano programiranje 1 i Objektivno orijentisano programiranje 2, Algoritmi i strukture podataka 1 i Algoritmi i strukture podataka 2. U ovim slučajevima je konstruisan model za predviđanje ocene na ispitu iz predmeta koji predstavlja nadogradnju na prvi predmet, u zavisnosti od uspeha na ispitu iz prvog predmeta i roka u kome je položen ispit iz prvog predmeta. U prvom navedenom slučaju vrši se predviđanje ocene iz predmeta Programiranje 2 na osnovu ocene i roka u kome je položen ispit iz predmeta Programiranje 1.

#### B) Analiza predmeta koji zahtevaju predznanje

Druga vrsta analize se odnosila na predmete koji zahtevaju predznanje iz nekih drugih srodnih predmeta. Ovi predmeti su uglavnom navedeni kao predmeti čije gradivo je neophodno savladati pre nego što se započne slušanje posmatranog predmeta. Primer ovakvih predmeta su na primer: predmeti Objektivno orijentisano programiranje 1 i Algoritmi i strukture podataka 2, koji predstavljaju preduslov za slušanje predmeta Operativni sistemi 1, zatim predmeti Osnovi računarske tehnike 1 i Osnovi računarske tehnike 2 koji predstavljaju uslov za slušanje predmeta Arhitektura računara, ili Programiranje 1 i Objektivno orijentisano programiranje 2 koji predstavljaju preduslov za Konkurentno i distribuirano programiranje, itd. U ovim slučajevima je konstruisan model za predviđanje ocene na ispitu iz predmeta koji je uslovljen, u zavisnosti od uspeha na ispitima od kojih zavisi. U ovom radu prikazano je predviđanje ocene iz predmeta Operativni sistemi 1 na osnovu ocena iz predmeta Objektivno orijentisanog programiranja 1 i Algoritama i struktura podataka 2.

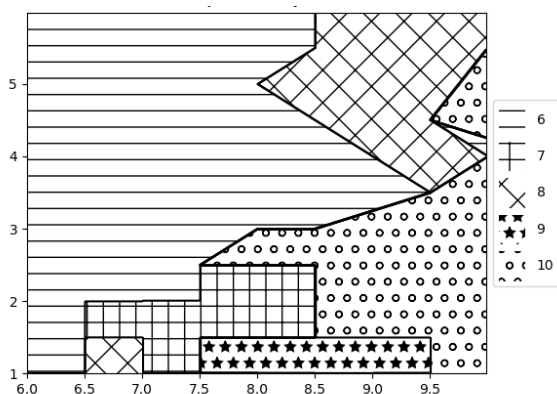
#### 4. REZULTATI ANALIZE

U ovom poglavlju prikazani su rezultati analize po jednog slučaja iz dve predložene vrste. Za analizu predmeta koji se nadovezuju, u poglavlju 4.1. prikazana je zavisnost između predmeta Programiranje 1 i Programiranje 2. Za analizu predmeta koji zahtevaju predznanje drugih predmeta, u poglavlju 4.2. prikazana je zavisnost između predmeta Operativni sistemi 1 i predmeta navedenih kao preduslov za njegovo slušanje, Objektno orijentisano programiranje 1 i Algoritmi i strukture podataka 2.

##### 4.1. Analiza predmeta koji se nadovezuju

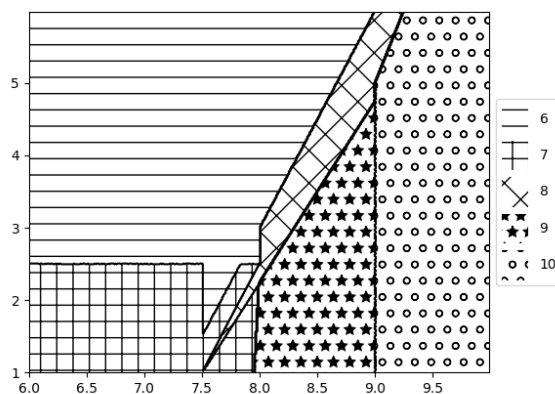
Prva vrsta analize prikazuje zavisnost između ocene dobijene na predmetu Programiranje 1 i roka u kome je ovaj predmet položen, i ocene dobijene na polaganju ispita Programiranje 2. Za ovu analizu korišćeni su algoritmi K-najbližih suseda, metod podržavajućih vektora sa linearnim kernelom, metod podržavajućih vektora sa RBF kernelom, stabla odlučivanja i metod Naivni Bajes. Podaci koji su analizirani obuhvataju sve ocene studenata od generacije upisane 2004. godine do generacije upisane 2017. godine. Podaci su izmeštani i na slučajan način podeljeni u tri skupa. Prvi skup je skup podataka za učenje i on je obuhvatio 70% podataka, a drugi i treći skup su skup za testiranje i skup za validaciju modela, koji su obuhvatili po preostalim 15% podataka. Parametar u kom roku je ispit polagan je pretvoren u numerički podatak, tako da su raniji rokovi manje vrednosti, odnosno januar ima parametar 1, februar 2, i tako redom za preostale ispitne rokove.

Za analizu podataka algoritmom K-najbližih suseda (kNN) je izabrana je vrednost  $k = 11$  kao vrednost pri kojoj se javlja najmanja greška pri analizi validacionog skupa podataka. Tačnost kreiranog modela za testni skup podataka je 42,75%. To znači da je u 42,75% slučajeva predviđena tačna ocena dobijena na predmetu Programiranje 2. Pored toga u 36,96% slučajeva je predviđena ocena za jednu ocenu više ili niže od stvarno dobijene ocene. Među preostalim 20,29% slučajeva se nalaze slučaj kada je predviđena ocena za dve ocene viša ili niža od stvarno dobijene sa 14,5%, i slučaj kada je predviđeno preko dve ocene više ili niže od stvarno dobijene sa 5,79%. Na slici 2 se može grafički videti kako izgleda šablon predviđanja algoritma kNN.



Slika 2. Grafički prikaz predviđanja ocene iz Programiranja 2 algoritmom K-najbližih suseda

Za analizu podataka metodom podržavajućih vektora sa linearnim kernelom (MPV LK) izabrane su vrednost gama faktora 0,001 i C faktora 0,1 kao vrednost pri kojoj se javlja najbolja procena predviđanja za validacioni skup podataka. Tačnost kreiranog modela za testni skup podataka je 42,75%. To znači da je u 42,75% slučajeva predviđena tačna ocena dobijena na predmetu Programiranje 2. Pored toga u 42,03% slučajeva je predviđena ocena za jednu ocenu više ili niže od stvarno dobijene ocene. Među preostalim 15,22% slučajeva se nalaze slučaj kada je predviđena ocena za dve ocene viša ili niža od stvarno dobijene sa 9,42%, i slučaj kada je predviđeno preko dve ocene više ili niže od stvarno dobijene sa 5,8%. Na slici 3 se može videti kako grafički izgleda šablon predviđanja metoda podržavajućih vektora sa linearnim kernelom.

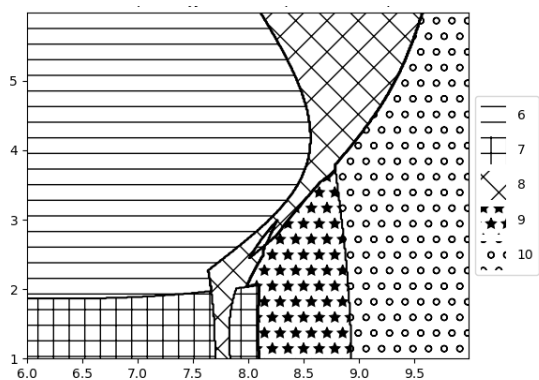


Slika 3. Grafički prikaz predviđanja ocene iz Programiranja 2 metodom podržavajućih vektora sa linearnim kernelom

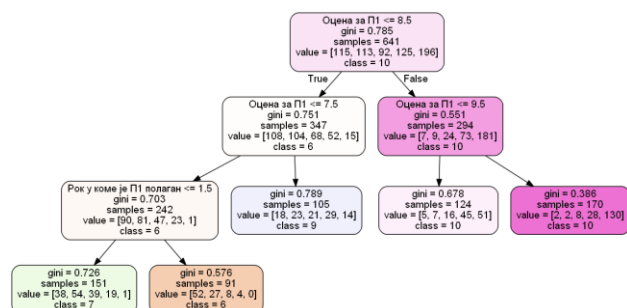
Za analizu podataka metodom podržavajućih vektora sa RBF kernelom (MPV RBF) izabrane su vrednost gama faktora 0,1 i C faktora 1 kao vrednost pri kojoj se javlja najbolja procena predviđanja za validacioni skup podataka. Tačnost kreiranog modela za testni skup podataka je 45,65%. To znači da je u 45,65% slučajeva predviđena tačna ocena dobijena na predmetu Programiranje 2. Pored toga u 36,23% slučajeva je predviđena ocena za jednu ocenu više ili niže od stvarno dobijene ocene. Među preostalim 18,12% slučajeva se nalaze slučaj kada je predviđena ocena za dve ocene viša ili niža od stvarno dobijene sa 11,6%, i slučaj kada je predviđeno preko dve ocene više ili niže od stvarno dobijene sa 6,52%. Na slici 4 se može videti kako grafički izgleda šablon predviđanja metoda podržavajućih vektora sa RBF kernelom.

Za analizu podataka algoritmom stabla odlučivanja (StablaOdl) izabrana je vrednost parametra maksimalne dubine stabla 3 kao vrednost pri kojoj se javlja najbolja procena predviđanja za validacioni skup podataka. Tačnost kreiranog modela za testni skup podataka je 42,75%. To znači da je u 42,75% slučajeva predviđena tačna ocena dobijena na predmetu Programiranje 2. Pored toga u 36,96% slučajeva je predviđena ocena za jednu ocenu više ili niže od stvarno dobijene ocene. Među preostalim 20,29% slučajeva se nalaze slučaj kada je predviđena ocena za dve ocene viša ili niža od stvarno

dobijene sa 13,04%, i slučaj kada je predviđeno preko dve ocene više ili niže od stvarno dobijene sa 7,25%. Na slici 5 se može videti model formiranog stabla.

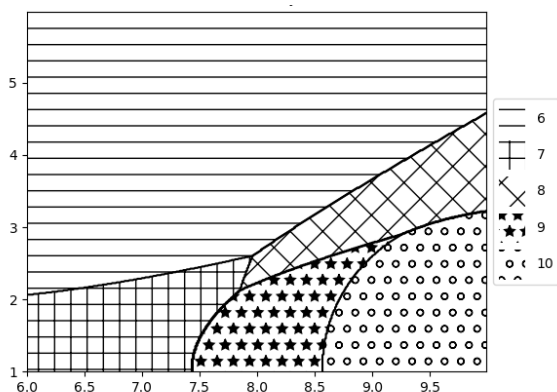


Slika 4. Grafički prikaz predviđanja ocene iz Programiranja 2 metodom podržavajućih vektora sa RBF



Slika 5. Kreirani model stabla odlučivanja ocene na ispitu iz predmeta Programiranje 2 zavisi od ocene i roka u kome je polagan ispit iz predmeta Programiranje 1

Tačnost kreiranog modela Naivnog Bajesa (NBayes) za validacioni skup je 48,17%. U slučaju analize testnog skupa podataka, tačnost modela je 43,48%. To znači da je u 43,48% slučajeva predviđena tačna ocena dobijena na predmetu Programiranje 2. Pored toga u 42,75% slučajeva je predviđena ocena za jednu ocenu više ili niže od stvarno dobijene ocene. Među preostalim 13,77% slučajeva se nalaze slučaj kada je predviđena ocena za dve ocene viša ili niža od stvarno dobijene sa 10,15%, i slučaj kada je predviđeno preko dve ocene više ili niže od stvarno dobijene sa 3,62%. Na slici 6 se može videti kako grafički izgleda šablon predviđanja metodom Naivnog Bajesa.



Slika 6. Grafički prikaz predviđanja ocene iz Programiranja 2 metodom Naivni Bajes

Uporedni pregled rezultata dat je u tabeli 1. Analizom grafičkih predstava modela koji su opisani može se zaključiti da analiza potvrđuje pretpostavku da uspeh studenata na predmetu Programiranje 2 u priličnoj meri zavisi od uspeha na predmetu Programiranje 1. Analiza pokazuje da ukoliko je student dobio visoku ocenu u prvom, pa i u drugom roku, na ispitu iz predmeta Programiranje 1, predviđa se da iz dobije visoku ocenu i iz predmeta Programiranje 2. Što je student kasnije položio prvi predmet, ocena iz zavisnog predmeta je očekivano manja. Treba uzeti u obzir činjenicu da su to predmeti prve godine i jedni od prvih predmeta sa kojima se studenti susreću, a koji se odnose na programiranje. Zbog toga se jasno odvajaju dva slučaja. Jedan u kome se u prvim rokovima polažu ovi predmeti uz izuzetan uspeh, i ona koja kasnije stiže da nauči gradivo i evidentno dobija niže ocene. Ova uporedna analiza nam pokazuje i da metod Naivnog Bajesa, u ovom slučaju, uprkos svojoj jednostavnosti daje izuzetno dobar rezultat. Nema najveći procenat pogodaka, ali ima dobro predviđanje obzirom da ima najbolji rezultat za predviđanja promašena za jednu ocenu, što znači da predviđa tačnu ili za jednu ocenu pogrešnu ocenu u 86,23% slučajeva.

Tabela 1. Uporedni pregled rezultata analize ocena iz predmeta Programiranje 2 u zavisnosti od ocene i roka u kome je polagan ispit iz predmeta Programiranje 1

Algoritam	PPO	PP1	PP2	PP2v
kNN	42,75%	36,96%	14,49%	5,80%
MPV LK	42,75%	42,03%	9,42%	5,80%
MPV RBF	45,65%	36,23%	11,59%	6,52%
StablaOdl	42,75%	36,96%	13,04%	7,25%
NBayes	43,48%	42,75%	10,15%	3,62%

Napomena: PPO-procenat pogodaka, PP1-procenat promašenih predviđanja za jednu ocenu, PP2-procenat promašenih predviđanja za dve ocene, PPv-procenat promašenih predviđanja za više od dve ocene.

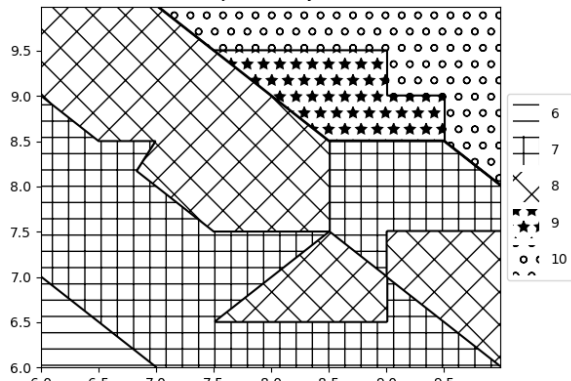
#### 4.2. Analiza predmeta koji zahtevaju predznanje

Druga vrsta analize obuhvatila je zavisnost između ocene dobijene na predmetu Operativni sistemi 1 (OS1) i ocena iz predmeta koji predstavljaju uslov za njegovo slušanje, Objektivno orijentisano programiranje 1 (OOP1) i Algoritmi i strukture podataka 2 (ASP2). Korišćene su iste tehnike i isti skup podataka, kao i kod prve vrste analize.

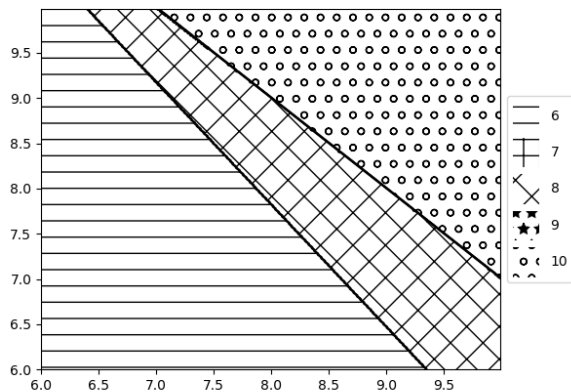
Algoritmom kNN u ovoj analizi je izabrana vrednost  $k=16$  kao vrednost pri kojoj se javlja najmanja greška pri analizi validacionog skupa podataka. Tačnost kreiranog modela za testni skup podataka je 45,6%. To znači da je u 45,6% slučajeva predviđena tačna ocena dobijena na predmetu Operativni sistemi 1. Pored toga u 36,76% slučajeva je predviđena ocena za jednu ocenu više ili niže od stvarno dobijene ocene. U 11,76% slučajeva je predviđena ocena za dve ocene viša ili niža od stvarno dobijene, dok je u 5,88% predviđeno preko dve ocene više ili niže od stvarno dobijene. Na slici 7 se može grafički videti kako izgleda šablon predviđanja algoritma kNN.

Za analizu podataka metodom podržavajućih vektora sa linearnim kernelom izabrane su vrednost gama faktora

0,001 i C faktora 0,1 kao vrednost pri kojoj se javlja najbolja procena predviđanja za validacioni skup podataka. Tačnost kreiranog modela za testni skup podataka je 47,06%. To znači da je u 47,06% slučajeva predviđena tačna ocena dobijena na predmetu Operativni sistemi 1. Pored toga u 30,88% slučajeva je predviđena ocena za jednu ocenu više ili niže od stvarno dobijene ocene. U 13,24% slučajeva je predviđena ocena za dve ocene viša ili niža od stvarno dobijene, dok je u 8,82% predviđeno preko dve ocene više ili niže od stvarno dobijene. Na slici 8 se može videti kako grafički izgleda šablon predviđanja metoda podržavajućih vektora sa linearnim kernelom.



Slika 7. Grafički prikaz predviđanja ocene iz OS1 algoritmom K-najbližih suseda

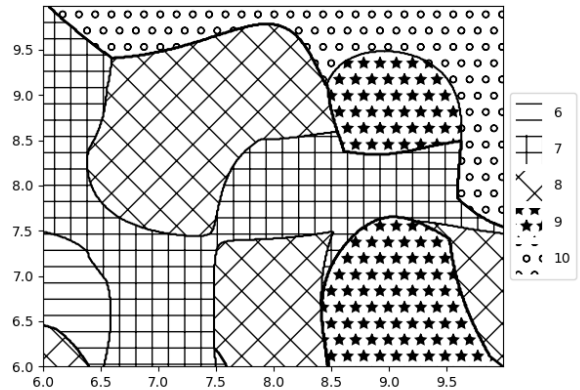


Slika 8. Grafički prikaz predviđanja ocene iz OS1 metodom podržavajućih vektora sa linearnim kernelom

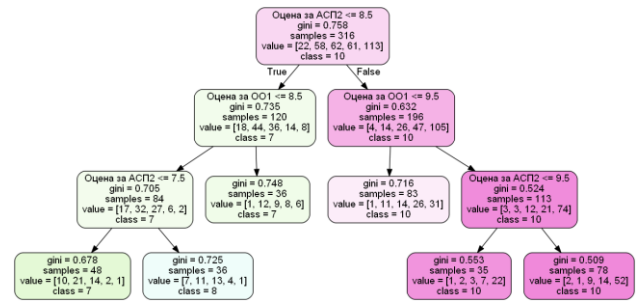
Za analizu podataka metodom podržavajućih vektora sa RBF kernelom izabrane su vrednosti gama faktora 1 i C faktora 10 kao vrednost pri kojoj se javlja najbolja procena predviđanja za validacioni skup podataka. Tačnost kreiranog modela za testni skup podataka je 44,12%. To znači da je u 44,12% slučajeva predviđena tačna ocena dobijena na predmetu Operativni sistemi 1. Pored toga u 38,23% slučajeva je predviđena ocena za jednu ocenu više ili niže od stvarno dobijene ocene. U 13,24% slučajeva je predviđena ocena za dve ocene viša ili niža od stvarno dobijene, dok je u 4,41% predviđeno preko dve ocene više ili niže od stvarno dobijene. Na slici 9 se može videti kako grafički izgleda šablon predviđanja metoda podržavajućih vektora sa RBF kernelom.

Za analizu podataka algoritmom stabla odlučivanja izabrana je vrednost parametra maksimalne dubine stabla

5 kao vrednost pri kojoj se javlja najbolja procena predviđanja za validacioni skup podataka. Tačnost kreiranog modela za testni skup podataka je 45,59%. To znači da je u 45,59% slučajeva predviđena tačna ocena dobijena na predmetu Operativni sistemi 1. Pored toga u 35,29% slučajeva je predviđena ocena za jednu ocenu više ili niže od stvarno dobijene ocene. U 14,71% slučajeva je predviđena ocena za dve ocene viša ili niža od stvarno dobijene, dok je u 4,41% predviđeno preko dve ocene više ili niže od stvarno dobijene. Na slici 10 se može videti model formiranog stabla.



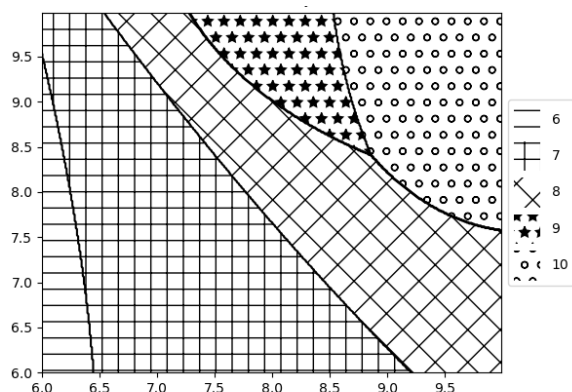
Slika 9. Grafički prikaz predviđanja ocene iz OS1 metodom podržavajućih vektora sa RBF



Slika 10. Kreirani model stabla odlučivanja ocene na ispitu iz predmeta OS1 na osnovu ocena iz predmeta OOP1 i ASP2

Tačnost kreiranog modela Naivnog Bajesa (NBayes) za validacioni skup je 42,65%. U slučaju analize testnog skupa podataka, tačnost modela je 41,18%. To znači da je u 41,18% slučajeva predviđena tačna ocena dobijena na predmetu Operativni sistemi 1. Pored toga u 39,7% slučajeva je predviđena ocena za jednu ocenu više ili niže od stvarno dobijene ocene. U 16,18% slučajeva je predviđena ocena za dve ocene viša ili niža od stvarno dobijene, dok je u 2,94% predviđeno preko dve ocene više ili niže od stvarno dobijene. Na slici 11 se može videti kako grafički izgleda šablon predviđanja metodom Naivnog Bajesa.

Ukupan broj zapisa o ispitima Operativni sistemi 1, Objektivno orijentisano programiranje 1 i Algoritmi i strukture podataka 2 je 452 zapisa. Od tih 452 zapisa, 70% se koristi za učenje modela što je 316 zapisa, a preostalih 136 za validaciju 68 zapisa i za testiranje 68 zapisa. Uporedni prikaz tačnosti algoritama je predstavljen u tabeli 2.



Slika 11. Grafički prikaz predviđanja ocene iz OS1 metodom Naivni Bajes

Tabela 2. Uporedni pregled rezultata analize ocena iz predmeta Operativni sistemi 1 u zavisnosti od ocene i roka u kome su polagani ispiti OOP1 i ASP2

Algoritam	PPO	PP1	PP2	PP2v
kNN	45,6%	36,76%	11,76%	5,88%
MPV LK	47,06%	30,88%	13,24%	8,82%
MPV RBF	44,12%	38,23%	13,24%	4,41%
StablaOdl	45,60%	35,29%	14,70%	4,41%
NBayes	41,18%	39,71%	16,17%	2,94%

**Napomena:** PPO-procenat pogodaka, PP1-procenat promašenih predviđanja za jednu ocenu, PP2-procenat promašenih predviđanja za dve ocene, PPv-procenat promašenih predviđanja za više od dve ocene.

Analizom grafičkih predstava modela može se zaključiti da ocene na predmetima OOP1 i ASP2, koji predstavljaju uslov za slušanje predmeta Operativni sistemi 1 u velikoj meri utiču na ocenu iz ovog predmeta. Uočava se da ocena iz predmeta ASP2 u većoj meri utiče na ocenu iz predmeta OS1. Ova analiza obuhvata podatke o položenim ispitima onih studenata koji su ove ispите položili u roku, odnosno u odgovarajućoj godini studiranja kojoj ispiti pripadaju, a student je tu godinu studiranja upisao prvi put. Obzirom na prethodno navedeno, i na to da je analiza izvršena za tri predmeta o da je za svaki od njih traženo da budu položeni u roku, uočava se da je broj podataka nad kojima je analiza vršena smanjen. Najviša ocena dobijena iz predmeta OOP1 ne garantuje dobru ocenu iz predmeta OS1, za razliku od ocene iz predmeta ASP2. Ova analiza ukazuje da je za uspešno polaganje predmeta OS1, pre svega, neophodno dobro savladavanje gradiva iz predmeta ASP2.

## 5. ZAKLJUČAK

U okviru ovog istraživanja urađena je analiza podataka o uspehu studenata na pojedinim predmetima na studijskom programu Softversko inženjerstvo, od osnivanja do danas, kao i zavisnost među podacima. Analiza je koristila podatke o uspehu studenata po semestrima na pojedinim predmetima ili grupi predmeta.

Analiza je pokazala zavisnost koja postoji među ocenama sa predmeta koji su zavisni jedni od drugih. To su ili predmeti koji obuhvataju isto gradivo, a po temama su podeljeni u 2 ili više predmeta, koji se nadovezuju, ili

predmeti koji obrađuju temu za koju je neophodno predznanje iz nekog skupa predmeta. Kreirani modeli za predviđanje ocena ukazuju na važnost savladavanja ispita na vreme, i ukazuju da svako prolongiranje i kašnjenje sa polaganjem određenih ispita, utiče negativno na polaganje drugih ispita, kao i na kašnjenje završetka studija. Druga analiza pokazala je da su odnosi između stručnih predmeta na višim godinama na Softverskom inženjerstvu vrlo povezani, da kod nekih predmeta postoji čak i više drugih predmeta koji u nekoj meri utiču na posmatrani predmet, pa je vrlo važno koliko predznanje student donosi sa drugih predmeta, kod predmeta koji obuhvataju više tema, kao što su Operativni sistemi 1, Konkurentno i distribuirano programiranje i drugi predmeti viših studijskih godina.

Tačnost svih predviđanja najvećim delom zavisi od količine podataka koja se analizira. Što je više podataka, to je model bolje naučen, a takođe je važno i da skup za testiranje bude dovoljno veliki. Analiza je vršena nad podacima o položenim ispitima studenata koji su položili ispit u onoj školskoj godini u kojoj su prvi put pratili predmet, čime su elimisani podaci o studentima koji su ispите prenosili u druge godine.

## ZAHVALNICA

Autori se zahvaljuju Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, koji su finansirali ovo istraživanje, u okviru projekta TR-32047, i Računskom centru Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu na ustupljenim depersonalizovanim podacima o studentima.

## LITERATURA

- [1] Romić, U., Manić, I., „Using Spring-based Tools in Development of Java Web Application for Faculty Employess”, 17. telekomunikacioni forum TELFOR 2009, pp. 1295-1298, Društvo za telekomunikacije, Beograd, Srbija, novembar 2009.
- [2] Protić, J., Žigić, J., Purić, S., „Analiza strukture i uspeha studenata Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu sa posebnim osvrtom na IT sektor“, XXIII skup trendovi razvoja Trend 2017, Zlatibor, Srbija, februar 2017.
- [3] Drašković, D., Kojić, N., Mićović, M., Radenković, U., „Implementacija sistema za prikupljanje podataka, generisanje klastera i preporuka pomoću mašinskog učenja”, Zbornik radova 24. naučne konferencije „YU INFO 2018”, pp. 167-172, Društvo za informacione sisteme i računarske mreže, Kopaonik, Srbija, mart 2018.
- [4] Drašković, D., Popović, L., Nikolić, B., „Analysis of movie big data and calculating the prediction of the popularity and profit”, US-SERBIA and West Balkan Data Science Workshop, National Science Foundation, Temple University, Mathematical Institute of the Serbian Academy of Sciences and Arts, Beograd, Serbia, avgust 2018.
- [5] Dimić, G., Prokin, D., Kuk, K., Micalovic, M., „Primena Decision Trees i Naive Bayes klasifikatora na skup podataka izdvojen iz Moodle kursa”, Zbornik radova, Infoteh, vol. 11, Jahorina, mart 2012.

# HIBRIDNI PRISTUPI ZA UPRAVLJANJE PROJEKTIMA RAZVOJA SOFTVERSKIH PROIZVODA

## HYBRID APPROACHES FOR MANAGING PROJECTS OF THE SOFTWARE PRODUCT DEVELOPMENT

Mirjana Marić<sup>1</sup>, Predrag Matković<sup>1</sup>, Pere Tumbas<sup>1</sup>, Jovica Đurković<sup>1</sup>  
*Univerzitet u Novom Sadu, Ekonomski Fakultet u Subotici<sup>1</sup>*

**Sadržaj** – Danas su u teoriji prisutni brojni pristupi za upravljanje razvojem softverskih proizvoda. Mogu se razvrstati u tri grupe. Dve grupe predstavljaju dijametralno suprotstavljene principe u upravljanju razvojem softverskih proizvoda i mogu se podvesti pod: tradicionalne i agilne.

Međutim teoretska istraživanja pokazuju sve veći značaj i primenu treće grupe pristupa tzv. „hibridnih“, koji su zasnovani na kombinaciji agilnih i tradicionalnih pristupa za upravljanje razvojem softverskog proizvoda.

U radu će biti predstavljena dva hibridna pristupa za upravljanje razvojem softverskih proizvoda: SaFe i DaD. Takođe, biće prikazani i emirijski rezultati istraživanja koji će ujedno dati i odgovor na istraživačko pitanje: koji su hibridni pristupi za upravljanje razvojem softverskih proizvoda zastupljeni u IT industriji Srbije?

Rezultati empirijskog istraživanja pokazuju da kompanije u Srbiji uglavnom koriste sopstvene hibridne pristupe za upravljanje razvojem softverskih proizvoda. Na uzorku od 50 kompanija svega jedna kompanija implementirala je i koristi SaFe okvir.

**Abstract** - Today, in theory there are many approaches for managing development of the software product. They can be sorted into three groups. Two of them are completely opposite of the principles of the software product management and they can be named as: traditional and agile.

However, theoretical researches show greater importance of the third group known as "hybrid", which are based on a combination of agile and traditional management approaches of the development of the software product.

This paper will show two hybrid approaches of the software product management: Safe and Dad. Also, there will be shown the empirical research results which will provide the answer to the main research question: Which hybrid approaches for managing software products are used in the IT industry of Serbia?

The results of the empirical research show that the companies in Serbia mostly use their own hybrid approaches for managing the development of the software product. Out of 50 companies, only one company has implemented and has been using SaFe framework.

### 1. UVODNA RAZMATRANJA

Danas je i najvećoj i najmanjoj IT kompaniji potpuno jasno da svaki softverski projekat mora proći kroz više faza pre nego što se izgradi korisnicima upotrebljiv i kvalitetan proizvod i da je stoga sam proces od velike važnosti za svaki projekat. Značaj procesa prvi je istakao Royce koji je 1970. godine predstavio model vodopada (eng. Waterfall).

Model vodopada, iako sa današnje tačke gledišta predstavlja rigidan pristup za upravljanje razvojem softverskih proizvoda, dugo godina je dominirao u IT industriji. Model vodopada je karakterističan po sekvencijalnom smenjivanju faza u razvoju softverskog proizvoda, po detaljnom planiranju svakog projekta na samom početku i po nepoželjnosti bilo kakvih promena tokom trajanja projekta. Model vodopada i sve njegove modifikacije spadaju u grupu tradicionalnih pristupa za upravljanje razvojem softverskog proizvoda.

Ključan problem ovog modela bio je nedostatak ponavljanja u okviru kojih bi se na vreme identifikovale greške i neophodne izmene koje potiču od korisnika. Zbog sekvencijalnih faza, promene nisu mogle biti izvršene odmah nakon identifikovanja. Iz svih ovih razloga pojavili su se noviji pristupi, kao što je spiralni model koji je 1988 predstavio Boehm, Martinov rapidni razvoj aplikacija (1991.) a potom i Manifest za agilni razvoj softvera 2001. koji je sačinila grupa istraživača.

Agilni pristup upravljanju projektima razvoja softverskih proizvoda daleko je evoluirao od modela vodopada. Može se reći da agilni vrednosti i principi protežiraju sve ono što je u suprotnosti sa modelom vodopada. Njihove suštinske razlike mogu se vrlo jasno uočiti i u samom Agilnom Manifestu [1]. Najzastupljeniji iz grupe agilnih pristupa upravljanja projektima razvoja softverskih proizvoda jesu: Scrum, Kanban i Lean.

Prednost agilnog upravljanja projektima nad tradicionalnim ogleđa se u efikasnijem upravljanju zahtevima projekta i dramatičnom skraćenju vremena za koje softverski proizvod dospe do očiju klijenata i korisnika. Zahvaljujući čestoj isporuci softvera i dobijanju čestih povratnih informacija od klijenata i korisnika smanjen je broj grešaka softverskog proizvoda, a ujedno povećano zadovoljstvo softverom od strane klijenata i korisnika.

Agilan pristup zastupa filozofiju zasnovanu na brzom razvoju, direktnoj i kontinuiranoj komunikaciji sa stejkholderima, samoorganizaciji tima i kreativnosti svih učesnika. Agilan pristup ima za cilj iterativno planiranje nasuprot sveobuhvatnom, prediktivnom planiranju na početku projekta. Takođe protežira promenljivost zahteva i minimalno dokumentovanje, što je upravo balast tradicionalnog upravljanja projektima razvoja softverskih proizvoda.

Deceniju i po nakon donošenja Agilnog manifesta popularnost upotrebe agilnih pristupa ne jenjava. Štaviše danas je jedno od najaktuelnijih pitanja u domenu upravljanja razvojem softverskih proizvoda upravo primena agilnih pristupa i u domenu razvoju kompleksnih softverskih proizvoda, za koje nisu prvobitno bili namenjeni.

U skladu sa tim, novija istraživanja bavila su se pitanjem proširivanja agilnih procesa komplementarnim elementima koji potiču od tradicionalnog upravljanja i razvoja softverskih proizvoda [2]. Istraživanja potvrđuju da je njihova koegzistencija i integracija moguća, pa čak i neophodna kada su u pitanju veliki i kompleksni softverski projekti [3,4,5].

Ova saznanja otvorila su novu eru razvoja i primene tzv. hibridnih pristupa koji su imali za cilj da u određenoj meri tradicionalizuju tj. prošire (eng. scale up) agilne pristupe, uvažavajući njihove ključne vrednosti i principe. To je momenat pojave novih pristupa kao što su: Safe, DaD, Less, RAGE, Nexus, Spotify.

U skladu sa opisanim predmetom istraživanja, autori rada postavili su sledeće istraživačko pitanje:

***IPI.** Koji su hibridni pristupi za upravljanje razvojem softverskih proizvoda zastupljeni u IT industriji Srbije?*

## **2. METODOLOGIJA**

U radu je sprovedeno teoretsko-empirijsko istraživanje. Teoretski deo istraživanja podrazumevao je uvid u referentnu literaturu koja se bavi opisanim predmetom istraživanja. Kao rezultat teoretskog istraživanja identifikovani su i predstavljani najzastupljeniji hibridni pristupi za upravljanje razvojem softverskih proizvoda.

Teoretsko istraživanje predstavljalo je osnovu za otpočinjanje empirijskog istraživanja.

Empirijski deo istraživanja sproveden je tehnikom intervjua na uzorku od 50 kompanija iz ICT sektora. Prikupljeni podaci analizirani su metodom tematske analize sadržaja. Kodiranje podataka intervjua i tematska analiza sadržaja realizovani su prema preporukama autora Miles i Huberman [6].

Cilj empirijskog istraživanja bio je da se teoretska saznanja ispitaju u praksi. Rezultati empirijskog istraživanja korišćeni su za davanje odgovora na postavljeno istraživačko pitanje u radu.

## **3. HIBRIDNI PRISTUPI ZA UPRAVLJANJE PROJEKTIMA**

Uvidom u referentnu literaturu evidentno je postojanje više hibridnih pristupa od kojih dominantnu poziciju imaju sledeća dva:

1. Scaled Agile Framework (SaFe)
2. Disciplined Agile Delivery (DaD)

Oba pristupa, tačnije okvira, imaju za cilj da omoguće efektivno i efikasno upravljanje projektima razvoja kompleksnih i velikih softverskih proizvoda na nivou preduzeća. Takođe, zajedničko im je to da su nastala proširivanjem Scrum okvira. Razlikuju se po elementima sa kojima je proširivanje vršeno i po onome na šta stavljaju fokus.

U daljem tekstu sledi njihovo predstavljanje.

**DaD** je hibridni procesni okvir koji je razvio Scott Ambler [7]. Okvir proširuje Scrum sa elementima XP-a, Lean-a, Kanban-a, agilnog modelovanja i Unified Process-a (UP), kako bi se efikasno rešili aspekti koje Scrum eksplicitno ne uzima u obzir u slučaju razvoja kompleksnih i velikih softverskih proizvoda. Jedan od takvih aspekata je softverska arhitektura.

Dok se Scrum fokusira na razvojne aktivnosti na nivou tima, DaD okvir implementira pristup „end-to-end“ celog životnog ciklusa isporuke. Četiri osnovna prioriteta ovog okvira su: ljudi, učenje, agilnost, hibridnost. Hibridnost podrazumeva da DaD sadrži elemente koji potiču od tradicionalnog razvoja. Jedan od takvih elemenata je upravljanje životnim ciklusom, koji je preuzet iz UP-a [8].

DaD projekte deli u 3 faze: početna faza, faza izgradnja i faza tranzicije. Ambler [7] ističe da DaD prati životni ciklus projekta od trenutka pokretanja projekta (početna faza), preko izgradnje, do puštanja rešenja u produkciju tj. realno okruženje (faza tranzicije).

DaD je usvojio uloge Scrum okvira ali je i dodao nove koje potiču od pristupa agilnog modelovanja. Za razliku od Scrum-a, DaD stavlja mnogo veći naglasak na arhitekturu i smanjenje tehničkog rizika, uvodeći zbog toga i novu ulogu u timu koja je odgovorna za arhitekturu: vlasnik arhitekture (eng. Architecture Owner) [9].

**SaFe** okvir uspostavio je Dean Leffingwell i njegovi saradnici, ističući četiri nivoa organizacije: nivo tima (eng.team), nivo programa (eng. program), nivo toka vrednosti (eng.value stream) i portfolio nivo (eng.portfolio). Svaki nivo ima svoje aktivnosti ali su svi međusobno povezani. Sva četiri nivoa integrišu agilne i Lean prakse [10].

U skladu sa postojanjem ova četiri nivoa, SaFe uvodi i nove artefakte, kao što su: team backlog, program backlog, value stream backlog i portfolio backlog [10].



Nivo tima zadržava standardnu veličinu Scrum tima od 5-9 ljudi. Sastoji se od krosfunkcionalnih i samoorganizujućih agilnih timova koji imaju scrum mastera, vlasnika proizvoda i razvojni tim programera. Prakse i odgovornosti tima uzete su iz Scrum-a i XP-a, te se stoga ovi timovi nazivaju ScrumXP timovi [10].

Nivo programa uključuje od 5-9 agilnih timova ili od 50-125 ljudi. SaFe uvodi pojam Agile Release Trains koji se sastoji od grupe timova i nastoji da isporuči vrednost za sopstveni tok vrednosti (value stream). Epovi odobreni za implementaciju podeljeni su u funkcionalnosti (features), koje se dodaju u program backlog, koji održava i prioritizuje menadžer proizvoda [10].

Nivo portofila je najviši nivo u SaFe okviru i ima za cilj da pomogne usklađivanju razvojne organizacije sa poslovnim ciljevima preduzeća. Strateške teme poslovanja podeljene su u epove u saradnji sa stakeholderima i dodaju se u tzv. portfolio backlog. Vlasnici epova zaduženi su za predstavljanje, redefinisane i prioritizaciju epova. Kada je ep odobren za implementaciju, vlasnik epa učestvuje na svim sesijama planiranja i pomaže timu u njegovoj implementaciji [11].

Arhitekta preduzeća osiguravaju da tehnički epovi koji kreiraju vrednost korisniku budu dovoljno visoko rangirani i da se na taj način paralelno sa implementacijom poslovnih zahteva održava i arhitektura [11].

Vrednost za kupca ili organizaciju kreira se kroz tzv. nivo toka vrednosti (value stream), koji uključuje sve potrebne napore da se kreira vrednost, a putem „agile release trains-a“ se realizuju tokovi vrednosti [12].

Na nivou tima zadržavaju se tipične Scrum uloge, uz minimalne varijacije, dok se nove uloge pojavljuju na nivou programa.

Menadžer proizvoda je nova uloga zadužena za definisanje i ažuriranje liste prioriteta na program backlogu. Menadžer proizvoda tesno saraduje sa vlasnicima proizvoda kako bi optimizovao buduću isporuku, ali istotako i usmerava rad vlasnika proizvoda na nivou timova.

Druga nova uloga na nivou programa jeste sistem arhitekta. Njegova odgovornost je da donosi set eksplicitnih arhitekturnih odluka kojima bi se usmeravala nascentna (eng. emergent) arhitektura za sve timove na nivou programa [12].

Treća nova uloga u SaFe okviru jeste „Release Train Engineer“, koji je tako reći „šef“ Scrum masterima na projektu. Njegov zadatak je da olakša odvijanje procesa na nivou programa, izvršava program, rešava prepreke, upravlja rizicima i pomaže kontinuiranom poboljšanju procesa na nivou programa [12].

SaFe ima i dodatne timove na nivou programa: business owner team, release management team, DevOps team, program portfolio management team [12].

#### 4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Rezultati sprovedenog empirijskog istraživanja pokazuju da je u IT industriji Srbije najzastupljeniji okvir za upravljanja projektima Scrum ili neki modifikovan oblik Scrum-a. Modifikacije su prisutne u dva pravca.

Kompanije vrlo često kombinuju više agilnih pristupa. Najčešći primeri jesu upotreba Kanban i XP prakse unutar Scrum upravljačkog okvira. Lean se koristi na malom broju projekata, uglavnom na startup projektima i onim outsource projektima, čiji nosioci zahtevaju isključivo primenu Lean-a. Poznavanje Lean pristupa u IT sektoru Srbije nije na zavidnom nivou.

Drugi oblik modifikacije Scrum-a koji je prisutan u praksi jeste u slučaju razvoja velikih i kompleksnih softverskih proizvoda, kada se u Scrum upravljački okvir integrišu i prakse koje nisu tipične za agilan razvoj. Naime praktičari na ovakvim projektima po sopstvenom osećaju koriste neke od elemenata tradicionalnog razvoja, stvarajući na taj način sopstveni hibridni pristup. Praktičari su istakli da u praksi jedno od najosetljivijih pitanja proširenja agilnih procesa predstavljaju arhitekturna pitanja. Ovakvi empirijski rezultati potvrđuju nalaze iz literature.

Naime, agilni procesi ne nude tipične eksplicitne aktivnosti za razvoj softverske arhitekture, kao što su analiza, sinteza i evaluacija, jer one iziskuju dodatne troškove, a ne proizvode adekvatnu poslovnu vrednost [13]. U procesima agilnog razvoja dominira razvoj funkcionalnosti softvera na uštrb razvoja njegove arhitekture. Pristalice agilnog razvoja smatraju koncept metafore i tehnike refaktorisanja adekvatnom zamenom za tradicionalan proces razvoja arhitekture. Po njima, arhitektura nastaje postepeno, nakon svake iteracije, kao rezultat kontinuiranih izmena programskog koda (eng. emergent architecture), a ne kao posledica neke unapred izgrađene strukture [13,14,15].

Nesporno je da agilni procesi omogućuju organizacijama efikasnost, kvalitet i fleksibilnost u prihvatanju promena, ali je za razvoj kompleksnih softvera važno da se koriste eksplicitne arhitekturne prakse [3,16,17].

Tehnika refaktorisanja, kao arhitekturna praksa u procesima agilnog razvoja, može da bude dovoljno uspešna samo ako je dobar visoki nivo dizajna softverske arhitekture, jer se na taj način izbegava visok stepen refaktorisanja, koji uzrokuje visoke troškove razvoja sistema u kasnijim razvojnim fazama [18, 19].

Empirijski rezultati pokazuju da su kompanije u Srbiji svesne potrebe uspostavljanja balansa između agilnog i tradicionalnog načina razvoja softverske arhitekture. Odnosno balans između primene eksplicitnih arhitekturnih praksi i agilnosti razvojnog procesa način je da se agilni procesi stave u funkciju rešavanja izazova koje im nameće razvoj visoko kompleksnih sistema.

Takođe, kompanije gotovo redovno na projektima ovog tipa uključuju u agilni tim i ulogu softver arhitekta, koji

na početku projekta postavlja inicijalnu arhitekturu i donosi ključne arhitekturne odluke. Postavljena arhitektura se potom dalje razvija iterativno.

Pored arhitekturnih pitanja, praktičari su istakli i problem usaglašavanja rada i koordinaciju u slučaju velikog broja agilnih timova na projektu. Na projektima ovakvog tipa smatraju da je neophodno uvođenje nove uloge koja nije tipična za agilno upravljanje projektima. Reč je o menadžeru projekta.

Rezultati istraživanja pokazuju da je samo jedna od 50 kompanija izazove razvoja kompleksnih i velikih softverskih proizvoda rešavala nekim od poznatih okvira kao što su SaFe i DaD. Sve ostale kompanije izazove rešavaju nasumično, prema iskustvu i osećaju, gradeći na taj način sopstveni hibridni pristup za upravljanje razvojem kompleksnih i velikih softverskih proizvoda.

Uvođenje SaFe okvira u kompaniju koja je obuhvaćena istraživanjem, podrazumevalo je dugogodišnju edukaciju zaposlenih u kompaniji, od strane profesionalnog i sertifikovanog agile coach-a za ovaj procesni okvir. Implementacijom ovog okvira kompanija je rešila izazove na koje ranije dugo godina nije uspela da odgovori primenom Scrum okvira.

## 5. ZAKLJUČAK

Iterativna priroda agilnog upravljanja projektima razvoja softverskih proizvoda osigurava brze povratne informacije i povećava ukupnu efikasnost projekta. Timsko povezivanje i spuštanje odgovornosti za projekat na nivo svakog člana tima, doprinosi podizanju ukupnog kvaliteta projekta.

Imajući u vidu sve prednosti koje agilno upravljanje projektima nudi, kao i njegovo opšte prisustvo u IT industriji, može se zaključiti da je malo verovatno da će ga bilo koji drugi pristup zameniti u skorijoj budućnosti.

Trend proširivanja agilnih pristupa, kako bi se adekvatno upravljalo i projektima razvoja kompleksnih i velikih softverskih proizvoda, prisutan je u industriji Srbije.

Kompanije uglavnom Scrum okvir proširuju tradicionalnim elementima kako bi odgovorile izazovima kompleksnih softverskih proizvoda. Jedno od najčešćih polja proširenja Scrum okvira odnosi se na arhitekturna pitanja. Praktičari koriste eksplicitne arhitekturne prakse, koje potiču iz tradicionalnog razvoja, kako bi adekvatno upravljale softverskom arhitekturom na projektu.

Upotreba poznatih hibridnih okvira (SaFe, DaD) za upravljanje projektima razvoja velikih i kompleksnih softverskih proizvoda može se reći da je zanemariva u IT industriji Srbije. Ljudi iz prakse jedva da i poznaju ove okvire, a sem zaposlenih u jednoj kompaniji, nisu se nikada sreli sa njima.

Veću primenu ovih okvira u praksi mogle bi da podstaknu akademske institucije u Srbiji, tako što bi u planove i

programe uključile njihove izučavanje i time buduće praktičare edukovale o njima. Na ovaj način bi se pomoglo IT kompanijama u Srbiji da efikasnije i efektivnije odgovore izazovima upravljanja projektima razvoja kompleksnih i velikih softverskih proizvoda.

## LITERATURA

- [1] Beck, K., Beedle, M., Bennekum, A. et al. (2001). The Manifesto for Agile Software Development. Retrieved from <http://agilemanifesto.org/>
- [2] Matković, P., Tumbas, P., & Sakal, M. (2011). The RSX model: traditionalisation of agility. *Strategic Management*, 16(2), 74–83.
- [3] Nord, R. L., & Tomayko, J. E. (2006). Software architecture-centric methods and agile development. *Software IEEE*, 23(2), 47–53.
- [4] Kruchten, P. (2007). Voyage in the agile memplex. *ACM Queue*, 5(5), 38–44.
- [5] Ambler, S. W., & Lines, M. (2013). *Disciplined agile delivery* (1st ed.). Boston, MA: IBM Press.
- [6] Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook* (2nd ed.). Sage.
- [7] Ambler, W., & Lines, M. (2012). *Disciplined agile delivery: A practitioner's guide to agile software delivery in the enterprise*. Indianapolis, Indiana: IBM Press.
- [8] Ambler, S., & Lines, M. (2016). The Disciplined Agile Process Decision Framework. In *International Conference on Software Quality* (pp. 3–14).
- [9] Mashal, A., & Rozilawati, R. (2016). A Review of Scaling Agile Methods in Large Software Development. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*, 6(6), 828–837.
- [10] Leffingwell, D. (2011). Scaling Agile Framework (SAFe). Retrieved June 2, 2017, from <http://www.scaledagileframework.com/>
- [11] Leffingwell, B. D. (2008). Principles of Agile Architecture. Retrieved from: [https://scalingsoftwareagility.files.wordpress.com/2008/08/principles\\_agile\\_architecture.pdf](https://scalingsoftwareagility.files.wordpress.com/2008/08/principles_agile_architecture.pdf)
- [12] Leffingwell, D. (2018). *Reference Guide: Scaled Agile Framework for Lean Enterprise*. Addison-Wesley Professional; 2 edition.
- [13] Babar, M. A. (2014). Making Software Architecture and Agile Approaches Work Together. In M. A. Babar, A. W. Brown, & I. Mistrik (Eds.), *Agile software architecture* (1st ed., pp. 43–76). Waltham, MA: Elsevier.
- [14] Beck, K. (2004). *Extreme Programming Explained: Embrace Change* (2nd ed.). Boston, MA: Addison-Wesley.
- [15] Thapparambil, P. (2005). Agile architecture: pattern or oxymoron? *Agile Times*, 6(1), 43–48.
- [16] Parsons, R. (2008). Architecture and agile methodologies—how to get along. In *WICSA*.
- [17] Babar, M., & Abrahamsson, P. (2008). Architecture-centric methods and agile approaches. In *Proceedings of the 9th international conference*

- on agile processes and eXtreme programming in software engineering* (pp. 238–243). Limerick.
- [18] Kruchten, P. (2008). Situated agility: context does matter, a lot. In *9th International conference on agile processes and eXtreme programming in software engineering*. Limerick.
- [19] Stal, M. (2014). Refactoring Software Architectures. In *Agile Software Architecture: Aligning Agile Processes and Software Architectures* (pp. 130–152). W: Elsevier.

# AdaBoost algoritam u prepoznavanju igrača na košarkaškim utakmicama

## AdaBoost algorithm in basketball player recognition

Zdravko Ivanković<sup>1</sup>, Dejan Savičević<sup>1</sup>, Velibor Preceviski<sup>2</sup>, Anja Kostic -Zobenica<sup>3</sup>, Branko Markoski<sup>2</sup>  
*Visoka škola srukovnih studija za vaspitače i poslovne informatičare-SIRMIUM, Sremska Mitrovica, Srbija<sup>1</sup>*  
*Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“ Zrenjanin, Srbija<sup>2</sup>*  
*Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad,<sup>3</sup> Srbija*

**Sadržaj** – Data mining u sportu doživljava nagli rast poslednjih godina i polako privlači pažnju najvećih sportskih udruženja. Pre početka primene data mining-a, sportske organizacije su se gotovo isključivo oslanjale na ljudski faktor. Verovalo se da poznavaooci datog sporta (treneri, menadžeri, skauti) mogu uspešno pretvoriti sakupljene podatke u primenljivo znanje. Data mining iz video snimaka se naziva video mining ili kompjuterski vid. Kompjuterski vid predstavlja tehnologiju sa konstantnim rastom i napretkom poslednjih godina. U ovom radu je predstavljena primena kompjuterskog vida u prepoznavanju igrača na košarkaškim utakmicama. Igrači se prepoznaju na video snimcima koji se distribuiraju širokom krugu gledalaca putem televizijskih kuća. To su snimci koji prikazuju teren i košarkaše sa samo jedne kamere u određenom trenutku posmatranja. Negativni aspekti kod praćenja sa snimaka namenjenih gledaocima predstavlja činjenica da se određene akcije prikazuju više puta (ponovljeni snimci), kao i da se prikazuju kadrovi koji nemaju direktne veze sa posmatranom utakmicom (kadrovi publike, najave događaja, intervjui sa poznatim ličnostima ili akterima same utakmice). U ovom radu je predstavljen postupak kreiranja modela igrača pomoću AdaBoost algoritma.

*Ključne reci: Algoritam, AdaBoost, data - mining*

**Abstract** - Data mining in sports has experienced rapid growth in recent years and slowly attracts attention of the largest sports associations. Prior to the beginning of the application of data mining, sports organizations relied almost exclusively on the human factor. It was believed that the connoisseurs of the given sport (trainers, managers, scouts) can successfully convert the collected data into applicable knowledge. Data mining from videos is called video mining or computer vision. Computer vision represents technology with constant growth and progress in recent years. This paper presents the application of computer vision in identifying players in basketball games. Players are recognized on videos that are distributed to a wide range of viewers via television. These are shots showing terrain and basketball players from just one camera at a particular moment of observation. Negative aspects of tracking from videos intended for viewers are the fact that certain actions are shown repeatedly (repeated shots), as well as displaying frames that do not have direct links to the observed game (audience, event announcements, interviews with celebrities or actors themselves). This paper presents the process of creating a model of a player using the AdaBoost algorithm.

Keywords: algorithm, , AdaBoost, data - mining

## 1. UVOD

Sportski događaji su razvojem tehnologije postali dostupni u digitalnoj formi. Korišćenjem velikog broja alata koji su prethodno razvijeni za potrebe pretrage teksta, pretraga video i multimedijalnog sadržaja postaje sve češća u sportu. Automatizovane metode pregleda utakmica se koriste za parsiranje video sadržaja i njegovo prevođenje u formu koja se može pretraživati [1].

Tradicionalna sportska statistika je brzo postala nedovoljna u poređenju sa prednostima koje je donela multimedijalna tehnologija u sportu. U poslednjih nekoliko godina, upotreba video snimaka u svrhu beleženja i izdvajanja određenih događaja radi naknadne analize je postala uobičajena. Trenutno je slučaj da igrači bejzbola u američkoj profesionalnoj ligi posećuju timsku multimedijalnu sobu i proučavaju načine na koje bacač upućuje loptu kako bi se pripremili pre utakmice, ili da bi ispravili igru tokom same utakmice [2]. Vodeća kompanija u analizi video materijala sa bejzbol utakmica je Advanced Media. Advanced media obrađuje digitalni sadržaj Prve bejzbol lige (MLB Major League Baseball), što uključuje uživo prenošenje mečeva gledaocima i web-bazirani MLB Game Day alat koji omogućava praćenje osnovnih informacija o utakmicama. Košarkaši koriste sličan servis za analizu snimaka koji pronalazi određene tipove šuteva ili lokacije sa kojih se šutevi izvode, kao i kretnje igrača u napadu i odbrani [3]. Pre nego što je ova tehnologija postala dostupna, timovi su obično morali da čekaju nekoliko dana da dobiju materijal sa utakmice a zatim da ga parsiraju prema sopstvenim potrebama. Zahvaljujući ovoj tehnologiji, snimci su gotovo momentalno dostupni igračima, trenerima i skautima.

Analiza čovekovih aktivnosti pomoću kompjuterskog vida je veoma rasprostranjena. Njena atraktivnost je bazirana na širokoj oblasti primene i velikoj kompleksnosti. Kompleksnost predstavlja izazov u istraživanju, posmatrano sa čisto akademskog gledišta [4]. Sa stanovišta primene, metode bazirane na kompjuterskom vidu često predstavljaju jedina ne-invaziona rešenja, što ih čini posebno atraktivnim. Sam proces registrovanja pokreta se naziva *beleženje ljudskog pokreta (human motion capture)* [5]. Iako i ovaj termin pokriva veliki broj aspekata, on se uglavnom odnosi na prepoznavanje očiglednih pokreta koje čovek čini (pokreti glave, ruku, torza i nogu). Termin se odnosi i na situaciju kada se subjekat posmatra kao jedan objekat, kao i kada se posmatra kao artikulisano pomeranje skeletne strukture sa visokim stepenom slobode.

Prethodnom definicijom nisu pokriveni pokreti tela sitnijih razmera kao što su izrazi lica i gestikulacije rukom.

Sistem koji se koristi za beleženje ljudskih pokreta, sastoji se od podistema za očitavanje i podistema za procesiranje. Operaciona kompleksnost ovih podistema je obično povezana, tako da velika kompleksnost jednog podistema omogućava odgovarajuću jednostavnost drugog. Ovaj kompromis u kompleksnosti dovodi i do odabira aktivnog ili pasivnog očitavanja. Aktivno očitavanje se odnosi na smeštanje uređaja na sam subjekat u okruženje koje šalje i prima generisane signale [6]. Ovo očitavanje omogućava jednostavnije procesiranje, a nalazi se u širokoj upotrebi kod aplikacija koje rade u lako kontrolisanim okruženjima. Ovo je naročito slučaj kod aplikacija iz treće oblasti primene, analize, i u nekim kontrolnim aplikacijama [6].

Pasivno očitavanje se bazira na "čistim" izvorima signala, npr. svetlost ili elektro magnetni talasi, i ne zahteva postavljanje bilo kakvih uređaja. Izuzetak ovom pravilu predstavlja postavljanje markera na subjekat kako bi se olakšao proces beleženja pokreta. Markeri nisu toliko nametljivi kao uređaji koji se postavljaju kod aktivnog očitavanja. Pasivno očitavanje se uglavnom koristi kod nadzora i u nekim kontrolnim aplikacijama u kojima nije moguće postaviti uređaje na subjekat posmatranja.

Kompjuterski vid, zajedno sa pasivnim očitavanjem, je ponudio alternativu aktivnom očitavanju. Iako se upotreba markera može činiti kao dobar kompromis između aktivnog i pasivnog očitavanja, njihovo postavljanje može biti nepraktično (ili nemoguće).

## 2. ADABOOST

Boosting svoje poreklo vodi od teoretskog okvira za proučavanje mašinskog učenja pod nazivom "PAC" (Probably Approximately Correct) a koji su razvili Kearns i Valiant [7]. Oni su bili prvi koji su postavili pitanje da li "slab" algoritam učenja, koji se ponaša malo bolje od nasumičnog pogađanja u PAC modelu, može biti gradivni element opšte tačnog "snažnog" algoritma učenja. Schapire je razvio prvi dokazani boosting algoritam 1989. godine [8]. Godinu dana kasnije Freund je razvio znatno efikasniji boosting algoritam koji je, iako je bio optimalan u određenim svojstvima, patio od određenih praktičnih nedostataka [9]. Prve eksperimente sa ovim ranim boosting algoritmima izveli su Drucker, Schapire i Simard na OCR (Optical Character Recognition) problemu [10].

AdaBoost, skraćeno od Adaptive Boosting, predstavlja algoritam mašinskog učenja, kog su prvi formulisali Freund i Schapire [11], a koji je rešio veliki broj praktičnih poteškoća sa kojima su se susretali prethodni boosting algoritmi. AdaBoost je adaptivan u smislu da se klasifikatori koji dolaze sledeći na izvršavanje prilagođavaju u smeru onih instanci koje su pogrešno klasifikovane prethodnim klasifikatorima. On je osetljiv na šumovite podatke i podatke koji ne pripadaju skupu koji se traži. Međutim, u nekim situacijama ovaj algoritam može biti manje podložan pamćenju ulaznog skupa u odnosu na

većinu drugih algoritama. AdaBoost poziva slabe klasifikatore iznova i iznova u seriji izvršavanja  $t = 1, \dots, T$  od ukupno  $T$  klasifikatora. Za svaki poziv distribucija težina  $D_t$  se ažurira da ukaže na važnost primera koji se nalaze u skupu podataka za klasifikaciju. U svakoj seriji izvršavanja, težine svakog nekorektno klasifikovanog primera se povećavaju (ili, alternativno, težine svakog korektno klasifikovanog primera se smanjuju), kako bi se novi klasifikatori više fokusirali na te primere. To je meta-algoritam, pa može biti upotrebljen zajedno sa velikim brojem drugih algoritama kako bi poboljšao njihove performanse.

Algoritam kao ulaz dobija skup obuke  $(x_1, y_1), \dots, (x_m, y_m)$  pri čemu svako  $x_i$  pripada određenom domenu ili prostoru instanci  $X$ , a svaka labela  $y_i$  je u određenom skupu labela  $Y$ . U većini slučajeva pretpostavlja se da  $Y = \{-1, +1\}$ , osim kada se posmatra proširenje AdaBoost-a sa više klasa. AdaBoost poziva dati "slabi" algoritam učenja više puta u koracima izvršavanja  $t = 1, \dots, T$ . Jedna od osnovnih ideja algoritma je da se održi distribucija ili skup težinskih faktora nad skupom obuke. Težinski faktor distribucije na primeru obuke  $i$  u koraku  $t$  se označava sa  $D_t(i)$ . Na početku se sve težine postavljaju na istu vrednost, ali u svakom koraku, težine nekorektno klasifikovanih primera se povećavaju pa je slabi algoritam učenja primoran da se fokusira na teže primere u skupu za obuku.

Zadatak slabog algoritma učenja je da pronade slabu hipotezu  $h_t: X \rightarrow \{-1, +1\}$  koja odgovara distribuciji  $D_t$ . Tačnost slabe hipoteze se meri pomoću njene greške:

$$\epsilon_t = Pr_{i \sim D_t}[h_t(x_i) \neq y_i] = \sum_{i: h_t(x_i) \neq y_i} D_t(i) \quad (1)$$

U prethodnom izrazu se može primetiti da se greška meri u odnosu na distribuciju  $D_t$  nad kojom je slabi algoritam učenja obučavan. U praksi, slabi algoritam učenja može biti algoritam koji može koristiti težinske faktore  $D_t$  u uzorcima za obuku.

Ako se posmatra primer prepoznavanja igrača na košarkaškoj utakmici,  $x_i$  odgovara prikazu igrača (stoji nepomično na terenu, upućuje šut ka košu, skače za loptu, igra odbranu, pokušava prodor driblingom, ...), a labela  $y_i$  odgovaraju da li dati prikaz predstavlja košarkaša ili nešto drugo na snimku. Slabe hipoteze su pretpostavke da određeni objekti predstavljaju igrača a podkolekcije koje hipoteza ispituje su odabrane prema distribuciji  $D_t$ .

Kada se dođe do hipoteze  $h_t$ , AdaBoost određuje parametar  $\alpha_t$ . Intuitivno,  $\alpha_t$  meri važnost koja je dodeljena hipotezi  $h_t$ . Sa slike se može videti da je  $\alpha_t \geq 0$  ako je  $\epsilon_t \leq 1/2$ , i da  $\alpha_t$  postaje sve veće kako se  $\epsilon_t$  smanjuje.

Sledeći korak je ažuriranje distribucije  $D_t$  korišćenjem pravila koje je prikazano na slici. Efekat ovog pravila je da se povećavaju težine primera koji su pogrešno klasifikovani pomoću hipoteze  $h_t$ , i da se smanje težine dobro klasifikovanih primera. Dakle, težine pokušavaju da se koncentrišu na "teže" primere.

### 3. OBUKA ADABOOST ALGORITMA

Obuka AdaBoost algoritma je izvršena pomoću biblioteke sa funkcijama OpenCV (Open Computer Vision). To je open source biblioteka javno dostupna na internetu, koju je za svoje potrebe razvio Intel. Korišćeni alat se naziva "HaarTraining" i omogućava kreiranje sopstvenih klasifikatora za prepoznavanje željenih objekata.

Prilikom obuke novog klasifikatora potrebno je proći kroz nekoliko faza:

1. Prikupljanje slika
2. Kreiranje primera
3. Obuka
4. Testiranje

### 4. PRIKUPLJANJE SLIKA

U procesu prikupljanja slika mogu se koristiti različiti izvori. Pošto je u ovom radu cilj prepoznavanje košarkaša na utakmicama, za potrebe obuke su korišćeni snimci emitovani od strane televizijskih kuća. Slike za obuku su dobijene korišćenjem NBA utakmice (Minnesota Timberwolves protiv Los Angeles Lakers). Kako je u pitanju video snimak sa utakmice, korišćen je dodatni softver koji na svakih 0.5 sekundi izdvaja i čuva jedan frejm na, za to predviđenoj, lokaciji na računaru. U pitanju je softver SampleCreator realizovan u C# programskom jeziku i .NET 4.0 framework-u, koji frejmove izvlači upotrebom DirectShow tehnologije. Izgled softvera je prikazan na slici 1.



Slika 1. Prikaz prozora SampleCreator alata za izdvajanje frejmova iz video snimaka

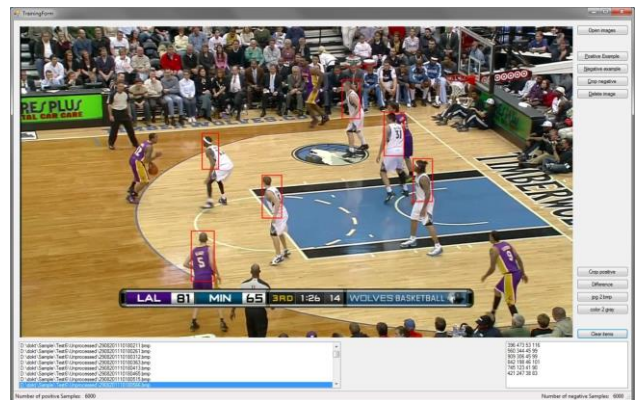
U aplikaciji SampleCreator korišćen je graf filter menadžer kao i njegovo obaveštavanje o nastalim događajima koje se prosleđuje svaki put kada se iz fajla sa video materijalom dobije novi frejm. Ovi frejmovi se prikazuju na ekranu aplikacije, ali se pored toga smeštaju i u pomoćnu promenljivu. Na svakih 0.5 sekundi se dešava događaj tajmera čija obrada ima za cilj da sliku koja je smeštena u pomoćnu promenljivu sačuva na predviđenu lokaciju na računaru, kako bi se kasnije iz nje mogli koristiti objekti u cilju obučavanja AdaBoost algoritma. Ako pretpostavimo da utakmica traje 48 minuta (četiri četvrtine po 12 minuta

u NBA ligi) i da se pored toga dešava veći broj prekida (faulovi, tajm auti, pauze između četvrtina) dolazimo do empirijskog podatka da utakmica u proseku traje oko 100 minuta. Primenom ovakvog načina čuvanja frejmova, iz jedne utakmice se dobije  $100 * 60 * 2 = 12000$  frejmova. Ovo predstavlja dovoljnu količinu podataka da bi se obučio AdaBoost algoritam. Ovaj algoritam radi sa crno belim slikama tako da sama boja dresova ne predstavlja veći problem da se već obučeni algoritam primeni na drugim timovima.

### 5. KREIRANJE PRIMERA

Primeri predstavljaju objekte od interesa nad kojima se vrši obuka i koje želimo da pronađemo na posmatranim slikama. U zavisnosti od posmatranih objekata, različiti autori su koristili različite veličine skupova za obuku (5000 primera prilikom detektovanja lica [12], 6000 primera prilikom detektovanja pešaka [13], dok se 7000 primera preporučuje u zvaničnoj dokumentaciji za obuku koju je dao OpenCV). Kreiranje skupa za obuku se vrši tako što se iz početne slike iseku objekti. Za potrebe isecanja korišćen je softver SampleCreator. On omogućava da se obeleže svi objekti, pri čemu se zadržava odnos između širine i visine. Na slici 2. je prikazan proces obeležavanja košarkaša koji će biti korišćeni u obuci.

Na slikama se može videti da nisu svi košarkaši obeleženi kao pozitivni primeri. Razlog je u tome što pojedini objekti mogu loše uticati na obuku ako se ne vide jasno, ako ulaze ili izlaze iz kadra, ili ako su zaklonjeni od strane drugih objekata. Neki košarkaši nisu označeni i zbog same pozadine koja bi ušla u proces obuke, a koja bi najverovatnije loše uticala na sam AdaBoost algoritam. Neoznačeni košarkaši neće smetati u procesu obuke jer se pozitivni primeri isecaju iz slike i "lepe" na negativne primere, na unapred definisanu lokaciju.



Slika 2. Prikaz prozora za obeležavanja košarkaša

Kreiranje skupa za testiranje pomoću createsamples alata se vrši postavljanjem jedne pozitivne slike na pozadinu, prilikom čega se primenjuje krivljenje date slike, kao i promena njene veličine. U ovom slučaju potrebno je navesti sledeće opcije: -img (pozitivna slika), -bg (fajl koji sadrži imena negativnih primera i njihove putanje) i -info (fajl koji se generiše, a koji će sadržati sliku za testiranje zajedno sa lokacijom pozitivnog primera na njoj). Pored ovoga se mogu navesti opcije za visinu i širinu, koje će

predstavljati minimalnu veličinu primera ugrađenog u sliku za testiranje. Primeri slika za testiranje su dati na slici 3.



Slika 3. Primer slike za testiranje

## 6. OBUKA

Obuka AdaBoost klasifikatora je izvršena upotrebom "haartraining" alata koji je razvijen u okviru OpenCV-a. Osnovni cilj AdaBoost algoritma obuke jeste:

- da se odabere nekoliko skupova karakteristika, koje predstavljaju moguće pojavljivanje objekata od interesa
- da se obuču jak klasifikator, koji predstavlja linearnu kombinaciju najboljih karakteristika

Što se tiče skupa za obuku i veličine primera koji se za to koriste, Kuranov i dr. [12] su pokazali da se najbolji rezultati u prepoznavanju postižu kada su dimenzije lica smanjene na 20x20 piksela. Ako se koristi veličina slika za obuku od 20x20 piksela, tada se koristi ukupno 125199 karakteristika. U obuci algoritma koji sadrži slike odnos između širine i visine na slikama ne može biti 1:1. Zbog toga su slike smanjene na 20x36 (392394 karakteristike).

Isti autori su takođe predložili i da se koristi obuka u 20 faza. Ako se kao parametri obuke iskoriste podešavanja netačnih pozitivnih od 0.5 i stepen prepoznavanja od 0.999, nakon celokupne obuke može se očekivati da stepen netačnih pozitivnih bude  $[0.5]^{20} \approx 9.6e-07$ , a da stepen prepoznavanja bude  $[0.999]^{20} \approx 0.98$ .

Opcija "nonsym" se koristi kada klasa objekata za koju se vrši obuka ne poseduje vertikalnu simetriju. Ako objekti poseduju ovu simetriju, kao što je slučaj kod ljudskih lica, treba koristiti opciju "sym (default)". Ova opcija ubrzava procesiranje, jer se prilikom obuke koristi samo jedna polovina (leva ili desna) Haar karakteristike.

Tip korišćenog klasifikatora se određuje pomoću opcije "bt". Ponudena su četiri tipa klasifikatora i to:

- DAB – Discrete AdaBoost
- RAB – Real AdaBoost
- LG – Logit Boost
- GAB – Gentle AdaBoost

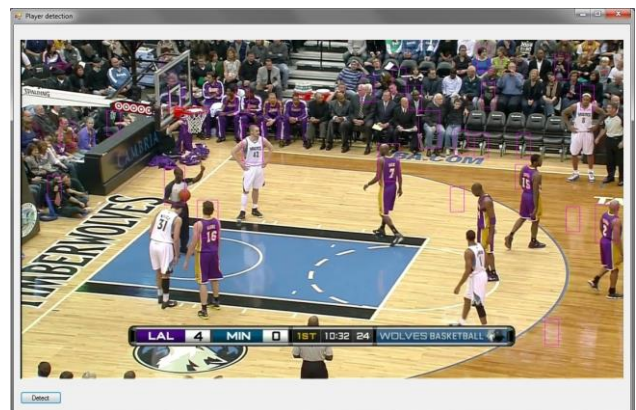
Kuranov i dr. [12] dokazali su da GAB postiže najbolje rezultate u prepoznavanju objekata, a pri tome je i najbrži

algoritam kada se posmatra vreme potrebno za obuku. Zbog toga je u obuci korišćen upravo ovaj tip klasifikatora.

Obuka se može završiti i u nekoj od podfaza kada se pređe željeni minimalni stepen pretrage ili stepen netačnih pozitivnih, jer će dodatne faze zasigurno još smanjiti ovaj stepen (0.99 nakon trenutne \* 0.99 za sledeću = 0.9801 nakon sledeće). Još jedan razlog za završetak obuke jeste da su svi primeri odbijeni kao neispravni. U ovom slučaju neophodno je povećati broj primera u skupu za obuku.

Obuka skupa koji se sastoji od gornjeg dela tela košarkaša je protekla uspešno. Ovaj skup ne uključuje ruke i noge košarkaša, pa je samim tim daleko više ujednačen. Pored toga i količina pozadine na ovim slikama je daleko manja, a samim tim i šum. Prilikom obuke alat "haartraining" u konzoli daje izlaz pomoću kog je moguće pratiti sam proces obuke.

Ako se rezultati obuke uvrste u aplikaciju i izvrše nad proizvoljnim primerom kreiranim iz košarkaške utakmice, dobija se rezultat kao što je prikazano na slici 4. Sa slika se može uočiti da algoritam korektno prepoznaje približno dve trećine košarkaša. Pored toga, algoritam je dao veliki broj netačnih pozitivnih prilikom analize publike (prepoznati su kao košarkaši). Među prepoznatim objektima se nalaze i neki neočekivani rezultati, kao što su delovi parketa prikazani jednom bojom.



Slika 4. Rezultat prepoznavanja igrača

## 7. TESTIRANJE

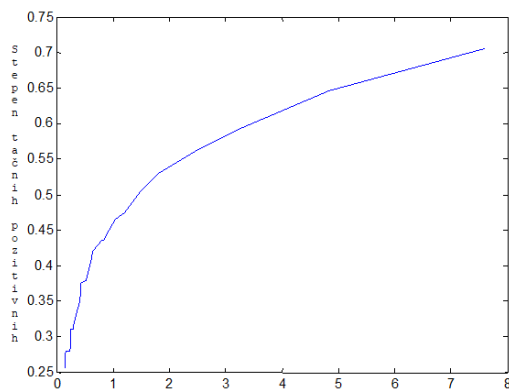
Kako bi se procenile performanse obučenog klasifikatora, potreban je skup slika na kojima će biti označena tačna lokacija objekata koji se traže. Kada takva kolekcija ne postoji, primeri za testiranje se mogu kreirati pomoću jednog objekta upotrebom createsamples alata. Postupak kreiranja skupa za testiranje je sličan sa skupom za obuku, jer je svaki primerak iz skupa za testiranje zapravo pozadinska slika na koju je na proizvoljnu lokaciju postavljena instanca objekta, koji je tom prilikom zakrivljena i razvučena.

U ovom radu su izmerene performanse obuke izvršene nad skupom koji koristi gornji deo tela košarkaša. Pomoću rezultata dobijenih merenjem performansi, kreirana je ROC (Receiver Operating Characteristic) kriva. One

predstavlja grafički prikaz osetljivosti, tj. odnos tačnih pozitivnih naspram netačnih pozitivnih, za binarni klasifikacioni sistem.

Algoritam je kao rezultat dao broj objekata koji su prepoznati (Hits), broj objekata koji nisu prepoznati i koji predstavljaju netačne negativne (Missed) i broj objekata koji su klasifikovani kao pozitivni, a zapravo ne predstavljaju tražene objekte (False). Ako se posmatraju sve slike koje su korišćene u procesu testiranja, može se videti da je algoritam od 200 primera, koliko je korišćeno u testiranju, ispravno klasifikovao 141 objekat (70.5%). Preostalih 59 objekata algoritam nije prepoznao (29.5%). Pored toga, algoritam je 1520 objekata prepoznao kao tražene objekte, iako oni to zapravo nisu. To znači da algoritam, pored jednog uspešno prepoznatog objekta, prepozna u proseku još sedam do osam objekata kao pozitivne, a da oni to zapravo nisu.

Ostatak izlaza se može predstaviti pomoću ROC krive kao što je dato na slici 5. Ova kriva prikazuje koliko uspešno prepoznavanje možemo očekivati kada dopustimo određeni stepen netačnih pozitivnih. Sa slike se može videti da, kada dozvolimo sedam i više netačnih pozitivnih, tada je stepen pogodaka oko 70%. Smanjenjem dozvoljenog broja netačnih pozitivnih se smanjuje i procenat tačnih pozitivnih, odnosno korektnih pogodaka. Ovo smanjenje je približno linearno do vrednosti 2 za stepen netačnih pozitivnih, u kojoj je procenat korektnih pogodaka malo ispod 55%. Daljim smanjivanjem stepena netačnih pozitivnih, stepen tačnih pozitivnih opada eksponencijalno i ukoliko ne dozvolimo netačne pozitivne, odnosno kako se ova vrednost približava nuli, može se očekivati samo oko 25% uspešnih prepoznavanja.



Slika 5. ROC kriva prepoznavanja igrača

## 8. ZAKLJUČAK

Primena kompjuterskog vida u analizi sportskih događaja predstavlja dosta čestu praksu, pogotovo poslednjih godina. Košarka, kao jedan od najpopularnijih sportova u koji se ulažu i velike količine novčanih sredstava, ne odstupa od ovog trenda. Za razliku od nekih drugih sportova, ona se igra isključivo u dvoranama, što olakšava proces analize zbog konstantnog osvetljenja. Dodatne prednosti u analizi utakmica predstavlja činjenica da svi igrači u jednom timu imaju istu boju dresova, kao i to da je veliki broj igrača konstantno u vidnom polju kamere.

Prilikom analize košarkaških utakmica, mogu se primeniti tri pristupa: analiza upotrebom markera koji se postavljaju na same košarkaše, analiza upotrebom većeg broja sinhronizovanih kamera koje pokrivaju ceo teren i analiza upotrebom snimka sa samo jedne kamere. U ovom radu je korišćen treći tip analize, odnosno analiza utakmice pomoću snimaka koji se emituju putem televizijskih stanica. Ovakav tip analize sa sobom donosi najveću količinu pretpostavki i nepreciznosti, jer su košarkaši često zaklonjeni od strane drugih košarkaša ili se nalaze van trenutnog vidnog polja aktivne kamere. Nedostatak predstavlja i činjenica da se u ovoj analizi pomeraju i kamera i objekti koji se prepoznaju, što predstavlja veliki problem u praćenju objekata.

Postupak prepoznavanja košarkaša je urađen upotrebom Gentle AdaBoost algoritma, koji je obučavan na skupu slika koje su predstavljale slike gornjeg dela tela košarkaša (glava i telo bez ruku i nogu). Kao rezultat dobijen je algoritam koji se može primeniti u cilju prepoznavanja košarkaša na utakmicama. Ovaj algoritam je pokazao tačnost od približno 70%, što aplikacijama koje ga koriste ne daje veliku praktičnu primenljivost. Pored toga, algoritam je veliki broj oblasti na slikama okarakterisao kao košarkaše (netačni pozitivni).

Ovaj rad je predstavio stepen primenljivosti AdaBoost algoritma u procesu prepoznavanja igrača na košarkaškim utakmicama, bez bilo kakve prethodne obrade slike. U cilju poboljšanja dobijenih performansi, mogle bi se primeniti tehnike oduzimanja pozadine koje bi na terenu ostavile samo objekte koji najverovatnije predstavljaju košarkaše, nad kojim bi se zatim primenio algoritam obuke. Dodatno poboljšanje bi se postiglo mapiranjem oblasti od interesa, što u posmatranoj primeni predstavlja sam teren. Na ovaj način bi se odstranilo sve što se ne nalazi na terenu, a što bi samu pretragu učinilo bržom i preciznijom. Još jedno moguće poboljšanje bi predstavljala obuka AdaBoost algoritma po delovima tela (glava, noge, ruke, torzo), koje bi zatim bile kombinovane u cilju prepoznavanja košarkaša.

## LITERATURA

- [1] R. Schumaker, O. Soliman, and H. Chen, *Sports data mining*.: Springer, 2010.
- [2] M. Lewis, *Moneyball*. New York: W.W.Norton & Company, 2003.
- [3] M.H. Chang, M.C. Tien, and J.L. Wu, "WOW: Wild-open warning for broadcast basketball video based on player trajectory," *ACM Multimedia*, vol. 4, pp. 821-825, 2009.
- [4] T. Moeslund, A. Hilton, and V. Kruger, "A Survey of Advances in Vision-based Human Motion Capture and Analysis," *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 104, pp. 90-126, 2006.
- [5] Thomas Moeslund and Erik Granum, "A Survey of Computer Vision-Based Human Motion Capture,"



*Computer Vision and Image Understanding*, no. 81, pp. 231-268, 2001.

[6] Thomas Moeslund, "Interacting With a Virtual World Through Motion Capture," *Interaction in Virtual Inhabited 3D Worlds*, p. chap. 11, 2000.

[7] M. Kearns and L.G. Valiant, "Learning boolean formulae on finite automata is as hard as factoring," Harvard University Aiken Computation Laboratory, Technical Report TR-14-88 1988.

[8] R.E. Schapire, "The strength of weak learnability," *Machine Learning*, vol. 5, no. 2, pp. 197-227, 1990.

[9] Y. Freund, "Boosting a weak learning algorithm by majority," *Information and Computation*, vol. 121, no. 2, pp. 256-285, 1995.

[10] H. Drucker, R. Schapire, and P. Simard, "Boosting performance in neural networks," *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, vol. 7, no. 4, pp. 705-719, 1993.

[11] Y. Freund and R.E. Schapire, "A decision-theoretic generalization of on-line learning and an application to boosting," *Journal of Computer and System Sciences*, vol. 55, no. 1, pp. 119-139, 1997.

[12] A. Kuranov, R. Lienhart, and V. Pisarevsky, "An empirical analysis of boosting algorithms for rapid object with extended set of haar-like features," Intel Technical Report MRL-TR-July02-01, 2002.

[13] P. Viola, M.J. Jones, and D. Snow, "Detecting pedestrians using patterns of motion and appearance," *International Journal of Computer Vision*, vol. 63, no. 2, pp. 153-161, 2005.

# GENETSKI ALGORITAM ZA REŠAVANJE JOB SHOP PROBLEMA

## GENETIC ALGORITHM FOR SOLVING JOB SHOP SCHEDULING

Jana Vugdelija<sup>1</sup>, Zoran Rakićević<sup>2</sup>  
*Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu<sup>1</sup>*  
*Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu<sup>2</sup>*

**Sadržaj** – Ovaj rad predstavlja primenu metaheuristike genetski algoritmi na Job Shop problemu raspoređivanja. Job Shop predstavlja problem raspoređivanja operacija obrade nekoliko proizvoda na nekoliko mašina, pri čemu proizvodi mogu imati različit redosled obrade. Ovaj problem predstavlja sastavni deo procesa operativnog planiranja proizvodnje i pružanja usluga u preduzećima. U radu je ukratko objašnjen job shop problem raspoređivanja, kao i metaheuristika genetski algoritmi. Zatim je predstavljen razvijeni softverski alat, kao i rezultati njegove primene na bechmark primeru (Taillard-ove instance) problema Job Shop. Dobijeni rezultati su upoređeni sa najboljim ostvarenim koji je poznat u naučnoj literaturi.

**Ključne reči:** Job Shop, genetski algoritmi, metaheuristike, problemi raspoređivanja, planiranje proizvodnje

**Abstract** - This paper presents the application of a genetic algorithm metaheuristics in the Job Shop scheduling problem. The job shop is a problem of scheduling several products on several machines where all the products have different processing route. This problem is an integral part of the operational planning of production and servicing process in enterprises. The paper briefly presents job shop scheduling problem and genetic algorithm metaheuristics. The developed software tool is presented afterwards, as well as the results achieved on benchmark example (Taillard's instances) of a job shop problem. Archived results are then compared to the best results known in scientific literature.

**Keywords:** Job Shop, genetic algorithms, metaheuristics, scheduling problems, production planning

### 1. UVOD

Heurističke metode koriste se za rešavanje različitih vrsta kompleksnih problema i predstavljaju metode zasnovane na nekom logičkom pravilu na osnovu kojeg dolaze do rešenja [1]. Heuristike ne garantuju pronalazjenje najboljeg rešenja, ali efikasno dolaze do rešenja koje je dovoljno dobro za korisnika (na primer rešenje koje zadovoljava zadata ograničenja) [2]. Heuristike se mogu podeliti na konstruktivne heuristike i heuristike lokalne pretrage [3]. Savremene metaheurističke metode su brojne, raznovrsne i moguće ih je klasifikovati na više načina. Jedna podgrupa ovih metoda su metaheuristike inspirisane prirodom, čiji značajan deo čine evolutivni algoritmi [4]. Genetski algoritmi pripadaju grupi populacionih stohastičkih algoritama evolutivne optimizacije [4]. Ideja o primeni simuliranih evolutivnih

procesa sa ciljem kreiranja mašine koja uči potiče iz 1950. godine i izneo ju je Alan Turing [5]. Sam koncept genetskih algoritama razvio je Holland sedamdesetih godina dvadesetog veka [6], a razvojem tehnologije u oblasti računarstva omogućena je značajna primenu u različitim oblastima.

U ovom radu genetski algoritam primenjen je u rešavanju problema raspoređivanja Job Shop. Rad je organizovan u 5 poglavlja. Nakon uvoda predstavljen je Job Shop problem raspoređivanja i teškoće u njegovom rešavanju i razlozi za izbor upravo genetskih algoritama za implementaciju u ovaj softverski alat. U sledećem poglavlju objašnjena je opšta struktura genetskog algoritma, kao i načini na koje je opšti algoritam prilagođen rešavanju Job Shop problema. U četvrtom poglavlju predstavljene su mogućnosti realizovanog softverskog alata i na kraju, u zaključku, date su moguće primene i dalji plan razvoja.

### 2. JOB SHOP PROBLEM

Job Shop problem jedan je od najkompleksnijih problema koji se tiču planiranja proizvodnje [7]. Označava određivanje što boljeg redosleda kojim će se poslovi (na primer obrada dela proizvoda) izvršavati na datom skupu mašina [8]. Za slučaj kada postoji  $m$  mašina i  $n$  poslova koje treba obaviti problem se može opisati sledećim pretpostavkama:

1. Poslove  $J_1, J_2, \dots, J_n$  je potrebno obaviti na mašinama  $M_1, M_2, \dots, M_m$ .
2. Za svaki od poslova poznat je redosled prema kom će taj posao obilaziti raspoložive mašine. Ne mora se svaki posao izvršavati na svakoj mašini. Svaki posao može svaku mašinu posetiti najviše jednom.
3. Za svaki posao zadato je vreme izvršavanja na svakoj mašini, odnosno u vidu matrice zadato je vreme realizacije  $i$ -tog posla na  $j$ -toj mašini  $t_{ij}$  za  $i=1, 2, \dots, n$  i  $j=1, 2, \dots, m$ .
4. Svi poslovi su istovremeno raspoloživi (od trenutka  $t=0$ )
5. Svaka mašina može izvršavati samo jedan posao u datom trenutku. Realizacija jednog posla mora biti završena da bi rad na sledećem poslu mogao da počne.
6. Svaki posao može se izvršavati samo na jednoj mašini u datom trenutku.
7. Svi poslovi su jednakog prioriteta. Ne postoji prednost jednog posla pri obradi u odnosu na drugi [9].

Potrebno je naći optimalan redosled izvršavanja operacija na svakoj mašini tako da ukupno vreme realizacije svih

poslova na svim mašinama bude minimalno. *Job Shop* spada u grupu *NP*-kompletnih problema, što znači da se sa malom promenom dimenzija ulaza dimenzije problema značajno povećavaju [10]. Za ovakve probleme ne postoji algoritam rešavanja polinomijalne složenosti, što znači da bi rešavanje *NP*-kompletnih problema (osim za probleme malih dimenzija) zahtevalo izuzetno mnogo vremena [11]. Kako je *Job Shop* problem veoma značajan i prisutan u svakodnevnoj praksi proizvodnih preduzeća, postojala je potreba za pronalaženjem metoda koje će ovaj problem rešavati pronalaženjem „dovoljno dobrog“ rešenja za „dovoljno dobro“ vreme. Odatle je jasno da se za rešavanje *Job Shop* problema najčešće koriste različithe heurističke metode. Jedna od značajnih prednosti metode genetskih algoritama u odnosu na veliki broj drugih heuristika je ta što se primenom genetskog operatora mutacije može iz datog rešenja preći u bilo koje drugo rešenje, što omogućava genetskom algoritmu prevazilaženje lokalnog optimuma [7]. Za sve metode koje napreduju tako što iz datog rešenja prelaze u susedno bolje rešenje prevazilaženje lokalnih optimuma predstavlja veliki izazov [2].

### 3. GENETSKI ALGORITAM

Kod evolutivnih algoritama (kao i drugih algoritama inspirisanih prirodom) prirodni procesi se simuliraju i primenjuju na rešavanje problema matematike i informatike [12]. Genetski algoritmi su algoritmi lokalne pretrage koji se baziraju na algoritmima za simulaciju procesa genetske evolucije jedne populacije jedinki pod dejstvom okruženja i genetskih operatora [13]. Osnovna ideja genetskih algoritama jeste da se potencijalno rešenje nekog problema predstavi „jedinkom“: strukturom podataka čiji su elementi „geni“, a da se zatim na skup jedinki, koji se naziva „populacijom“, iterativno primenjuju evolutivni procesi i tako stvaraju nove jedinke koje predstavljaju nova potencijalna rešenja. Ti evolutivni procesi, koji se nazivaju genetskim operatorima, su: selekcija, ukrštanje i mutacija i inspirisani su pojmovima i procesima iz teorije evolucije Čarlsa Darvina [14]. Prilikom implementacije genetskog algoritma u rešavanju problema *Job Shop* postavlja se pitanje na koji način će elementi procesa biti kodirani, sa ciljem što lakšeg i bržeg izvršavanja operacija nad njima. U ovom radu svako rešenje predstavljeno je kao struktura podataka koja sadrži attribute redosled poslova na mašinama – *schedule* i ukupno vreme potrebno za izvršavanje – *time*. Redosled je predstavljen kao niz nizova, odnosno niz mašina gde je za svaku mašinu definisan niz u kome je zapisan redosled poslova koji će se na njoj izvršavati. Na primer, rešenje: [M1: [1,3,2]; M2: [2,1]; M3: [1,2,3]], 18 označava da će se na mašini 1 prvo obavljati prvi posao, zatim treći i na kraju drugi, na mašini 2 drugi pa prvi, dok će se na mašini 3 poslovi izvršavati po redosledu *J1*, *J2*, *J3*, pri čemu ukupno vreme izvršenja za ove redoslede iznosi 18 vremenskih jedinica. Metoda rešavanja implementirana je na sledeći način:

1. **Inicijalizacija** – Početna populacija generisana je na slučajan način (moguće je koristiti i neko od pravila prioriteta u raspoređivanju poput *SPT*-

*shortest processing time*, *FCFS* – *first come first served* i druga). U ovom slučaju korišćena je metoda koja na osnovu ulaznih matrica redosleda mašina za svaki posao i normativa vremena za izvršavanje svakog posla na svakoj mašini generiše rešenje gde su za svaku mašinu poslovi koji se na njoj obavljaju sortirani u redosledu kojim su navedeni (u početnom slučaju prema rastućoj vrednosti indeksa posla). Korišćenjem metode koja transformiše početnu matricu zamenom redosleda kojim su poslovi navedeni i zatim pozivanjem početne metode dati broj puta za različite redoslede generiše se cela inicijalna populacija.

2. **Selekcija** – Nakon generisanja početnih redosleda, za svaki se izračunava ukupno vreme trajanja procesa, što se koristi kao ciljna funkcija i kriterijum prema kojem se populacija sortira u rastućem poretku. Obezbeđeno je da se ulaznim parametrom zadaje koji procenat najboljih jedinki populacije, prema ukupnom vremenu izvršenja, se koriste za generisanje potomstva.
3. **Ukrštanje** – U programu su implementirane tri metode ukrštanja za genetske algoritme:
  - 3.1. *OnePointX* (ukrštanje sa jednim presekom) – princip gde se pseudoslučajnim izborom određuje pozicija do koje će dete naslediti genetski materijal prvog roditelja, a od date pozicije do kraja zapisa prepisuju se geni drugog roditelja. U ovom slučaju to znači da će za prvih nekoliko mašina dete preuzeti raspored koji ima prvi roditelj, a za ostale mašine raspored drugog. Na primer, sledeći rasporedi sa indeksom pozicije 2 će dati navedeni rezultat:  

$$\begin{matrix} [1,2,3] & [2,3,1] & [1,2,3] \\ [2,1,3] & \times [1,2,3] & \Rightarrow [2,1,3] \\ [1,3,2] & [3,2,1] & [3,2,1] \end{matrix}$$
  - 3.2. *TwoPointX* (ukrštanje sa dva preseka) – slično kao i u prethodnoj metodi, s tim što se ovog puta biraju dve pozicije pri čemu dete od početka do prve izabrane pozicije preuzima materijal prvog roditelja, zatim od prve do druge pozicije materijal drugog roditelja, i na kraju nakon druge pozicije ponovo od prvog.
  - 3.3. *RandomMachinesX* – u ovoj metodi se za svaku mašinu slučajnim izborom sa određenim faktorom verovatnoće bira da li će je dete preuzeti od prvog ili drugog roditelja.
4. **Mutacija** – Pre procesa mutacije sve jedinke iz postojeće i nove populacije se ponovo sortiraju prema vrednosti ciljne funkcije. Za razliku od standardnog genetskog algoritma gde je faktor mutacije konstantan, u ovom slučaju verovatnoća mutacije nije ista za sve jedinke. Ulaznim parametrima se definišu verovatnoća mutacije najbolje i najlošije jedinke, dok verovatnoća mutiranja svih ostalih jedinki predstavlja linearnu funkciju između ove dve vrednosti i povećava se u

skladu sa kretanjem kroz populaciju od boljih jedinki ka lošijim. Kreirane su 3 metode mutacije:

4.1. *Twors* (zamena dve pozicije) – slučajnim izborom određuje jednu mašinu u čijem će redosledu zameniti pozicije obavljanja dva slučajna posla.

Na primer: [2,4,3,1] (pozicije 2,4) [2,1,3,4]

4.2. *DisplaceSegment* – za jednu slučajno izabranu mašinu određuje segment niza koji premešta na drugu poziciju.

Na primer:[2,4,3,5,1] [2,1,4,3,5]

4.3. *PartialShuffle* – na slučajno izabranoj mašini svaki element sa određenom verovatnoćom zameni sa nekim drugim elementom niza.

5. **Evaluacija** – Skup jedinki se nakon mutacije ponovo sortira i najboljih  $n$  jedinki prelaze u sledeću generaciju. Pamti se najbolje postignuto rešenje. Proces se ponavlja dok se ne dostigne zadat broj generacija.

#### 4. EKSPERIMENT I REZULTATI

Softverski alat realizovan je u okruženju *Microsoft Visual Studio*, u programskom jeziku C#. Testiran je na 9 primera iz grupe *Taillard*-ove instance [15] dimenzija 15x15, odnosno korišćen je za rešavanje problema raspoređivanja 15 poslova na 15 mašina, gde svaki posao obilazi svaku mašinu po jednom, sa različitim redosledima izvršavanja. Eksperiment koji je prikazan u nastavku zasnivao se na rešavanju serije od 9 primera više puta uz varijacije nekih od ulaznih parametara. Zatim su dobijeni rezultati analizirani na sledeći način: prvo je za svaki set parametara izračunata suma vrednosti rešenja za svih 9 primera, nakon čega su dobijene sume upoređene međusobno sa ciljem određivanja najboljih vrednosti ulaznih parametara. U navedenom eksperimentu varirani su parametri tip mutacije i tip ukrštanja, dok su ostali parametri bili fiksni. Vrednosti fiksnih parametara su iznosile: verovatnoća mutacije najbolje jedinice: 0,02; verovatnoća mutacije najgore jedinice: 1,0; stopa ukrštanja: 0,6; veličina populacije: 50 jedinki i broj generacija: 70 000. Vrednosti dobijenih rešenja u odnosu na varirane parametre prikazane su na Slici 1. Iako je primarni cilj ovog eksperimenta bio određivanje optimalnih vrednosti parametara, na Slici 2 predstavljen je i uporedni prikaz dobijenih rešenja i najboljih ostvarenih rezultata poznatih u literaturi [15]. Prosečno vreme rada softvera na rešavanju jednog primera sa jednim setom parametara, za date ulazne podatke, bilo je manje od 3 minuta. Takođe, neophodno je napomenuti da genetski algoritmi daju bolje rešenje sa povećanjem vremena izvršavanja (odnosno broja generacija i veličine populacije) i broja pokušaja, i da je u planu dodatni test većeg vremena rada sa optimalnim vrednostima ulaznih parametara dobijenim gore navedenim tipom testiranja.

Vrednosti parametara		Vrednosti konačnih rešenja								
Ukrštanje	Mutacija	Primer 1	Primer 2	Primer 3	Primer 4	Primer 5	Primer 6	Primer 7	Primer 8	Primer 9
OnePoint	Twors	1505	1384	1700	1540	1454	1700	1685	1397	1668
TwoPoint	Twors	1457	1587	1553	1470	1501	1713	1889	1409	1551
RandMach	Twors	1559	1355	1627	1487	1480	1748	1545	1409	1622
OnePoint	PartShuf	1628	1564	1674	1775	1666	1752	2143	1742	2151
TwoPoint	PartShuf	1852	1690	1647	1671	1808	1758	1948	1922	1853
RandMach	PartShuf	1707	1686	1763	1788	1611	1845	2016	1760	1930
OnePoint	DisplSeg	3128	3482	3007	3082	3292	3213	2826	3360	3795
TwoPoint	DisplSeg	3301	3716	3285	2867	2823	3370	2912	3104	3277

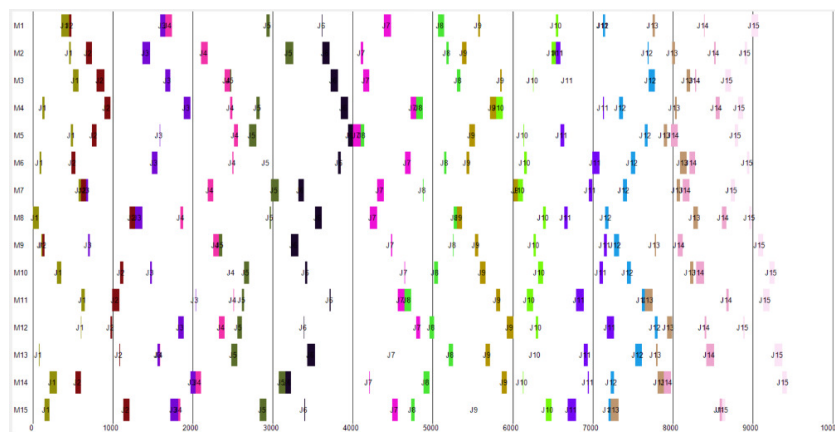
Slika 1. Tabelarni prikaz dobijenih rezultata

	pr1	pr2	pr3	pr4	pr5	pr6	pr7	pr8	pr9
Najbolje									
dobijeno rešenje	1457	1355	1553	1470	1454	1700	1545	1397	1551
Benchmark									
(lower bound)	1005	953	1036	973	940	1134	1103	980	1020
Apsolutna razlika	452	402	517	497	514	566	442	417	531
Odstupanje u %	0.4498	0.4218	0.499	0.5108	0.5468	0.4991	0.4007	0.4255	0.5206
Prosečno odstupanje u %									0.479%
Benchmark									
(upper bound)	1231	1244	1222	1181	1233	1243	1228	1220	1282
Apsolutna razlika	226	111	331	289	221	457	317	177	269
Odstupanje u %	0.1836	0.0892	0.2709	0.2447	0.1792	0.3677	0.2581	0.1451	0.2098
Prosečno odstupanje u %									0.2165%

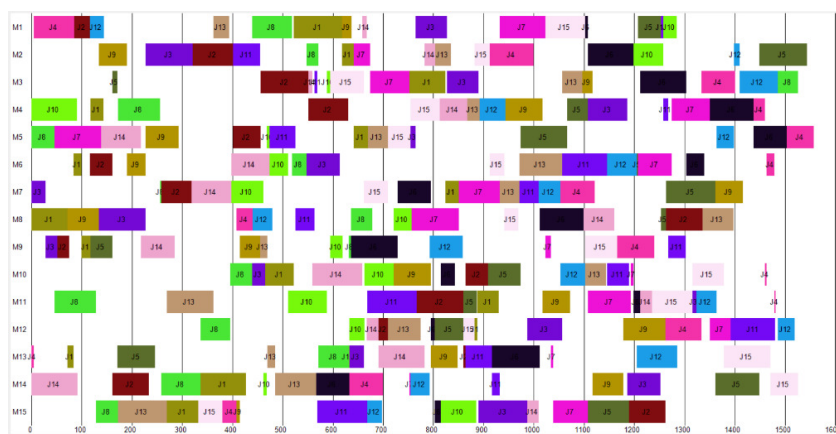
Slika 2. Uporedni prikaz dobijenih i najboljih poznatih rešenja

Mogućnosti softvera u kome je implementirana metaheuristika genetski algoritmi se dalje opisuju. Primarna svrha softverskog alata jeste rešavanje *Job Shop* problema. Radi komfornije upotrebe programa omogućeno je da se ulazni podaci ne ukucavaju pojedinačno, već da se učitavaju iz tekstualnog fajla. Rezultat rada može se videti grafički prikazan na gantogramu, ili u tekstualnom fajlu gde se u vidu matrice ili teksta ispisuje izabrani redosled izvršavanja zadataka na mašinama. U cilju lakšeg praćenja i boljeg razumevanja rada uvedena je mogućnost prikazivanja napretka tokom izvršenja programa. Napredovanje se takođe može pratiti na dva načina: vizuelno, odnosno ažuriranjem gantograma i u tekstualnom fajlu gde se svaki put nakon zadatog broja generacija dopisuju novodobijena najbolja rešenja. Na Slici 3 i Slici 4 prikazan je napredak u rešavanju zadatog problema (15x15) od početnog rešenja koje je dobijeno primenom pravila prioriteta *First Come First Served* do jednog od krajnjih rešenja dobijenog primenom genetskog algoritma uz definisanu veličinu populacije, definisanu stopu i tip ukrštanja i mutacije i određen broj iteracija u kojima se realizuju ovi procesi i dobijaju nove populacije rešenja. Ako uporedimo početno rešenje (Slika 3) i krajnje rešenje (Slika 4), dobijen je rezultat koji je od početnog uspešniji preko 5 puta, pri čemu je vreme izvršavanja softvera iznosilo je 90 sekundi.

Omogućeno je i testiranje većeg broja primera odjednom, radi objektivnije procene uspešnosti softvera. Takođe, prilikom pokretanja grupnog testiranja, moguće je rešavati zadate primere veći broj puta, uz varijacije parametara genetskog algoritma. Ulazne vrednosti koje mogu varirati su: broj generacija, veličina populacije, tip ukrštanja, tip mutacije, stopa ukrštanja (procenat jedinki koje će stvarati potomstvo), verovatnoća mutacije najbolje jedinice i verovatnoća mutacije najgore jedinice.

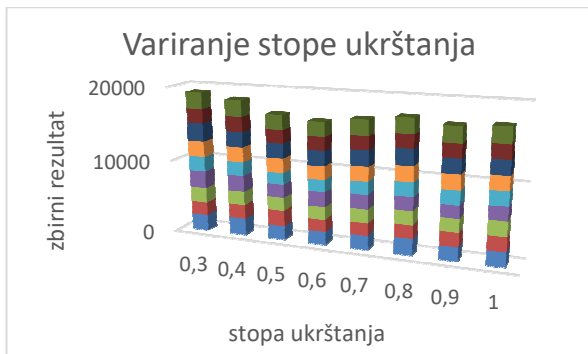


Slika 3. Gantogram početnog rešenja



Slika 4. Gantogram krajnjeg rešenja

Rezultati grupnog testiranja ispisuju se u vidu *Excel* tabele koja je veoma pogodna za upoređivanje vrednosti, eventualna dodatna izračunavanja, prikazivanje svih ili delova rezultata u vidu različitih grafikona, i kao takva predstavlja izuzetnu osnovu za dalju analizu podataka i unapređenje algoritma. Na Slici 5 se može videti uporedni prikaz dobijenih rešenja pri promeni ulaznog parametra stope ukrštanja, gde je svaka vrednost testirana na istih 9 test primera i prikazani su sumarni rezultati.



Slika 5. Grafički prikaz uporedne analize dobijenih vrednost

Kao što je opisano u prethodnom poglavlju, nakon primene softvera na navedenim primerima i sa zadatim

setovima parametara, prvo su za svaku od vrednosti variranog parametra sabrani dobijeni rezultati za svih 9 primera, a zatim su dobijene sume grafički predstavljene i upoređene međusobno.

## 5. ZAKLJUČAK

Prikazani softverski alat može se upotrebiti za efikasno rešavanje širokog spektra problema raspoređivanja. Neke od mogućih primena su: određivanje rasporeda i redosleda proizvodnje proizvoda po mašinama, raspored transportnih sredstva i njihovih posada u procesu transporta (avio, saobraćaj, železnica), različiti sistemi rezervacija i raspored časova, raspoređivanje utakmica na sportskim turnirima itd. Primenom navedenog alata u rešavanju problema uobičajenih dimenzija u roku nekoliko minuta dobijaju se pregledni rezultati pogodni za dalju analizu. Neki od planova daljeg razvoja softverskog alata su: uvođenje dodatnih atributa među kojima su koeficijent značajnosti poslova, rok izvršavanja, periodi dostupnosti, i slično, kao i uvođenje novih kriterijumskih funkcija, poput minimalnog kašnjenja ili minimalnog ukupnog odstupanja od zadatih rokova.

## LITERATURA

[1] Marti R., Panos P. and Resende M., Handbook of Heuristics, Springer International Publishing, 2017.

- [2] Krčevinac S., Čangalović M., Kovačević-Vujčić V., Martić M., Vujošević M., Operaciona Istraživanja 2, Fakultet organizacionih nauka, 2006.
- [3] Zapfel G., Braune R., Bogl M., Metaheuristic Search Concepts: A Tutorial with Applications to Production and Logistics, Springer Science & Business Media, 2010.
- [4] Mitchell M., An Introduction to Genetic Algorithms, MIT Press Cambridge, 1998.
- [5] Turing A. M., Computing Machinery and Intelligence, Mind, Vol. 59, No. 236 pp. 433–460.
- [6] Holland, J. H. "Adaptation in natural and artificial systems: an introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence". MIT press, 1992.
- [7] Mattfeld D. C., Evolutionary Search and the Job Shop: Investigations on Genetic Algorithms for Production Scheduling, Springer Science & Business Media, 2013.
- [8] Rakićević Z., Podrška operativnom planiranju proizvodnje i upravljanju resursima u malim i srednjim preduzećima – doktorska disertacija. Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2018.
- [9] Kuhpfahl J., Job Shop Scheduling with Consideration of Due Dates, University of Halle, Springer, 2015.
- [10] Pinedo M. L., Scheduling Theory, Algorithms, and Systems, Prentice Hall, 2008.
- [11] Cormen T., Leiserson C., Rivest R., Introduction to Algorithms, MIT Press, 2003.
- [12] Bozorg-Haddad O., Solgi M., Loaiciga H.A., Meta-heuristic and Evolutionary Algorithms for Engineering Optimization, John Wiley & Sons, 2017.
- [13] Pezzella, F., G. Morganti, and G. Ciaschetti. "A genetic algorithm for the flexible job-shop scheduling problem." Computers & Operations Research, Vol. 35, No. 10 pp. 3202-3212.
- [14] Stanojević P. S., Egzaktne i metaheurističke metode za rešavanje NP-teških lokacijskih problema, Matematički fakultet, Beograd, 2016.
- [15] Taillard, E. "Benchmarks for Basic Scheduling Problems". European Journal of Operational Research, Vol. 64, No. 2, pp. 278-285, 1993.

# The DSS for agriculture in Serbia – Current state and perspectives

## Sistem za podršku odlučivanju u poljoprivredi Srbije – stanje i perspektive

Žaklina Stojanović, Emilija Manić, Irena Janković  
*University of Belgrade, Faculty of Economics*

**Abstract** – Different datasets have been collected for farm management purposes in Serbia. However, most of them haven't been fully transformed into efficient management tool, either from farmers or agricultural policy makers' point of view. The agricultural sector efficiency improvement in Serbia should be based on integrated agricultural information system - fit to support the sector planning and every day practices.

**Sadržaj** – U Srbiji se za potrebe upravljanja na farmi prikupljaju različiti podaci. Ipak, većina ovih podataka nije još uvek u potpunosti transformisana u efikasno, podržavajuće sredstvo za upravljanje kako iz perspektive poljoprivrednih proizvođača, tako i iz gula donosioca odluka u domenu agrarne politike. Unapređenje efikasnosti agrarnog sektora u Srbiji treba da bude bazirano na integrisanom poljoprivrednom informacionom sistemu – sposobnom da podrži planiranje i svakodnevnu praksu

### 1. INTRODUCTION

A modern agricultural management is data-driven, based on an enormous set of specific information collected and analyzed to assist farmers and policy makers in generating efficient practices. For example, over 72% of land under corn is currently included in some type of precision agriculture practice in the USA [ARMS, 2017]. Up to 80% of new farm equipment sold in EU has some form of precision agriculture component technology inside [CEMA, 2016] Farmers in a modern agricultural sector rely on decision support system (DSS). This system is usually supported by government as it creates equal chances for all stakeholders in the food chain.

Mankind is simply "programmed" to analyze different problems and to constantly search for improved solutions. Constant increase of demand for food due to population growth, changing dietary patterns, food security and safety issues, as well as rising environmental impact of intensive agricultural practices (land and biodiversity degradation, water contamination, climate change etc.) have largely influenced changes in agricultural production. These changes have initiated further productivity growth with parallel reduction of negative environmental impacts of improved agricultural practices. From the historical point of view, different IT solutions

have been applied in agriculture all over the world [Kamilaris, 2017].

However, despite the generated big data, the promise to farmers remains largely unfulfilled. While different set of data collected in agriculture have been available for years, the ability to use these data as a supporting tool in decision making process both at micro and macro level are still in the early stages. The paper aims to shed light on different set of data available in Serbia as a potential tool for management in agriculture. The particular attention is paid to necessity to merge different datasets in order to implement integrated farm and agribusiness management in the practice.

### 2. IS THE RURAL SERBIA READY FOR SMART AGRICULTURE?

According to the OECD classification (areas with a population density less than 150 in h/km<sup>2</sup>), 22 districts in Serbia out of 25 (excluding Kosovo and Metohija - KIM) are referenced as rural ones. This is about 90% of the Serbian territory where around 66% of the Serbian population lives (excluded KIM). These rural areas are characterized by high agriculture production dependence, primarily due to the small diversification of economic activities. An extensive production dominates, with a high degree of unemployment in agriculture and significant informal employment. It is a space that is characterized by a poorly developed infrastructure, expressed by the emigration process and by the continuous decline of the population. The agricultural production of most agricultural households is traditional (extensive), characterized by oscillations and high dependence on climatic conditions, property saturation, lack of investment, outdated equipment and very poor organization. There are frequent problems with the purchase of various agricultural products, as well as the strong pressure of the competition from the surrounding countries that supply the Serbian market with a large quantity of cheaper products. The exception to the described model is partly the area of Vojvodina, where the parcels are much bigger, and where production has

achieved economies of scale. On such farms, modern technologies are already being applied.

Such a state of agriculture sector in Serbia, with huge regional disparities, demands serious and profound analysis. Only the analysis based on qualitative and proper data gathered through well-established monitoring system can provide valid results. These outputs are the basis for proper management and planning in the agriculture sector, modelling solutions at different spatial scales or solutions for single unit such as farm. However, various barriers exist related to big data implementation in the practice - starting from the mining phase (reliable sources, reliable infrastructures, technical methods to handle data mining etc.), including capability to storage data, analyse data using multi-model tools and to provide managerial information for decision making in real time. Finally, acceptance of big data in the practice will rely only on the end-user capacity to digest information. Data chain should consider all relevant elements related to data capture, data storage, data transfer, data transformation, data analytics and data marketing [Wolfert et al., 2017].

Even if the situation in Serbia is not so bright (particularly concerning the last remark), huge set of data are available and can be used for DSS in agriculture. GIS and FADN are on the good track to be very supportive for decision making at micro level.

## 2.1. GIS IN AGRICULTURE

The geographic information system (GIS) has long history of usage in different areas. This is especially characterized in the spatial consuming activities such as agriculture. GIS is used there as monitoring system as well as support decision system so that it could be considered through two different aspects [Grisso, B., 2009, Manić, E., 2009, 2010] - firstly, through the concept of "precision of agriculture" and, secondly as a decision support system in the planning and management of agriculture and rural development. GIS for "precision" agriculture enables the real time management of the production process (cultivation of agricultural land, sowing and harvest works, usage of fertilizers and chemical inputs, but also to plan future work based on timely information directly from arable land) [Adrian M., Dillard Ch., Mask P, 2005; Tayari, E., 2015]. In the planning and management of agriculture sector, GIS has been recognized as power tool. It provides the spatial referenced inputs for proper management through monitoring process. In the same time, that is important elements for the planning as well. This is especially important for the state sector and local government in their decision process.

The usage of GIS in the Serbian agriculture is still at the beginning. So far it is more at the project level than systematically founded. Several large and a whole series of small GIS projects, considering agriculture and rural environment, have been carried out until today. That was one more confirmation of the possibilities and applicability of GIS in Serbian agriculture sector. However, it seems that there is still no real commitment to establish GIS as a valid instrument for monitoring, management and planning agriculture. This is even more peculiar when today huge amount of agriculture data is available. Using different techniques for data collecting it is possible to create big spatial databases regular updating. And once an effective monitoring system of agriculture sector is created, it is much easier to get familiar with the space in which agriculture activity takes place. All the preformed analysis and solutions modelling have greater level of validity.

As it was describe, there are two basic aspects of using GIS in the agriculture. The "precision" agriculture in Serbia just takes place through several different projects. It was applied on singular farms and some corporative units, with a highly appraisal of its efficiency ("BioSensa" institute projects and first digital farm in Serbia, "GDi solutions" projects for corporative clients, etc). This aspect of GIS usage definitely has future, especially because producers have recognized its applicability.

However, there are much broader and divers possibilities of GIS agriculture application in management and planning process. In this sense, there are small numbers of project that has been launched so far in Serbia. One that is most interesting is the project of GIS implementation for the Provincial Secretariat for Agriculture of the Autonomous Province of Vojvodina. This system included two key segments: management of agriculture and agricultural production. The management of agriculture was a very challenging task, but it was based on the well-known Tomlinson methodology [Tomlinson, R., 2013]. In the first phase of the project implementation, it included management of competitions, inspection supervision, agricultural and advisory services, soil fertility control, and damage control in agriculture. The agricultural production segment is based on the basic principles of "precise agriculture" with the elements of soil quality monitoring and the state of agricultural crops. Several main aspects for the use of GIS, set by various users, are explained below.

**Monitoring of agricultural land** - each year significant budgetary funds for subsidies and aid were allocated to producers. So far there was no or very modest insight or quality monitoring how these funds are spending. Within



the database set, there are sets of data on all vacancies announced by the competent authorities. The search of the database can be done on the basis of the type of competition, whereby the realization of the awarded funds of the competition in the field is monitored. In addition, GIS enables the updating of data and monitoring the status of certain segments in agriculture of interest for inspection (crops, water areas, forest areas, and hunting holdings) on a daily basis. On the basis of spectral analysis using remote sensing, it is possible to determine the type of crop on certain plots and in this way to cover all parts to which inspection supervision cannot arrive.

**Land management in state ownership** - a geodatabase of all the land that is in state ownership has been created up to the level of cadastral parcel. Besides the basic data on character and ownership of the parcel, the database also contains data on the status of the given parcel in the area of land lease (free plots, leased parcels, exempt parcels, lots in the tender), the history of using the parcel (if any) yields, type of land, use of subsidies and loans for given parcels, etc.

**Agricultural and advisory services** - use GIS for determining and controlling the fertility of arable through physical and chemical analysis. Each point from which the land is sampled is entered into the GIS, so that its exact location in the cadastral plot can be seen and known. After a certain time, a series of collected data may indicate changes in the physical or chemical composition of the soil, which is directly related to its quality. Such decision-makers are crucial in determining the type and amount of savings that will improve the quality of the land, and depending on what the land is intended for. Particularly interesting is the monitoring of crop quality, which can be done using satellite images through determining the vegetation index of crops (the amount of chlorophyll in the plants shows the development stage of the plant).

**Management of agricultural production** - involves overhaul monitoring of agricultural production (data on types of works undertaken on a particular cadastral plot, as well as types of crops). Such monitoring provides reliable information to the agricultural producer, but it is even more important that it provides a framework for planning future changes. Within this framework, it is also possible to apply the mechanism of "precise agriculture". It integrates geospatial technologies. The aim is to accurately dimension the amount of artificial fertilizers and crop conservation on the observed parcels. It takes into account all the characteristics of the given plots, the current level of yield, the planned yields, and the state of land and crops in a certain shorter sampling time. The

work of the advisory agricultural service is particularly important here because through the GIS it is possible to send data and information to producers at the daily level, thus adjusting the use of agro-technical measures.

Created and implemented GIS in agricultural management on the territory of Vojvodina is open for further upgrading. It will probably go in several directions. Currently, the most interesting part is the management of risks in agriculture and cooperation with insurance companies. The insurance company determines the amount of crop insurance premiums, among other things, on the basis of the risk to which the plots are exposed. In order to determine this premium as precisely as possible, the insurer needs as reliable information about the types of risks for the given territory, their occurrence and frequency, their strength, possible damage so far, and the like. GIS is an ideal environment that allows users to summarize all these types of data including data on the given plot, ownership, and all other characteristics (time analysis of agricultural production, character of production, application of agro-technical measures, application of anti-hazard measures, possible subsidies and steal, etc.).

## 2.2. FARM ACCOUNTANCY DATA NETWORK

The Farm Accountancy Data Network (FADN) is a tool for evaluating the income of agricultural holdings and the impacts of agricultural policy in Europe. The legal basis for the organization of the network was launched in 1965. Serbia has joined the group of FADN European countries recently. Currently, the FADN data are collected from 1400 farms in Serbia on yearly basis. Derived from national surveys, the FADN is the only source of microeconomic agricultural data that is harmonized across the EU countries. The information collected, for each farm, includes approximately 1000 variables

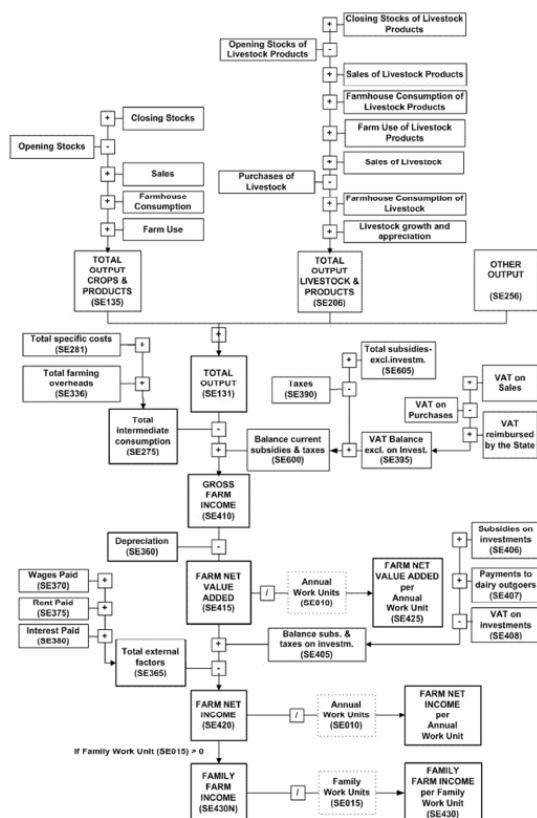
Version : 1242/2008 (EC) ▾	Version : 1242/2008 (EC) ▾
<b>Size Classes</b>	<b>ES6 grouping</b>
1 < 2 000 EUR	1 2 000 - < 8 000 EUR
2 2 000 - < 4 000 EUR	2 8 000 - < 25 000 EUR
3 4 000 - < 8 000 EUR	3 25 000 - < 50 000 EUR
4 8 000 - < 15 000 EUR	4 50 000 - < 100 000 EUR
5 15 000 - < 25 000 EUR	5 100 000 - < 500 000 EUR
6 25 000 - < 50 000 EUR	6 >= 500 000 EUR
7 50 000 - < 100 000 EUR	
8 100 000 - < 250 000 EUR	
9 250 000 - < 500 000 EUR	
10 500 000 - < 750 000 EUR	
11 750 000 - < 1 000 000 EUR	
12 1 000 000 - < 1 500 000 EUR	
13 1 500 000 - < 3 000 000 EUR	
14 >= 3 000 000 EUR	

**Picture 1: Farm size (ESU)**

Source:

[http://ec.europa.eu/agriculture/rica/diffusion\\_en.cfm](http://ec.europa.eu/agriculture/rica/diffusion_en.cfm)

The variables in a specific questionnaire called Farm Return refer to: (1) physical and structural data, such as location, crop areas, livestock numbers, labour force, etc; (2) economic and financial data, such as the value of production of the different crops, stocks, sales and purchases, production costs, assets, liabilities, production quotas and subsidies, including those connected with the application of policy measures. Based on the survey, so called, standard results are calculated and they represent a set of statistics that are periodically produced. They describe the economic situation of farmers by different groups and in different regions (NUTS levels).



**Scheme 1 - FADN Standard Results: income indicators calculation scheme**

Generally, different types of farming and size classes are set. Variables defined in the standard results represent averages. Themes include following:

- Income
- Sample & Population
- Structures and yields
- Structures & Use of agricultural area
- Structures & Livestock
- Production
- Production & Crop
- Production & Livestock
- Costs & Input
- Costs & Intermediate consumption
- Costs & Specific
- Costs & Farming overheads
- Costs & External factors

- Subsidies
- Subsidies & Crops
- Subsidies & Livestock
- Balance subsidies and taxes
- Balance sheet & Assets
- Balance sheet & Liabilities
- Financial situation
- Summary
- All

Version : 1242/2008 (EC) ▾	Version : 1242/2008 (EC) ▾
<b>General TF</b>	<b>TF14</b>
1 Specialist field crops	15 Specialist COP
2 Specialist horticulture	16 Specialist other fieldcrops
3 Specialist permanent Crops	35 Specialist wine
4 Specialist grazing livestock	36 Specialist orchards - fruits
5 Specialist granivore	37 Specialist olives
6 Mixed cropping	38 Permanent crops combined
7 Mixed livestock	45 Specialist milk
8 Mixed crops-livestock	49 Specialist cattle
9 Non classifiable	48 Specialist sheep and goats
<a href="#">[Detail]</a>	20 Specialist horticulture
	50 Specialist granivores
	60 Mixed crops
	70 Mixed livestock
	80 Mixed crops and livestock
	<a href="#">[Detail]</a>
<b>TF8</b>	
1 Fieldcrops	
2 Horticulture	
3 Wine	
4 Other permanent crops	
5 Milk	
6 Other grazing livestock	
7 Granivores	
8 Mixed	
<a href="#">[Detail]</a>	

**Picture 2. Different types of farming (FADN)**

Source:

[http://ec.europa.eu/agriculture/rica/diffusion\\_en.cfm](http://ec.europa.eu/agriculture/rica/diffusion_en.cfm)

In the EU countries, data collected throughout FADN system are available for policy makers (monitoring of subsidies, defining of measures etc.) and farmers (analysis of economic results at the specific farm included in the FADN, comparison with the average farm in sector and regions, investment and credit). Data can be reached easily for each country, region and sector (Source: [http://ec.europa.eu/agriculture/rica/database/database\\_en.cfm](http://ec.europa.eu/agriculture/rica/database/database_en.cfm)).

### 3. CONCLUSIONS

The application of geospatial technologies, such as GIS, enables the agricultural producer to know and analyze the locations suitable for production. In this way, various control instruments can be formulated and implemented in order to optimize inputs and maximize output and profit. Quality information that farmers or other decision-makers receive from GIS provide an efficient and effective resource management and production along with continuous productivity maximizing. This is especially important in the light of growing competition that Serbian agriculture is faced to, during the process of opening its market to the foreign producers and traders. The knowledge about the rural space, the system and

processes starts to be the most essential part of the good agriculture management and planning at any scale.

Other data, separately generated by statistical office or extension service (surveys), are extremely important as well. All these data should support DSS for management purposes at the farm and policy level. At the moment, stakeholders in the food chain often discuss about usefulness of different datasets. They are neither integrated or user friendly. The sector efficiency can be improved only if different sources of information are combined to assist managerial decisions. The extension service is the first line user of such system and can help dissemination among agricultural producers. On the other hand, government should be more aware of DSS for agriculture and farming as a strategic tool.

## LITERATURA

- [1] Adrian A.M., Dillard Ch., Mask P. "GIS in Agriculture", ed. Pick B.J. *Geographic Information Systems in Business*, Idea Group Publishing, Hershey 2005.
- [2] Agricultural Resource Management Survey (ARMS), USDA, 2017.
- [3] Farming 4.0: the future of agriculture? ANSEMAT, CEMA, Eurostat, Boston Consulting Group, EcAMPA 2 report - Joint Research Center, Spanish Ministry of Agriculture, 2016.
- [4] Grisso, B. (2009), Precision Farming: A Comprehensive Approach. Retrieved on 1st October 2012 from <http://pubs.ext.vt.edu/442/442-500/442-500.html>
- [5] Kamilaris, A., Kartakoullis A. and Prenafeta-Boldu F.X., „A review on the practice of big data analysis in agriculture“, *Computers and Electronics in Agriculture*, 143, pp. 23-37, 2017.
- [6] Manić, E. (2009). „GIS bazirane tehnologije i njihova primena u poljoprivredi“, *Glasnik SGD* br.2, Geografski fakultet u Beogradu, Beograd, 2006.
- [7] Manić, E., Geografski informacioni sistemi i prostorne analize u trgovini, CID – Ekonomski fakultet Uiverzitet u Beogradu, Beograd, 2010.
- [8] Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine. 2016. FADN rezultati sa poljoprivrednih gazdinstava (Farm Return) 2015.
- [9] Tayari, E., Jamshid, A., Z., Goodarzi, H.,R. "Role of GPS and GIS in precision agriculture", *Journal of Scientific Research and Development* 2 (3), pp. 157-162, 2015.
- [10] Tomlinson, R. Thinking about GIS – Geographic Information System Planning for Managers, fifth edition. ESRI pres: Redlends, CA, 2013.
- [11] Wolfert, S., Ge, L, Verdouw, C. And Bogaardt M.J., „Big data in Smart Farming, A review“, *Agricultural Systems* 153, pp. 60-80, 2017.
- [12] [http://ec.europa.eu/agriculture/rica/diffusion\\_en.cfm#tdov](http://ec.europa.eu/agriculture/rica/diffusion_en.cfm#tdov)

Priorities such as integration of agricultural producers at the global market (efficient food chain management), better predictions regarding yields and demand (market forecast), improvement of pest management and land quality protection (optimization techniques), and simulations for environmental phenomena should find the right place on policy agenda. Self-operating robots in agriculture are not future any more, and the new picture of a modern farmer and agriculture is completely challenging. What will be the next?

## AKNOWLEDGMENT

This research has been supported by SUFISA PROJECT, which has received funds from the EU's Horizon 2020 research and innovation programme under Grant Agreement No 635577 (2015-2019).

# ANALIZA UTICAJA SSD I MAGNETNIH DISKOVA NA PERFORMANSE SQL SERVERA

## ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF SSD AND MAGNETIC DISCS ON THE PERFORMANCE OF SQL SERVER

Atanasijević Jordan<sup>1</sup>, or evi Borislav<sup>2</sup>, Stanković Nevena<sup>3</sup>  
*Generalštab Vojske Srbije<sup>1</sup>, GARDA, Beograd*  
*Institut Mihailo Pupin<sup>2</sup>, Novi Sad*  
*ZU AP „Oaza zdravlja“<sup>3</sup>, Beograd*

**Sadržaj** – Rad predstavlja komparativnu analizu uticaja SSD i magnetnih diskova na performanse SQL Servera pod Windows operativnim sistemom. Rad uključuje komparaciju performansi predstavnika SSD diskova i SATA magnetnih diskova pod Microsoft Windows Server 2016 operativnim sistemom. Performanse ispitivanih diskova se mere korišćenjem ExpressProfiler-2.1 programa. Dobijeni rezultati pokazuju da se upotrebom SSD diskova ostvaruju bolje performanse u procesima prikazivanja, unosa, ažuriranja i brisanja zapisa baze podataka, koje su ostvarene manjim utroškom procesorskog vremena, kao i manjim brojem itanja i pisanja po disku.

**Abstract** - The paper presents a comparative analysis of the impact of SSDs and magnetic disks on the performance of SQL Server under the Windows operating system. The work includes a comparison of performance of representatives of SSDs and SATA magnetic disks under Microsoft Windows Server 2016. The performance of the tested discs is measured using the ExpressProfiler-2.1 program. The obtained results show that using SSD disks achieves better performance in the processes of displaying, inputting, updating and deleting database records, which are achieved by the lower processing time of the processor, as well as the smaller number of read and write from the disk.

### 1. UVOD

Poslednjih godina došlo je velikih poboljšanja u arhitekturi računara, a sa aspekta disk tehnologije to se ogleda u povećanoj brzini okretanja diskova, od 10K-15K obrtaja, skraćivanjem vremena pozicioniranja, poboljšanim mehaničkim kašnjenjima i boljim tehnikama keš baferisanja.

Posebnu novinu u disk arhitekturi predstavljaju novi SSD diskovi, bazirani na NAND-flash tehnologiji, karakteristično po tome što omogućavaju da se zapisani podaci zadržavaju i nakon prestanka napajanja električnom energijom. Ova tehnologija, zahvaljujući odsustvu mehanike ispoljava izuzetne performanse, izuzetnu pouzdanost i malu potrošnju.

Jedno od najvažnijih uskih grla performansi baze podataka je fizički trošak obavljanja I/O operacija (unos, ažuriranje, brisanje i prikaz rezultata obrade). Podaci se nalaze na disku, a disk je mehanička sprava. Ta sprava sadrži mašinske delove, koji se kreću i itaju kodirane podatke sa ploče koja se vrti. Ove aktivnosti traju određeno vreme i sve što može skratiti to vreme može unaprediti performansu.

Način na koji se može optimizovati pristup disku je upotreba solid state memorijskih uređaja (SSD).

Solid state uređaj je ustvari računarska memorija koja je konfigurisana da radi kao hard disk. Kada se podaci učitavaju sa SSD-a ne postoji fizička komponenta I/O operacija – podaci se nalaze u memoriji i prebacuju se iz memorije u SUBP, a zatim tamo gde su traženi. Objekte baze podataka sa zahtevima za visokim performansama bi trebalo smeštati na SSD umesto na fizičke hard diskove, RAID uređaje ili mreže skladišta podataka. Ipak, upotreba SSD-a ima neke moguće probleme. Prvi su troškovi. Tek od skora su po etni troškovi SSD-a opali. Drugi je postojanost. Neki SSD zahtevaju stalni izvor energije da bi se sprečilo brisanje podataka. U takvim slučajevima treba pripremiti planove kopiranja i povratka podataka za objekte BP.

Windows Server 2016 je moderan, sofisticiran i modern operativni sistem, koji nije namenjen samo upravljanju lokalnim hardverom, već i kompletnim okruženjem, bilo realnim – fizičkim, bilo virtuelnim.

### 2. CILJ RADA

Cilj rada je da se ispituju performanse SQL Servera 2017 na dve različite disk tehnologije: magnetni i SSD diskovi. Ispituju se performanse SATA-3 diska, tipičnog predstavnika magnetnih diskova, i SSD diska. Diskovi su testirani pod istim uslovima, u istom hardverskom okruženju i pod istim operativnim sistemom [1].

### 3. SSD TEHNOLOGIJA

SSD (*Solid State Drive*) je uređaj za skladištenje podataka koji koristi solid-state memoriju (poluvodičnu memoriju). SSD je električni, mehanički i softverski kompatibilan sa magnetnim hard diskovima. U slučaju SSD diska medium za skladištenje podataka nije magnetni, kao što je to slučaj sa hard diskom, već *solid state* (vrsto stanje) poluprovodnički, kao što su EPROM (*Erasable Programmable Read Only Memory*), FLASH, DRAM (*Dynamic Random Access Memory*) i drugi. SSD nemaju ni pokretne delove, niti komplikovanu mehaniku, kao što je slučaj kod *hard* diskova, čime su manje osetljivi od HDD. Osim toga, ovi diskovi su neupijni (osim ukoliko se ne koristi neki ventilator za hlađenje). Ovakve karakteristike omogućavaju manje vreme pristupa podacima, jer se podacima može pristupiti istom brzinom bez obzira na kojoj lokaciji u memoriji se nalaze. Vreme pristupa kod SSD ne zavisi od sinhronizacije glave za upis i čitanje sa sektorom podataka (*data* sektor) na rotirajućem disku. SSD su otporni na fizičke vibracije, udarce i ekstremne temperature kao i na jaka magnetna polja koja mogu da oštete hard diskove.

Većina SSD proizvođača koristi *flash* memoriju za konstrukciju kompaktnijih uređaja [2]. Ovi SSD

zasnovani na *flash* memorijskoj osnovi su poznati kao *Flash Drive* i ne zahtevaju prisutnost baterije. esto su primenjivane iste forme kao kod standardnih disk drajvova: 1.8 inch, 2.5 inch, 3.5 inch.

Koriš enjem *flash* memorije u okviru SSD je omogu eno uvanje podataka i u slu aju iznenadnog prekida napajanja. Kada su u pitanju operacije sa velikim fajlovima SSD su zahvaljuju i nedostatku pokretnih delova sporiji od DRAM i od tradicionalnih hard diskova, ali su boljih performansi po pitanju brzine pristupa. Osnovne komponente SSD drajva su keš, energetska skladište i NAND ipovi.

**Keš:** SSD zasnovan na *flash* memoriji koristi malu koli inu DRAM kao keš, sli no kao keš memorija kod *hard* diskova.

**Energetsko skladište:** kondenzator ili baterije, koja je potrebna da bi se podaci koji se nalaze u keš memoriji upisali u *flash* memorije kada do e do prekida napajanja.

**NAND ipovi:** sa pove anjem broja paralelnih NAND i ipova se poboljšavaju performanse SSD. NAND ip je relativno spor zbog uskog (8/16 bit) asinhronog IO interfejsa. Propusni opseg se pove ava dodavanjem NAND ipova u paralelnu vezu.

Na tržištu postoje SSD sa bržim *flash* drajvovima uvode i tehnologiju *data striping* (deljenje podataka, odnosno metod kojim se više diskova povezuje u jednu logi ku disk jedinicu). Time je omogu eno da se razviju ultra brzi SSD sa 250 MB/s efektivnom brzinom prenosa podataka, koja je i maksimalna brzina prenosa podataka SATA interfejsa. Osnovne prednosti SSD u odnosu na HDD su [3]: brže pokretanje (*start-up*), brže vreme pristupa i ne ujnost.

Osim toga, kada su u pitanju SSD *flash* drajveri sa malim kapacitetom, mala je potrošnja struje i disipacija toplote pri aktivnom koriš enju. U slu aju SSD sa velikim kapacitetom se javlja pove ana potrošnja struje usled ve eg broja primenjenih *flash* ipova. Tako e, SSD se odlikuju ve om mehankom pouzdanoš u, kao i otpornoš u na udarce, vibracije i ekstremne temperature. To sve ih ini veoma korisnim za laptopove, mobilne ra unare i ure aje koji rade u ekstremnim uslovima.

SSD imaju ve i raspon operativne temperature. Obi an *hard* disk ima raspon radne temperature od 5 do 55 stepeni C, dok SSD funkcioniše na 70 i više stepeni (industrijski SSD). U odnosu na HDD, SSD nemaju potrebe za pokretnim delovima, ime su manje dimenzije i težine.

Osnovne mane SSD tehnologije u odnosu na HDD su: cena (SSD je zna ajno ve a po GB od HDD), kapacitet (daleko manji kapacitet odnosu na HDD). Osim toga, SSD imaju duže vreme upisa. SSD zasnovani na *flashu* imaju blokove od 0.5 do 1 MB pa su daleko sporiji pri malim upisima i mogu imati problema sa fragmentacijom. SSD zasnovan na DRAM tehnologiji nema ovaj problem.

#### 4. TEHNOLOGIJA MAGNETNIH DISKOVA

Magnetni diskovi se odlikuju jako velikom gustinom pakovanja magneta i solidnom brzinom transfera sa mediuma, ali poseduju pokretne delove i velika mehankaka kašnjenja od kojih su dve komponente najdominantnije. To su vreme pozicioniranja (*seek time*) i vreme rotacionog kašnjenja (*rotational latencies*). Oba vremena su reda veli ine msec, što je ogromno vreme u odnosu na savremene procesorsko-memorijske komponente.

#### 5. ANALIZA PERFORMANSI SQL SERVERA U ZAVISNOSTI OD VRSTE DISKOVA

Hardverska konfiguracija sistema se sastoji od nekoliko osnovnih komponenti: (a) CPU i njegova u estanost (b) mati na plo a servera (c) sistemska RAM memorija (d) drugonivovska CPU keš memorija (e) disk kontroler i (f) diskovi. Svi testovi predstavljeni u ovom radu su obavljani u okviru sistema definisanog u tabeli 1:

<b>Procesori</b>	Intel(R) Core(TM)
CPU Model	i3 4150 CPU @3.50GHz
Broj CPU jezgara	2
Brzina CPU	3.50GHz
L2 keš	3MB
<b>Memorija</b>	
RAM	4 GB
Brzina memorije	1333MHz
<b>Diskovi</b>	
SATA	HGST DS7SAC500-500GB
SSD	SanDisk SDSSDA-G27 120 GB
Operativni sistem	Windows Server 2016 Datacenter

Tabela 1. Konfiguracija sistema

Za predstavnika magnetnih diskova je izabran **HGST DS7SAC500 - 500GB**, detaljno predstavljen u tabeli 2:

<b>SATA-3: HGST DS7SAC500-500GB</b>	
Kapacitet	500GB
Interfejs	SATA-3
Cache Buffer	8 MB SDRAM
Prose no pronalženje	14msec(read) 15msec(write)
Prosecno kasnjenje	4.17msec
Rotaciona brzina	7200 rpm
Brzina prenosa podataka ( <i>Buffer To Disk</i> )	1589 Mbits/s (Max)
Maks. brzina interfejsa	6Gb/sec

Tabela 2. Karakteristike magnetnog diska SATA-3

Za predstavnika SSD diskova je izabran **SanDisk SDSSDA-G27 120 GB**, detaljno predstavljen u tabeli 3:

SSD: SanDisk SDSSDA-G27 120 GB	
Kapacitet	120GB
Interfejs	SATA-3
<b>Performanse</b>	
itanje	do 530 MB/sec
Upis	310 MB/sec
Maks. brzina interfejsa	6Gb/sec

Tabela 3. Karakteristike SSD diska

Za potrebe testiranja su korišteni operativni sistem Windows Server 2016 Datacenter i SQL Server 2017. Najpre su serveri bili instalirani na magnetnom disku, pa su testirane performanse magnetnog i SSD diska. Zatim su serveri instalirani na SSD disku i process je ponovljen.

## 6. REZULTATI TESTIRANJA

Za potrebe ovog rada korišćen je SQL Server 2017. Kao baza podataka, korišćena je test baza podataka studentske službe. Fajlovi baze potaka, smešteni su na magnetni, a zatim na SSD disk, nakon čega su nad bazom podataka vršene operacije ažuriranja, itanja, upisa i brisanja podataka i određivano vreme potrebno za izvršavanje tih operacija[4], [5], [6].

### 6.1. Unos podataka u bazu podataka

Najpre je nad bazom podataka zadat upit koji je vršio generisanje podataka i upis u bazu podataka. Postavljen je složen upit, koji u pozadini pokreće više trigerata, da bi podaci bili što relevantniji. Upit je bio vezan za generisanje podataka o položenim ispitima, određeno studenta, iz određeno predmeta, za koji trigger generiše broj ESPB bodova, semestar u kome se sluša, profesora kod koga se polaže, zatim broj bodova i ocenu koju je student dobio, nakon čega se ažurira prosek studenta u semestru i ukupan prosek, datum polaganja i drugi podaci. U tabeli 4, prikazane su prosečne vrednosti izmerene za unos 10, 100, 1000, 10000, 100000 i 1000000 zapisa u ms.

	10	100	1000	10000	100000	1000000
HDD-HDD	4278	21754	214809	2066243	25501676	272138913
HDD-SSD	2393	21186	201704	1973577	20843062	247871736
SSD-HDD	2800	21483	204556	2000996	20871777	250404048
SSD-SSD	2381	20082	196846	1971655	20587032	240135707

Tabela 4. Vreme trajanja upisa podataka, u zavisnosti od vrste diska

Možemo zaključiti da su SSD diskovi pokazali bolje performanse u oba slučaja, i kada su serveri bili instalirani na magnetnom disku, i kada su bili instalirani na SSD disku.

Kada su serveri bili instalirani na magnetnom disku, upis

podataka na SSD disk u odnosu na magnetni disk bio je u proseku 15.07% brži, a 6.36% kada su serveri bili instalirani na SSD disku.

Najbolje performanse postignute su pri upisu na SSD disk, kada su serveri bili instalirani na SSD disku, a najslabije pri upisu na magnetni disk, kada su serveri bili instalirani na magnetnom disku.

U narednoj tabeli, prikazane su karakteristike diskova, pri generisanju i upisu 10.000 zapisa u bazu podataka, na osnovu koje možemo zaključiti da je pri upisu u bazu podataka pri korišćenju SSD diskova bilo manje itanja sa diska, manje pisanja po disku i korišćeno je manje procesorskog vremena.

	procesorsko vreme	broj itanja sa diska	broj pisanja po disku	trajanje
HDD-HDD	7752083	313459032	9914	2066243
HDD-SSD	7415892	308041298	7840	1973577
SSD-HDD	7503328	308060532	9542	2000996
SSD-SSD	7408120	308041228	7488	1971655

Tabela 5. Prikaz karakteristika diskova pri unosu podataka u bazu podataka

### 6.2. Ažuriranje podataka u bazi podataka

Za ažuriranje podataka u bazi podataka postavljen je složen upit, koji u pozadini pokreće više trigerata, da bi podaci bili što relevantniji. Upit je bio vezan za ažuriranje podataka o položenim ispitima, određeno studenta, gde su ažurirani datum polaganja i ocena koju je student dobio, nakon čega se ažurira prosek studenta u semestru i ukupan prosek.

U tabeli 6, prikazane su prosečne vrednosti izmerene za ažuriranje 10, 100, 1000, 10000, 100000 i 1000000 zapisa, u ms.

	10	100	1000	10000	100000	1000000
HDD-HDD	9	103.3	5767.2	30421	350694	4127870
HDD-SSD	5.8	63.8	1993.9	7654	68811	597145
SSD-HDD	7.4	66.6	2632.3	28231	307394	3644813
SSD-SSD	4.8	63.2	1336.6	6933	58529	556069

Tabela 6. Vreme trajanja ažuriranja podataka, u zavisnosti od vrste diska

Na osnovu navedene tabele možemo zaključiti da su SSD diskovi pokazali bolje performanse u oba slučaja, i kada su serveri bili instalirani na magnetnom disku, i kada su bili instalirani na SSD disku.

Kada su serveri bili instalirani na magnetnom disku, ažuriranje podataka na SSD disku u odnosu na magnetni disk bio je u proseku 64.33% brže, a 56.1% kada su serveri bili instalirani na SSD disku. Takođe, treba primetiti da su razlike veće pri ažuriranju većeg broja zapisa.

Najbolje performanse postignute se pri ažuriranju

podataka na SSD disku, kada su serveri bili instalirani na SSD disku, a najslabije pri ažuriranju podataka na magnetnom disku, kada su serveri bili instalirani na magnetnom disku.

U narednoj tabeli, prikazane su karakteristike diskova, pri ažuriranju 1.000.000 zapisa u bazi podataka, na osnovu koje možemo zaključiti da je pri ažuriranju zapisa u bazi podataka pri korišćenju SSD diskova bilo manje pisanja po disku i korišćenje je manje procesorskog vremena.

	procesorsko vreme	broj itanja sa diska	broj pisanja po disku	trajanje
HDD-HDD	198313	3000095	968996	4127879
HDD-SSD	148500	3000011	698753	597145
SSD-HDD	150110	3000025	825274	3644813
SSD-SSD	140563	3000004	652763	556069

Tabela 7. Prikaz karakteristika diskova pri ažuriranju podataka u bazi podataka

### 6.3. Prikaz podataka iz baze podataka

Za prikaz podataka iz baze podataka korišćen je složen upit, da bi podaci bili što relevantniji. Upit je bio vezan za prikaz podataka o položenim ispitima iz evidencije o položenim ispitima, koji je sadržao podatke o studentu (prezime, ime, broj indeksa, opština stanovanja,...), podatke o predmetu (naziv, akronim, broj ESPB, semester u kome se sluša,...), podatke o profesoru, ocenu, broj bodova, ispitni rok u kojem je ispit polagan i datum polaganja. U tabeli 8., prikazane su prosečne vrednosti izmerene za prikaz 10, 100, 1000, 10000, 100000 i 1000000 zapisa, u ms.

	10	100	1000	10000	100000	1000000
HDD-HDD	372	442	866	943	4544	37150
HDD-SSD	279	374	533	884	4250	34780
SSD-HDD	316	423	579	936	4509	37770
SSD-SSD	245	325	488	766	3876	33690

Tabela 8. Vreme trajanja prikaza podataka, u zavisnosti od vrste diska

Kao i u predhodna dva slučaja možemo zaključiti da su SSD diskovi pokazali bolje performanse u oba slučaja, i kada su serveri bili instalirani na magnetnom disku, i kada su bili instalirani na SSD disku.

Kada su serveri bili instalirani na magnetnom disku, prikaz podataka sa SSD disk u odnosu na magnetni disk bio je u proseku 17.32% brži, a 18.39% kada su serveri bili instalirani na SSD disku. Primećujemo da razlike opadaju sa povećanjem broja zapisa koji se prikazuju.

Najbolje performanse postignute su pri prikazu podataka sa SSD diska, kada su serveri bili instalirani na SSD disku, a najslabije pri prikazu podataka sa magnetnog diska, kada su serveri bili instalirani na magnetnom disku.

U narednoj tabeli, prikazane su karakteristike diskova, pri prikazu 1.000 zapisa iz baze podataka, na osnovu koje

možemo zaključiti da je pri prikazu podataka iz baze podataka, gde je broj itanja sa diska bio približno isti i nije bilo pisanja po disku, pri korišćenju SSD diskova bilo korišćenje manje procesorskog vremena, što je najviše uticalo na vreme izvršenja upita.

	procesorsko vreme	broj itanja sa diska	broj pisanja po disku	trajanje
HDD-HDD	1060	3951	0	866
HDD-SSD	764	3910	0	533
SSD-HDD	772	3464	0	579
SSD-SSD	293	3903	0	488

Tabela 9. Prikaz karakteristika diskova pri prikazu podataka iz baze podataka

### 6.4. Brisanje podataka iz baze podataka

Za brisanje podataka iz baze podataka, korišćen je relativno jednostavan upit, koji je imao zadatak da iz tabele evidencija ispita, izbriše zadati broj zapisa. U tabeli 10, prikazane su prosečne vrednosti izmerene za brisanje 10, 100, 1000, 10000, 100000 i 1000000 zapisa, u ms.

	10	100	1000	10000	100000	1000000
HDD-HDD	2.6	6	23.8	256	670.8	16822
HDD-SSD	1.4	2.4	4.6	44.2	377.2	7688
SSD-HDD	1.2	1.6	24.6	205.6	533.4	6872
SSD-SSD	1.8	3.4	5.8	64	473	6334

Tabela 10. Vreme trajanja brisanja podataka, u zavisnosti od vrste diska

U odnosu na predhodne slučajeve, možemo zaključiti da su SSD diskovi pokazali bolje performanse u oba slučaja, i kada su serveri bili instalirani na magnetnom disku, i kada su bili instalirani na SSD disku, ali pri brisanju veće količine podataka. Za manje količine podataka, u pojedinim slučajevima, kada su serveri bili instalirani na SSD disku, magnetni diskovi su pokazali bolje performanse.

Najbolje performanse pri brisanju podataka, postignute su kada su serveri bili instalirani na magnetnom disku, a baza podataka smeštena na SSD disku.

Kada su serveri bili instalirani na magnetnom disku, prikaz podataka sa SSD diska u odnosu na magnetni disk bio je u proseku 62.27% brži, a 1.32% kada su serveri bili instalirani na SSD disku.

U narednoj tabeli, prikazane su karakteristike diskova, pri brisanju 10.000 zapisa iz baze podataka, na osnovu koje možemo zaključiti da je na dužinu izvršavanja upita za brisanje podataka najveći uticaj pored procesorskog vremena imao i veći broj itanja sa diska u slučaju kada su serveri bili instalirani na magnetnom disku, a podaci baze podataka su se tako nalazili na magnetnom disku.

	procesorsko vreme	broj itanja sa diska	broj pisanja po disku	trajanje
HDD-HDD	43.8	883	63	256
HDD-SSD	40.6	783	51	44.2
SSD-HDD	34.7	794	61	205.6
SSD-SSD	31.4	781	55	64

Tabela 11. Prikaz karakteristika diskova pri brisanju podataka iz baze podataka

## 6. ZAKLJU AK

U radu su predstavljeni rezultati uticaja dve vrste diskova, SSD diskova i magnetnih diskove na performanse baze podataka. Pore enjem izabranih predstavnika dolazimo do zaklju ka da su SSD diskovi pokazali bolje performanse pri radu sa bazama podataka. Jedan od razloga je i što SSD disk nema mehani ka kašnjenja kao što su *seek* i rotacija, što mu daje osetnu prednost u performansama. Testovi pokazuju da su SSD diskovi u svim testova pokazali pozitivniji uticaj na performanse baze podataka, dok je manja razlika u performansama detektovana jedino u testovima sa manjim brojem zapisa, kada keš efekti operativnog sistema smanjuju razliku u performansama.

## LITERATURA

- [1] The effects of an SSD on SQL Server Performance,  
<https://timothyawiseman.wordpress.com/2012/07/29/the-effects-of-an-ssd-on-sql-server-performance/>
- [2] Toshiba „NAND Flash Applications Design Guide“, april 2003.
- [3] Kingston Technology ,“Effects of Solid-State Drives on Microsoft SQL Server 2008“
- [4] Using Solid State Disks in SQL Server Storage Solutions  
<https://www.itprotoday.com/sql-server/using-solid-state-disks-sql-server-storage-solutions>, poslednji pristup 07.12.2018. godine
- [5] Reduce performance Bottlenecks of Microsoft SQL Server Database  
<https://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/solution-briefs/microsoft-sql-server-database-brief.pdf>, poslednji pristup 07.12.2018. godine
- [6] SQL Server SSD technology becoming a solid storage choice  
<https://searchsqlserver.techtarget.com/tip/SQL-Server-SSD-technology-becoming-a-solid-storage-choice>, poslednji pristup 07.12.2018. godine



# IMPLEMENTACIJA I ANALIZA VERTIKALNOG PARTICIONISANJA U BAZAMA PODATAKA SA ASPEKTA MEMORIJE

## IMPLEMENTATION AND ANALYSIS OF VERTICAL PARTICIPATION IN DATA BASES FROM ASPECT OF MEMORY

Atanasijevi Jordan<sup>1</sup>, or evi Borislav<sup>2</sup>, Stankovi Nevena<sup>3</sup>  
*Generalštab Vojske Srbije<sup>1</sup>, GARDA, Beograd*  
*Institut Mihailo Pupin<sup>2</sup>, Novi Sad*  
*ZU AP „Oaza zdravlja“<sup>3</sup>, Beograd*

**Sadržaj** – Rad predstavlja implementaciju i analizu uticaja vertikalnog particionisanja, kao jedne od metoda optimizacije baze podataka, na performanse SQL Servera pod Windows operativnim sistemom. Rad uklju uje analizu performansi SQL Servera sa i bez vertikalnog particionisanja pod Microsoft Windows Server 2016 operativnim sistemom. Performanse SQL Servera sa aspekta memorije pri implementaciji vertikalnog particionisanj se mere koriš enjem ExpressProfiler-2.1 programa. Dobijeni rezultati pokazuju da se upotrebom vertikalnog particionisanja ostvaruju bolje performanse u procesu prikazivanja zapisa iz baze podataka, a slabije performanse pri unosu, ažuriranju i brisanju zapisa. Navedeni zaklju ak izvodi se na osnovu utrošenog procesorskog vremena, brojem itanja i piasanja po disku i ukupnom vremenu izvršavanja upita.

**Abstract** - The paper presents the implementation and analysis of the impact of vertical partitioning, as one of the database optimization methods, on the performance of SQL Server under the Windows operating system. The work includes analyzing the performance of SQL Server with and without vertical partitioning under the Microsoft Windows Server 2016 operating system. The performance of SQL Server from the aspect of memory in the implementation of vertical partitioning is measured using the ExpressProfiler-2.1 program. The obtained results show that the use of vertical partitioning achieves better performance in the process of displaying records from the database, and poorer performance when entering, updating and deleting records. The stated conclusion is based on the processor time consumed, the number of read and write per disk and the total execution time of the query.

### 1. UVOD

U raznim metodologijama razvoja softvera, testiranje predstavlja nezaobilazni korak. U toj fazi se mogu identifikovati mnogi problemi, nepravilnosti i nedostaci sastavnih delova informacionog sistema. Testiranjem razli itih implementacija i merenjem odre enih parametara može se znatno pove ati kvalitet softvera.

Prilikom kreiranja baze podataka postoji nekoliko opcija za implementaciju i poboljšanje performansi baze podataka. Svaki od na ina ima svoje prednosti i mane. U zavisnosti od konkretnog slu aja, osoba koja kreira bazu podataka e se odlu iti za odgovaraju i na in. Da bi se

odlu io za pravi na in, mora da zna koje su razlike u implementacijama i u kojim slu ajevima je dobro koristiti koji na in. Ukoliko se izabere pravi na in, performanse baze podataka se mogu znatno pove ati.

Jedno od najve ih uskih grla performansi baze podataka je fizi ki trošak obavljanja I/O operacija (unosa, ažuriranja i brisanja podataka, prikaza rezultata obrade). Podaci se nalaze na disku, a disk je mehani ka sprava. Ta sprava sadrži mašinske delove, koji se kre u i itaju kodirane podatke sa plo e koja se vrti. Ove aktivnosti traju odre eno vreme i sve što može skratiti to vreme može unaprediti performance.

U proteklim godinama, BI i sistemi za skladištenje podataka su evoluirali u odnosu na svoj po etni oblik kojim su podse ali na sisteme koji su orijentisani ka gomilanju podataka koji su bili koriš eni za jednostavno izveštavanje, postavljanje upita i analize od strane neke manje i ve unapred definisane grupe korisnika. Danas su mnogi od njih veliki sistemi koji vrše obradu mnoštva razli itih upita i moraju biti u kontinuitetu dostupni razli itim grupama korisnika. Iz tog razloga se nametnula potreba za razmatranjem na ina na koji bi se moglo izvesti unapre enje skladištenja podataka u cilju efikasnije obrade upita koji se nad njim izvršavaju. Tako je došlo do pojave tehnika optimizacije, a koje su zna ajno doprinele poboljšanju baza podataka prilikom izvršavanja raznovrsnih upita.

### 2. CILJ RADA

Cilj rada je da se ispitaju performance izvršavanja upita u SQL Serveru 2017 sa i bez implementacije jedne od tehnika optimizacije. Performanse su testirani pod istim uslovima, u istom hardverskom okruženju i pod istim operativnim sistemom.

Ono što su konkrenta o ekivanja u vezi rezultata istraživanja to je da se kroz implementaciju odabrane tehnike optimizacije nad bazom podataka pokaže da e se dobiti bar 50% bolje performanse u vremenu izvršavanja upita pri prikazivanju podataka i generisanja izveštaja u odnosu na one koje su dobijene za te iste upite i izveštaje, ali bez implementacije tehnike optimizacije.

### 3. SSD TEHNOLOGIJA

SSD (*Solid State Drive*) je uređaj za skladištenje podataka koji koristi solid-state memoriju (poluvodi na memorija). SSD je električni, mehanički i softverski kompatibilan sa magnetnim hard diskovima. U slučaju SSD medium za skladištenje podataka nije magnetni, kao što je to slučaj sa hard diskom, već *solid state* (vrsto stanje) poluprovodnički, kao što su EPROM (*Erasable Programmable Read Only Memory*), FLASH, DRAM (*Dynamic Random Access Memory*) i drugi. SSD nemaju ni pokretne delove, niti komplikovanu mehaniku, kao što je slučaj kod *hard* diskova, ime su manje osetljivi od HDD. Osim toga, ovi diskovi su neujmjeni (osim ukoliko se ne koristi neki ventilator za hlađenje). Ovakve karakteristike omogućavaju manje vreme pristupa podacima, jer se podacima može pristupiti istom brzinom bez obzira na kojoj lokaciji u memoriji se nalaze. Vreme pristupa kod SSD ne zavisi od sinhronizacije glave za upis i čitanje sa sektorom podataka (*data* sektor) na rotirajućem disku. SSD su otporni na fizičke vibracije, udarce i ekstremne temperature kao i na jaka magnetna polja koja mogu da oštete hard diskove.

Većina SSD proizvođača koristi *flash* memoriju za konstrukciju kompaktnijih uređaja [1]. Ovi SSD zasnovani na *flash* memorijskoj osnovi su poznati kao *Flash Drive* i ne zahtevaju prisutnost baterije. Često su primenjivane iste forme kao kod standardnih diskova: 1.8 inch, 2.5 inch, 3.5 inch.

Korišćenjem *flash* memorije u okviru SSD je omogućeno uklanjanje podataka i u slučaju iznenadnog prekida napajanja. Kada su u pitanju operacije sa velikim fajlovima SSD su zahvaljujući nedostatku pokretnih delova sporiji od DRAM i od tradicionalnih hard diskova, ali su boljih performansi po pitanju brzine pristupa. Osnovne komponente SSD su keš, energetska skladišta i NAND čipovi.

**Keš:** SSD zasnovan na *flash* memoriji koristi malu količinu DRAM kao keš, slično kao keš memorija kod *hard* diskova.

**Energetska skladišta:** kondenzator ili baterije, koja je potrebna da bi se podaci koji se nalaze u keš memoriji upisali u *flash* memorije kada dođe do prekida napajanja.

**NAND čipovi:** sa povećanjem broja paralelnih NAND čipova se poboljšavaju performanse SSD. NAND čip je relativno spor zbog uskog (8/16 bit) asinhronog IO interfejsa. Propusni opseg se povećava dodavanjem NAND čipova u paralelnu vezu.

Na tržištu postoje SSD sa bržim *flash* čipovima uvodeći tehnologiju *data striping* (deljenje podataka, odnosno metod kojim se više diskova povezuje u jednu logičku jedinicu). Time je omogućeno da se razviju ultra brzi SSD sa 250 MB/s efektivnom brzinom prenosa podataka, koja je i maksimalna brzina prenosa podataka SATA interfejsa. Osnovne prednosti SSD u odnosu na HDD su [2]: brže pokretanje (*start-up*), brže vreme pristupa i neujmjenost.

Osim toga, kada su u pitanju SSD *flash* čipovi sa malim kapacitetom, mala je potrošnja struje i disipacija toplote pri aktivnom korišćenju. U slučaju SSD sa velikim kapacitetom se javlja povećana potrošnja struje usled većeg broja primenjenih *flash* čipova. Takođe, SSD se odlikuju većom mehaničkom pouzdanošću, kao i otpornošću na udarce, vibracije i ekstremne temperature. To sve ih čini veoma korisnim za laptopove, mobilne računare i uređaje koji rade u ekstremnim uslovima.

SSD imaju veću raspon operativne temperature. Običan *hard* disk ima raspon radne temperature od 5 do 55 stepeni °C, dok SSD funkcioniše na 70 i više stepeni (industrijski SSD). U odnosu na HDD, SSD nemaju potrebe za pokretnim delovima, ime su manje dimenzije i težine.

Osnovne mane SSD tehnologije u odnosu na HDD su: cena (SSD je znatno veća po GB od HDD), kapacitet (daleko manji kapacitet u odnosu na HDD). Osim toga, SSD imaju duže vreme upisa. SSD zasnovani na *flashu* imaju blokove od 0.5 do 1 MB pa su daleko sporiji pri malim upisima i mogu imati problema sa fragmentacijom. SSD zasnovan na DRAM tehnologiji nema ovaj problem.

### 4. VERTIKALNO PARTICIONISANJE

Particionisanje je proces koji se odvija nad bazom podataka i kojim se veoma velike tabele razlažu u nekoliko manjih. Razdvajanjem velike tabele u nekoliko manjih, individualnih tabela, omogućava se da se upiti koji pristupaju samo određenim delovima podataka izvršavaju brže iz razloga što postoji manja količina podataka koje treba pretražiti. Glavni cilj particionisanja je da se pomogne u održavanju velikih tabela i da se smanji vreme odziva za čitanje i upisivanje podataka za određene SQL operacije [3].

Vertikalno particionisanje tabela se najčešće koristi za poboljšanje SQL Server performansi, naročito u slučaju kada upit kao rezultat vraća sve kolone iz tabele koja uglavnom sadrži brojne tekstualne ili BLOB tipove podataka. U ovom slučaju, da bi se smanjilo vreme pristupa, BLOB kolone se mogu odvojiti u posebnu tabelu. Vertikalno particionisanje deli inicijalnu tabelu na dve ili više tabela koji sadrže različite kolone, izuzev primarnog ključa koji se upisati u obe tabele kako bi se podaci kasnije prema njemu ponovo mogli združiti i prikazati kompletno, ukoliko za tim ima potrebe.

### 4. HARDVERSKA I SOFTVERSKA KONFIGURACIJA

Hardverska konfiguracija sistema se sastoji od nekoliko osnovnih komponenti: (a) CPU i njegova ugradnja (b) matična ploča servera (c) sistemska RAM memorija (d) drugonivovska CPU keš memorija (e) disk kontroler i (f) diskovi. Svi testovi predstavljeni u ovom radu su obavljani u okviru sistema definisanog u tabeli 1:

<b>Procesori</b>	Intel(R) Core(TM)
CPU Model	i3 4150 CPU @3.50GHz
Broj CPU jezgara	2
Brzina CPU	3.50GHz
L2 keš	3MB
<b>Memorija</b>	
RAM	4 GB
Brzina memorije	1333MHz
SSD	SanDisk SDSSDA-G27 120 GB
Operativni sistem	Windows Server 2016 Datacenter

Tabela 1. Konfiguracija sistema

Za predstavnika SSD diskova je izabran **SanDisk SDSSDA-G27 120 GB**, detaljno predstavljen u tabeli 2:

SSD: SanDisk SDSSDA-G27 120 GB	
Kapacitet	120GB
Interfejs	SATA-3
<b>Performanse</b>	
brzina čitanja	do 530 MB/sec
Upis	310 MB/sec
Maks. brzina interfejsa	6Gb/sec

Tabela 2. Karakteristike korišćenog SSD diska

Za potrebe testiranja je korišćen operativni sistem Windows Server 2016 Datacenter i SQL Server 2017.

## 5. REZULTATI TESTIRANJA

Za potrebe ovog rada korišćen je SQL Server 2017. Kao baza podataka, korišćena je test baza podataka studentske službe. Vršena su paralelna merenja performansi sa i bez implementacije vertikalnog particionisanja nad jednom od tabela pri operacijama ažuriranja, prikazivanja, upisa i brisanja zapisa.

Primer vertikalnog particionisanja može biti velika tabela sa podacima o studentima koja sadrži osnovne podatke, kao što su ime, oboje ime, prezime, broj indeksa i drugu tabelu sa ostalim podacima o studentu. Pod pretpostavkom da 95% korisnika pretražuje deo u kojem se nalaze osnovni podaci i da samo 5% zahteva otvara polje sa ostalim podacima o studentu, kao i da se sve ove pretrage voditi do klasterisanih indeksa koji itaju sve redove u tabeli, ova tehnika optimizacije ima efekta. U tom slučaju vreme izvršavanja upita je proporcionalno ukupnom broju redova u tabeli i ono na šta bi se trebalo usredsrediti je kako smanjiti broj IO operacija kako bi se smanjilo vreme izvršavanja upita [4], [5], [6], [7].

### 5.1. Unos podataka u bazu podataka

Kada je u pitanju unos podataka, vršena su merenja pri unosu podataka direktno u tabelu u kojoj su se nalazili svi podaci o student i unos u pogled (view), nad kojim je implementiran trigger koji podatke raspoređuje u dve

tabele, sa istim ključem, kako bi se održala konzistentnost baze podataka.

Trigger se može definisati kao proceduralni kod koji se automatski izvršava svaki put kada se desi definisani događaj nad određenom tabelom ili view-om, u ovom slučaju pri unosu podataka. Trigger predstavlja operaciju ažuriranja baze podataka, uslov je proizvoljni SQL predikat, a akcija je sekvenca SQL naredbi. Pod ažuriranjem se podrazumevaju operacije INSERT, UPDATE ili DELETE. Triggeri se pre svega koriste za ovačuvanje integriteta baze podataka. Na taj način se mogu implementirati pravila integriteta. Triggeri se, takođe, mogu koristiti za validaciju podataka, koji se unose i to definisanjem seta pravila napisanih korišćenjem T-SQL jezika. Triggeri omogućavaju administratorima baze podataka da uspostave dodatne veze između odvojenih baza podataka.

Dobijeni rezultati, pri unosu 1000 zapisa u bazu podataka, prikazani su u tabeli 3.

	Procesorsko vreme	Broj čitanja sa diska	Broj pisanja po disku	Trajanje
sa VP	59	1044	12	499
bez VP	26	834	8	300

Tabela 3. Prikaz rezultata pri upisu podataka, u zavisnosti od primene vertikalnog particionisanja

Grafik prikazuje rezultate:



Slika 1. Grafik prikazuje rezultate merenja pri unosu podataka sa i bez primene vertikalnog particionisanja

Na osnovu dobijenih rezultata dolazimo do zaključka da su pri unosu podataka, bez primene vertikalnog particionisanja dobijeni bolji rezultati po svim kriterijumima. Najveće razlike uočene su za utrošeno procesorsko vreme i iznose 126.92%, a najmanje po kriterijumu broj čitanja sa diska i iznosi 25.18%.

memorija		
bez primene VP	sa primenom VP	
	osnovni podaci	detalji
0.297 MB	0.102 MB	0.227 MB
0.297 MB	0.329 MB	

Tabela 4. Prikaz potrebne memorije koju zauzima ista količina podataka sa i bez primene vertikalnog particionisanja

Pri vertikalnom particionisanju, za navedeni broj zapisa, potrebno je 10.77% više memorije u odnosu kada ova metoda optimizacije nije primenjena.

### 5.2. Ažuriranje podataka u bazi podataka

Pri ažuriranju podataka, pre i posle optimizacije vertikalnim particionisanjem, dobijeni su slede i rezultati:

	Procesorsko vreme	Broj čitanja sa diska	Broj pisanja po disku	Trajanje
sa VP	0	51	1	7
bez VP	0	3	1	1

Tabela 5. Prikaz rezultata pri ažuriranju podataka, u zavisnosti od primene vertikalnog particionisanja

Grafi ki prikaz rezultata:



Slika 2. Grafi ki prikaz rezultata merenja pri ažuriranju podataka sa i bez primene vertikalnog particionisanja

Na osnovu dobijenih rezultata, zaklju ujem da u procesu ažuriranja podataka i pre i posle primene tehnike optimizacije, procesorsko vreme ne igra zna ajnu ulogu, kao ni broj pisanja po disku, jer su dobijeni identni ni rezultati. Ono u emu se uo avaju zna ajne razlike su broj itanja sa diska, a što za posledicu ima i duže vreme trajanja izvršenja upita.

Na osnovu dobijenih rezultata, možemo zaklju iti da su po dva kriterijuma dobijeni identni ni rezultati, a po dva kriterijuma su nad tabelom nad kojom nije vršeno vertikalno particionisanje dobijeni bolji rezultati po pitanju performansi memorijske jedinice.

### 5.3. Brisanje podataka iz baze podataka

Pri brisanju podataka iz tabele, sasvim je o ekivano da e se bolji rezultati dobiti nad tabelom nad kojom nije vršena optimizacija vertikalnim particionisanjem, jer se podaci nalaze u jednoj tabeli, dok se nakon vertikalnog particionisanja, podaci nalaze u više tabela, a radi održavanja konzistentnosti podataka neophodno je brisanje zapisa za zajedni kim identifikatorom u svim tabelama.

Dobijeni rezultati prikazani su u slede oj tabeli:

	Procesorsko vreme	Broj itanja sa diska	Broj pisanja po disku	Trajanje
sa VP	16	105	0	17
bez VP	0	10	0	2

Tabela 6. Prikaz rezultata pri brisanju podataka, u zavisnosti od primene vertikalnog particionisanja



Slika 3. Grafi ki prikaz rezultata merenja pri brisanju podataka sa i bez primene vertikalnog particionisanja

Na osnovu kriterijuma po kojima upore ujem, osim broja pisanja po disku gde su dobijeni identni ni rezultati, u svim ostalim slu ajevima bolje performanse postignute su bez primene tehnike optimizacije vertikalnim particionisanjem. Prime ujem da je broj itanja sa diska više od deset puta ve i, uz osam puta više vremena izvršenja i uz ve e koriš enje procesorskog vremena.

### 5.4. Prikaz podataka iz baze podataka

Osnovni cilj baze podataka je da se potrebni podaci dobiju u najkra em vremenu. Sa tim u vezi, najve a o ekivanja za poboljšanje performansi pri vertikalnom particionisanju su upravo pri prikazivanju podataka. Pod pretpostavkom da se podaci jednom unosu u bazu podataka, i da se retko menjaju, a da se esto koriste za prikazivanje i povezivanje sa drugim podacima u narednoj tabeli prikazane su prednosti koriš enja tehnike optimizacije vertikalnim particionisanjem pri prikazivanju podataka.

	Procesorsko vreme	Broj itanja sa diska	Broj pisanja po disku	Trajanje
sa VP	42	236	0	43
bez VP	78	362	0	80

Tabela 7. Prikaz rezultata pri prikazivanju podataka, u zavisnosti od primene vertikalnog particionisanja

Grafi ki prikaz rezultata:



Slika 4. Grafi ki prikaz rezultata merenja pri prikazivanju podataka sa i bez primene vertikalnog particionisanja

Na osnovu dobijenih rezultata, dolazimo do zaključka da su primenom tehnike optimizacije vertikalnim particionisanjem postignute bolje performanse od oko 85% pri utrošku procesorskog vremena i ukupnog vremena izvršenja upita, kao i oko 53% manji broj itanja sa diska, dok upisivanja na disk nije bilo.

## 6. ZAKLJUČAK

U radu su predstavljeni rezultati primene jedne od tehnika optimizacije baze podataka, u ovom slučaju vertikalnog particionisanja, kao i performanse sa aspekta memorijske jedinice.

	primenjeno vertikalno particionisanje				nije primenjeno vertikalno particionisanje			
	Procesorsko vreme	Broj itanja sa diska	Broj pisanja po disku	Trajanje	Procesorsko vreme	Broj itanja sa diska	Broj pisanja po disku	Trajanje
unos					+	+	+	+
ažuriranje						+		+
brisanje					+	+		+
prikazivanje	+	+		+				

Tabela 8. Tabela prikaz rezultata merenja po tipovima i kriterijumima

Poređenjem dobijenih rezultata dolazimo do zaključka da vertikalno particionisanje u SQL Serveru nije uvek idealno rešenje, bar sa aspekta memorijske jedinice i procesorskog vremena. Međutim, uzimajući u obzir da se podaci ređe unose i menjaju u odnosu na prikazivanje, u situacijama kada postoje tabele sa mnogo kolona kojima se ne pristupa ujednačeno, vertikalno particionisanje može biti od koristi.

## LITERATURA

- [1] Toshiba „NAND Flash Applications Design Guide“, april 2003.
- [2] Kingston Technology „Effects of Solid-State Drives on Microsoft SQL Server 2008“
- [3] „Database table partitioning in SQL Server“, <http://www.sqlshack.com/database-table-partitioning-sql-server/>, poslednji pristup 07.12.2018. godine
- [4] Grant Fritchey: “SQL Server 2012 Query Performance Tuning 3rd Edition”, 2012
- [6] Bertrand A., Stellato E., Berry G., Hall J., Sack J., Kehayias J., Kline K., Randal P., White P.: “High Performance Techniques for Microsoft SQL Server”, 2013
- [6] Nevarez Benjamin: “Inside the SQL Server Query Optimizer”, 2011
- [7] Gethyn Ellis: “Getting Started with SQL Server 2014 Administration”, 2014

# ADRC ALGORITAM SA REZONANTNIM PROŠIRENIM OBSERVEROM STANJA U FORMI REGULATORA SA JEDNIM STEPENOM SLOBODE

## ONE-DEGREE-OF-FREEDOM ADRC ALGORITHM WITH RESONANT EXTENDED STATE OBSERVER

Momir Stanković<sup>1</sup>, Stojadin Manojlović<sup>1</sup>, Davorin Mikluc<sup>1</sup>  
*Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu<sup>1</sup>*

**Sadržaj** – U ovom radu je predstavljen koncept upravljanja sa aktivnim potiskivanjem poremećaja (ADRC) sa rezonantnim proširenim observerom stanja (RESO) u formi upravljačkog modela sa jednim stepenom slobode. Projektovane su različite strukture predložene algoritma i kroz detaljnu simulacionu analizu u frekvencijskom domenu upoređene su njihove dinamičke i statičke performanse, kao i robusnost sistema. Dobijeni rezultati su pokazali prednosti i nedostatke pojedinih struktura.

**Abstract** – In this paper one-degree-of-freedom structure of Active Disturbance Rejection Control-ADRC concept with Resonant Extended State Observer-RESO is presented. The detailed performance and robustness analysis of the proposed algorithms are carried out in the frequency domain. The obtained results are shown efficiency of the proposed control structures.

### 1. UVOD

Upravljanje sa aktivnim potiskivanjem poremećaja (Active Disturbance Rejection Control-ADRC) je relativno nov koncept upravljanja koji omogućuje visoke performanse sistema uz minimalnu zavisnost od poznavanja modela procesa kojim se upravlja [1]. Shodno tome, ova tehnika predstavlja pogodno rešenje za primenu u različitim industrijskim sistemima gde je precizno matematičko modelovanje objekta, odnosno procesa upravljanja, ograničeno. Osnovna komponenta ADRC-a je prošireni observer stanja (Extended State Observer-ESO) pomoću koga se vrši estimaciju i nakon toga potiskivanje generalizovanog (totalnog) poremećaja, koji obuhvata sve unutrašnje i spoljašnje poremećaja sistema. Na ovaj način, teoretski je pokazano da se bilo koji složeni sistem  $n$ -tog reda svodi na model redne veze  $n$  integratora bez poremećaja (*disturbance free model*), kojom se relativno lako može upravljati.

Razmatrajući primenu ADRC-a u problemu praćenja zadatog referentnog signala, možemo primetiti da se ovakva struktura najčešće analizira kao sistem sa dva stepena slobode (*two-degree-of-freedom-2DOF*) koji kao ulaze koristi referentni signal i izlazni signal objekta upravljanja [2,3]. Međutim, kako je većina industrijskih sistema projektovana za upravljačke algoritme sa jednim stepenom slobode (*one-degree-of-freedom-1DOF*), kao što su PI/PID regulatori, jasno je da 2DOF topologija

ADRC može predstavljati ograničenje u njegovoj praktičnoj primeni.

Imajući u vidu navedeno, fokus u ovom radu je stavljen na projektovanje i analizu reformulisanih ADRC sistema koji imaju za cilj predstavljanje algoritma kao 1DOF strukture, koja kao ulaz koristi grešku praćenja referentnog signala (*error-based structure*). Pored toga razmotrena je primena generalizovanog rezonantnog proširenog observera (*Resonant Extended State Observer-RESO*) [4] u okviru 1DOF modela regulatora, kao bi se omogućilo potiskivanje šire klase poremećaja, uključujući i harmonijske poremećaje.

### 2. ADRC ALGORITAM ZA REFORMULISANI UPRAVLJAČKI PROBLEM PRAĆENJA

Razmotrimo sistem  $n$ -tog reda

$$y(t)^{(n)} = \zeta_1(y(t), \dot{y}(t), \dots, y(t)^{(n-1)}) + bu(t) + \zeta_2(d(t)), \quad (1)$$

gde je  $y(t)$  izlaz sistema,  $u(t)$  ulaz sistema,  $d(t)$  spoljašnji poremećaj, a  $b$  parametar sistema. Sistem (1) se može predstaviti kao modela u prostoru stanja

$$\begin{aligned} \dot{x}_1(t) &= x_2(t), \\ \dot{x}_2(t) &= x_3(t), \\ &\vdots \\ \dot{x}_n(t) &= f(t) + b_0 u(t), \\ y(t) &= x_1(t), \end{aligned} \quad (2)$$

gde je  $\mathbf{x} = [x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)]$  vektor stanja, a  $b_0$  najbolja aproksimacija parametra  $b$ , dok

$$f(t) = \zeta_1(y(t), \dot{y}(t), \dots, y^{(n-1)}(t)) + (b - b_0)u(t) + \zeta_2(d(t)) \quad (3)$$

predstavlja totalni poremećaj koji uključuje nepoznatu dinamiku sistema  $\xi_1(\cdot)$ , grešku u proceni parametra  $(b-b_0)u(t)$ , kao i dinamiku spoljašnjeg poremećaja  $\xi_2(d(t))$ .

Pretpostavimo da je potrebno rešiti problem praćenja zadate refernce, gde izlaz sistema treba da prati referentni signal  $r(t)$  i to u prisustvu, kako spoljašnjih poremećaja  $d(t)$ , tako i unutrašnjih poremećaja koji se ogledaju u nepoznavanju modela sistema i promeni parametara sistema. Primenom algoritma predloženog u [5], model

(2) može biti zapisan u formi greške praćenja  $e_1(t) = r(t) - y(t)$ :

$$\begin{aligned} \dot{e}_1(t) &= e_2(t), \\ \dot{e}_2(t) &= e_3(t), \\ &\vdots \\ \dot{e}_n(t) &= \dot{f}_e(t) + b_0 u(t), \\ e_1(t) &= y(t) - r(t), \end{aligned} \quad (4)$$

gde je  $\mathbf{e} = [e_1(t), e_2(t), \dots, e_n(t)]$  novi vektor stanja, dok totalni poremećaj u ovom slučaju ima oblik,

$$f_e(t) = \zeta_1(e_1(t), \dot{e}_1(t), \dots, e^{(n-1)}(t)) + (b - b_0)u(t) + \zeta_2(d(t)). \quad (5)$$

Na ovaj način problem praćenja je preveden u problem regulacije, gde referentni signal možemo okarakterisati kao dodatni poremećaj odnosno kao deo totalnog poremećaja (5), a grešku praćenja kao izlazni signal koji treba minimizovati. Da bi smo to postigli primenom ADRC algoritma [1], potrebno je obezbediti estimacije novih stanja sistema  $\mathbf{e}$  i totalnog poremećaja (5). U tom cilju za sistem (4) je projektovan generalizovani prošireni observer stanja (eGESO) sa  $m$  proširenih stanja :

$$\begin{aligned} \dot{\hat{e}}_1(t) &= \hat{e}_2(t) + \beta_1(e_1(t) - \hat{e}_1(t)), \\ \dot{\hat{e}}_2(t) &= \hat{e}_3(t) + \beta_2(\hat{e}_1(t) - \hat{e}_1(t)), \\ &\vdots \\ \dot{\hat{e}}_n(t) &= \hat{e}_{n+1}(t) + b_0 u(t) + \beta_n(e_1(t) - \hat{e}_1(t)), \\ \dot{\hat{e}}_{n+1}(t) &= \beta_{n+1}(e_1(t) - \hat{e}_1(t)), \\ &\vdots \\ \dot{\hat{e}}_{n+m}(t) &= \beta_{n+m}(e_1(t) - \hat{e}_1(t)), \end{aligned} \quad (6)$$

gde su  $\hat{e}_1(t), \hat{e}_2(t), \dots, \hat{e}_n(t)$  estimirana stanja vektora  $\mathbf{e}$ , a  $\hat{e}_{n+1}(t), \dots, \hat{e}_{n+m}(t)$  predstavljaju estimacije totalnog poremećaja  $f_e(t)$  i njegovih  $m-1$  izvoda, dok su sa  $\beta_1, \dots, \beta_{n+m}$  označena pojačanja observera. Potrebno je naglasiti da za slučaj kad je  $m=1$ , observer (6) omogućuje asimptotsku konvergenciju stanja sistema samo u slučaju konstantnog totalnog poremećaja  $f_e(t) = f_0$ , odnosno konstantnog referentnog signala  $r(t)$  i/ili konstantnog spolješnjeg poremećaja  $d(t)$ . U drugu ruku, eGESO projektovan sa  $m$  dodatnih stanja omogućuje asimptotsku konvergenciju složenih polinomijalnih totalnih poremećaja oblika  $f_e(t) = f_0 + f_1 t + \dots + f_{m-1} t^{m-1}$ .

Na osnovu dobijenih estimiranih stanja sistema moguće je realizovati upravljački zakon sa aktivnim potiskivanjem totalnog poremećaja:

$$u(t) = -\frac{\hat{e}_{n+1}(t)}{b_0} - \frac{k_1 \hat{e}_1(t) + k_2 \hat{e}_2(t) + \dots + k_n \hat{e}_n(t)}{b_0}. \quad (7)$$

gde su  $k_1, \dots, k_n$  koeficijenti upravljanja kojim podešavamo želejnu dinamiku sistema u zatvorenoj povratnoj sprezi.

Upravljački algoritam (6)-(7) možemo okarakterisati kao opštu formu ADRC-a u formi greške praćenja. Pored toga, u literaturi možemo naći i modifikacije ovog algoritma koje se odnose na uključivanje koeficijenta upravljanja u strukturu eGESO-a [6], kao i na ugradnju dodatnih filtara u upravljačku petlju (*flat filter*) [7]. U okviru modifikacije predložene u [6] eGESO ima strukturu:

$$\begin{aligned} \dot{\hat{e}}_1(t) &= \hat{e}_2(t) + \beta_1(e_1(t) - \hat{e}_1(t)), \\ \dot{\hat{e}}_2(t) &= \hat{e}_3(t) + \beta_2(\hat{e}_1(t) - \hat{e}_1(t)), \\ &\vdots \\ \dot{\hat{e}}_n(t) &= -k_2 \hat{e}_2(t) - k_3 \hat{e}_3(t) - \dots - k_n \hat{e}_n(t) + \\ &+ \hat{e}_{n+1}(t) + b_0 u(t) + \beta_n(e_1(t) - \hat{e}_1(t)), \\ \dot{\hat{e}}_{n+1}(t) &= \beta_{n+1}(e_1(t) - \hat{e}_1(t)), \\ &\vdots \\ \dot{\hat{e}}_{n+m}(t) &= \beta_{n+m}(e_1(t) - \hat{e}_1(t)), \end{aligned} \quad (8)$$

gde su koeficijenti upravljanja iz (7)  $k_2, \dots, k_n$  uključeni u strukturu observera, pa upravljački zakon ima formu:

$$u(t) = -\frac{\hat{e}_{n+1}(t)}{b_0} - \frac{k_1 e_1(t)}{b_0} \quad (9)$$

koja uključuje samo statičko pojačanje  $k_1$  i ne zavisi od reda sistema kojim se upravlja. Kod modifikacije bazirane na uvođenju *flat* filtera [7], eGESO ima oblik (6), dok se upravljački signal formira kao:

$$u(t) = -\frac{1}{b_0} (\hat{e}_{n+1}(t) + e_1(t) G_{FF}(s)), \quad (10)$$

gde je  $G_{FF}(s)$  funkcija prenosa *flat* filtera koja ima formu:

$$G_{FF}(s) = \frac{g_1(s)}{g_2(s)} = \frac{(k_n s^{n-1} + \dots + k_1)}{(s^{n-1} + k_{2n-1} s^{n-2} + \dots + k_{n+1})}. \quad (11)$$

Potrebno je napomenuti da, u poređenju sa standardnim 2DOF ADRC pristupom, upravljački algoritam (6)-(7), kao i njegove modifikacije (8-9) i (10), ne koriste izvode referentnog signala  $r(t)$ . Stoga, ovakve strukture mogu biti pogodna rešenja u upravljačkim zadacima gde su izvodi referenci nedostupni. Međutim, kao i u svim ADRC algoritmima, upravljačke performanse u mnogome će zavisiti od tačnosti estimacije stanja sistema i totalnog poremećaja. Naime, strukture eGESO-a (6) i (8) pogodne su isključivo za totalne poremećaje čiji  $m$ -ti izvodi teže nuli, dok u slučaju periodičnih poremećaja greška

estimacije značajno raste sa porastom frekvencije poremećaja.

### 3. STRUKTURA RESO ZA REFORMULISANI UPRAVLJAČKI PROBLEM PRAĆENJA

Na osnovu strukture totalnog poremećaja (5) evidentno je da njegova dinamika zavisi od dinamike referentnog signala i spoljašnjeg poremećaja. Iz tog razloga opravdano je očekivati da u generalnom slučaju totalni poremećaj može biti složena funkcija:

$$f_e(t) = \underbrace{\sum_{i=0}^{m-1} f_i t^i}_{f_p(t)} + \underbrace{\sum_{j=0}^p a_j \sin(\omega_j + \varphi_j)}_{f_s(t)}, \quad (12)$$

koja se sastoji od polinomijalne komponente  $f_p(t)$  i sinusoidalne komponente  $f_s(t)$ , koja takođe može imati  $p$  harmonika različite amplitude  $a_j$ , frekvencije  $\omega_j$  i faze  $\varphi_j$ . Kako bi smo tačno estimirali ovakav složeni poremećaj, predložena je primena rezonantnog proširenog observera poremećaja [4], projektovanog za reformulisani model sistema (4) (*error-based RESO-ERESO*):

$$\begin{aligned} \dot{\hat{e}}_1(t) &= \hat{e}_2(t) + \beta_1(\hat{e}_1(t) - e_1(t)), \\ \dot{\hat{e}}_2(t) &= \hat{e}_3(t) + \beta_2(\hat{e}_1(t) - e_1(t)), \\ &\vdots \\ \dot{\hat{e}}_n(t) &= -k_2\hat{e}_2(t) - k_3\hat{e}_3(t) - \dots - k_n\hat{e}_n(t) + \\ &+ \hat{e}_{n+1}(t) + b_0 u(t) + \beta_n(\hat{e}_1(t) - e_1(t)), \\ \dot{\hat{e}}_{n+1}(t) &= \hat{e}_{n+2}(t) + \beta_{n+1}(\hat{e}_1(t) - e_1(t)), \\ &\vdots \\ \dot{\hat{e}}_{n+m}(t) &= \hat{e}_{n+m+1}(t) + \beta_{n+m}(\hat{e}_1(t) - e_1(t)), \\ \dot{\hat{e}}_{n+m+1}(t) &= \hat{e}_{n+m+2}(t) + \beta_{n+m+1}(\hat{e}_1(t) - e_1(t)), \\ \dot{\hat{e}}_{n+m+2}(t) &= -\hat{\omega}_{r1}^2 \hat{e}_{n+m+1}(t) + \beta_{n+m+2}(\hat{e}_1(t) - e_1(t)), \\ &\vdots \\ \dot{\hat{e}}_{n+m+2p-1}(t) &= \hat{e}_{n+m+2r}(t) + \beta_{n+m+2r-1}(\hat{e}_1(t) - e_1(t)), \\ \dot{\hat{e}}_{n+m+2p}(t) &= -\hat{\omega}_{rp}^2 \hat{e}_{n+m+2r-1}(t) + \beta_{n+m+2r}(\hat{e}_1(t) - e_1(t)), \end{aligned} \quad (13)$$

$$G_{c1}(s) = -\frac{a_{n+2}s^{n+2} + a_{n+1}s^{n+1} + a_n s^n + a_{n-1}s^{n-1} + a_{n-2}s^{n-2} \dots + a_1 s + a_0}{b_0 s(s^2 + \hat{\omega}_{r1}^2)(s^n + \sum_{i=0}^{n-1} (\beta_{i+1} + k_{n-i} + \sum_{q=1}^i \beta_q k_{n-i+q}) s^{n-1-i})} \quad (14)$$

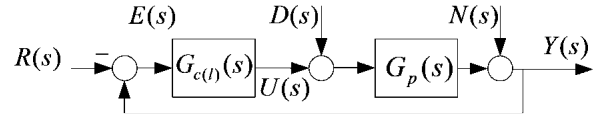
$$G_{c2}(s) = -\frac{a_{n+3}s^{n+3} + a_{n+2}s^{n+2} + a_{n+1}s^{n+1} + a_n s^n + a_{n-1}s^{n-1} + \dots + a_1 s + a_0}{b_0 s(s^2 + \hat{\omega}_{r1}^2)(s^n + \sum_{i=0}^{n-2} (\beta_{i+1} + k_{n-i} + \sum_{q=1}^i \beta_q k_{n-i+q}) s^{n-1-i} + \beta_n + \sum_{q=1}^{n-1} \beta_q k_{q+1})}, \quad (15)$$

$$\begin{aligned} G_{c3}(s) &= -\frac{g_1(s)(s^{n+3} + \beta_1 s^{n+2} + (\beta_2 + \hat{\omega}_{r1}^2)s^{n+1} + (\beta_3 + \beta_1 \hat{\omega}_{r1}^2)s^n + \dots + \beta_{n+3} + \beta_{n+1} \hat{\omega}_{r1}^2)}{s b_0 g_2(s)(s^2 + \hat{\omega}_{r1}^2)(s^n + \beta_1 s^{n-1} + \dots + \beta_n)} \\ &\quad - \frac{g_2(s)(s^{n+2} \beta_{n+1} + s^{n+1} \beta_{n+2} + s^n (\beta_{n+3} + \beta_{n+1} \omega_r^2))}{s b_0 g_2(s)(s^2 + \hat{\omega}_{r1}^2)(s^n + \beta_1 s^{n-1} + \dots + \beta_n)}, \end{aligned} \quad (16)$$

gde  $\hat{\omega}_{r1} \dots \hat{\omega}_{rp}$  predstavljaju najbolje aproksimacija frekvencija harmonika sinusoidalnog totalnog poremećaja  $\omega_{r1} \dots \omega_{rp}$ . Observer (13) je projektovana za upravljački algoritam (9), dok se smenom  $k_i = 0, (i = 2, 3, \dots, n)$  jednostavno dobija struktura observera za algoritme (7) i (10).

### 4. SIMULACIONA ANALIZA PERFORMANSI

U cilju analize performansi, predloženi algoritmi upravljanja su predstavljeni pomoću funkcija prenosa, kao sistem sa jednim stepenom slobode (*one-degree-of-freedom-1DOF*), što je prikazano na slici 1:



Slika 1. Grafički prikaz rezultata

gde su  $R(s)$ ,  $Y(s)$ ,  $E(s)$ ,  $U(s)$ ,  $D(s)$  i  $N(s)$  kompleksni likovi reference, izlaza, greške praćenja, upravljačkog signala, spoljašnjeg poremećaja i šuma merenja, respektivno. Model sistema kojim se upravlja označen je sa  $G_p(s)$ , dok  $G_{c(l)}(s)$  predstavlja funkciju prenosa odgovarajućeg regulatora.

Analiza performansi je sprovedena za algoritme upravljanja bazirane na eRESO-u (13) i to za upravljačke zakone (7) (u nastavku nazvan "first method eRESO"), (9) (u nastavku nazvan "second method eRESO") i (10) (u nastavku nazvan "third method eRESO"). Funkcije prenosa  $G_{c(l)}(s)$ ,  $l=1, 2, 3$ , za sva tri razmatrana koncepta upravljanja su proračunate primenom Laplasovih transformacija za slučaj ( $m=1$ ,  $p=1$ ) i imaju sledeću formu:



respektivno, sa vrednostima koeficijentima datim u Dodatku A na kraju rada. Kao model objekta upravljanja korišćen je generički model drugog reda ( $n=2$ ):

$$G_p(s) = \frac{1}{s^2 + s + 1}. \quad (17)$$

Predložene upravljačke strukture bazirane na eRESO-u su upoređene sa strukturom baziranom na eGESO-u (u nastavku nazvan "first method (eGESO)"), čija se funkcija prenosa jednostavno dobija smenom  $\hat{\omega}_{r1} = 0$  u (14).

U svim upravljačkim strukturama, koeficijenti  $k_i$  i pojačanja observera  $\beta_i$  su proračunata na osnovu želejnog propusnog opsega regulatora u zatvorenoj sprezi  $\omega_c$  i propusnog opsega observera  $\omega_{obs}$  [8]. Shodno tome koeficijenti  $k_i$  za "first method eRESO", "first method eGESO" i "second method eRESO" su proračunati na osnovu:

$$s^2 + k_2s + k_1 = (s + \omega_c)^2, \quad (18)$$

odnosno za "third method eRESO" na osnovu:

$$s^3 + k_3s^2 + k_2s + k_1 = (s + \omega_c)^3, \quad (19)$$

Na sličan način, definisanjem želejnog propusnog opsega observera  $\omega_{obs}$  dobijene su vrednosti pojačanje observera i one su date u Tabeli 1. Treba napomenuti da su u tabeli prikazane vrednosti pojačanja observera za algoritam "second method eRESO", dok se  $\beta_i$  za "first method eRESO" i "third method eRESO", dobija smenom  $k_i = 0$  u Tabeli 1, odnosno smenom  $k_i = 0$  i  $\hat{\omega}_{r1} = 0$  za slučaj "first method eGESO".

Tabela 1. Vrednosti pojačanja observera

$\beta_1$	$5\omega_{obs} - k_2$
$\beta_2$	$10\omega_{obs}^2 - \beta_1k_2 - \hat{\omega}_{r1}^2$
$\beta_3$	$10\omega_{obs}^3 - \hat{\omega}_{r1}^2(\beta_1 + k_2)$
$\beta_4$	$5\omega_{obs}^4 - \hat{\omega}_{r1}^2(\beta_2 + \beta_1k_2)$
$\beta_5$	$\omega_{obs}^5 - \beta_3\hat{\omega}_{r1}^2$

U svim razmatranim slučajevima definisano je  $\omega_{obs} = 10\omega_c$ ,  $\hat{\omega}_{r1} = 2rad/s$  i  $b_0 = 1$ , dok je izborom  $\omega_c$  postignuto da svi analizirani algoritmi poseduju približno jednaku marginu stabilnosti, odnosno maksimum funkcije osetljivosti [9]:

$$M_{s(t)} = \max_{s \geq 0} \left| \frac{1}{1 + G_p(s)G_{c(t)}(s)} \right|, \quad (20)$$

pa su tako usvojene vrednosti  $\omega_c$  prema Tabeli 2.

Tabela 2. Usvojene vrednosti  $\omega_c$

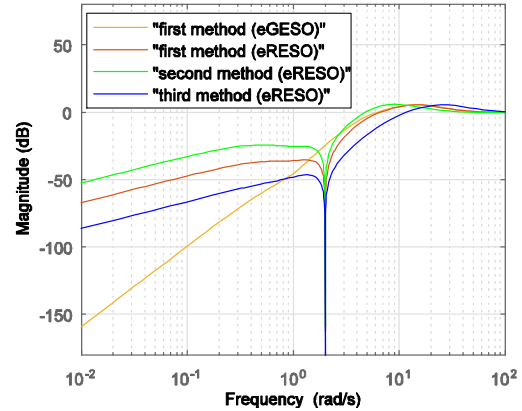
	$\omega_c$
"first method (eGESO)"	1 rad/s
"first method (eRESO)"	1 rad/s
"second method (eRESO)"	0.5 rad/s
"third method (eRESO)"	1.8 rad/s

#### 4.1. Analiza performansi praćenja referentnog signala

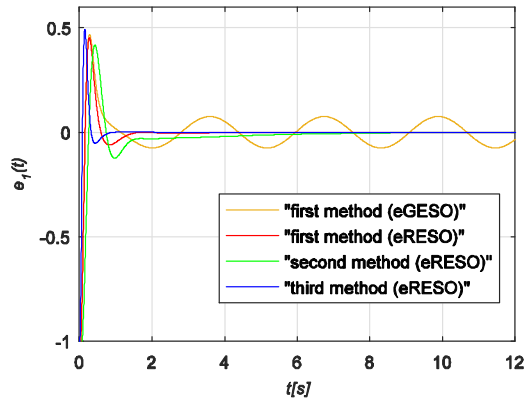
Kao kriterijum za analizu performansi praćenja iskorišćena je funkcija prenosa od referentnog signala  $R(s)$  do greške praćenja  $E(s)$ , koja je na osnovu slike 1 dobijena kao:

$$G_{er(t)}(s) = \frac{E(s)}{R(s)} = 1 - \frac{G_{c(t)}(s)G_p(s)}{1 + G_{c(t)}(s)G_p(s)}. \quad (20)$$

U cilju ocene performansi praćenja u stacionarnom stanju na slici 2 je prikazan frekvencijski odziv funkcije (20), za sve analizirane algoritme upravljanja, dok su, u cilju analize prelaznog perioda, na slici 3 prikazan odziv sistema u vremenskom domenu na kompleksnu referentnu pobudu  $R(s) = 1/(s + \omega_r)/(s^2 + \omega_r^2)$ , gde je  $\omega_r = \hat{\omega}_{r1}$ .



Slika 2. Frekvencijski odziv funkcije (20) za analizirane algoritme upravljanja



Slika 3. Vremenski odziv analiziranih sistema na pobudu  $R(s) = 1/(s + \omega_r)/(s^2 + \omega_r^2)$

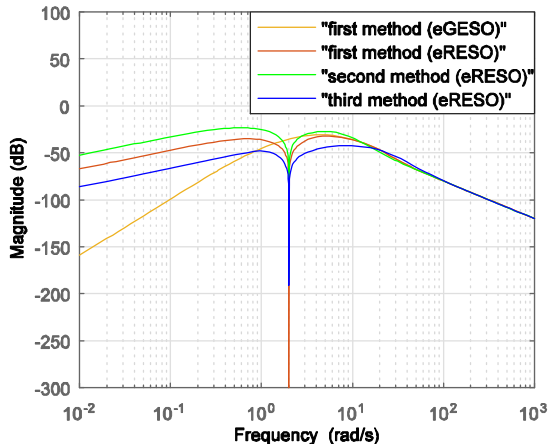
Sa slika 2 i 3 možemo uočiti da u relativno širokom frekventijskom opsegu oko frekvencije  $\hat{\omega}_{r1}$ , sistemi bazirani na eRESO-u ostvaruju bolje performanse u odnosu na eGESO sistem. Pored toga, primećujemo da sva tri eRESO sistema postižu praktično nultu grešku praćenja u slučaju kada referentni signal ima frekvenciju  $\omega_r = \hat{\omega}_{r1}$ . Što se tiče međusobnog poređenja eRESO regulatora vidimo da "third method (eRESO)" pruža najbolje performanse u stacionarnom stanju, ali takodje i najkraći prelazni period.

#### 4.2. Analiza performansi potiskivanja spoljašnjeg poremećaja

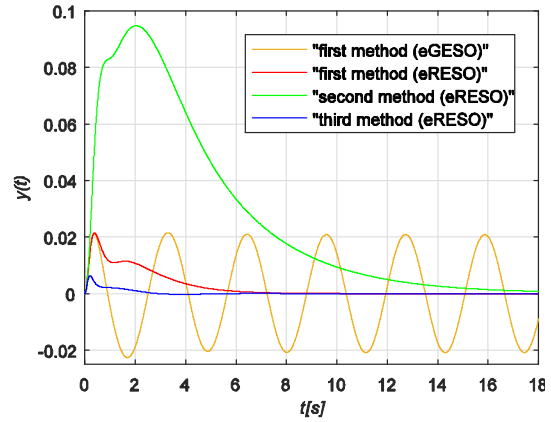
Kako bi se sprovedela analiza efikasnosti potiskivanja spoljašnjeg poremećaja, izvedena je funkcija prenosa od poremećaja  $D(s)$  do izlaza sistema  $Y(s)$ :

$$G_{\phi(t)}(s) = \frac{Y(s)}{D(s)} = \frac{G_p(s)}{1 + G_{c(t)}(s)G_p(s)}. \quad (21)$$

Na slici 4 prikazani su frekventijski odzivi funkcije (21), dok su vremenski odzivi sistema na spoljašnji poremećaj oblika  $D(s) = 1/s + \omega_r/(s^2 + \omega_r^2)$ , dati na slici 5. Iz dobijenih rezultata se jasno može videti da regulatori sa eRESO-om obezbeđuju potpuno potiskivanje spoljašnjeg poremećaja sa frekvencijom  $\hat{\omega}_{r1}$ , a da, kao i kod praćenja referentnog signala, najbolje performanse ostvaruje "third method (eRESO)" sistem.



Slika 4. Frekventijski odziv funkcije prenosa (21) za analizirane algoritme upravljanja



Slika 5. Vremenski odziv sistema na spoljašnji poremećaj  $D(s) = 1/s + \omega_r/(s^2 + \omega_r^2)$

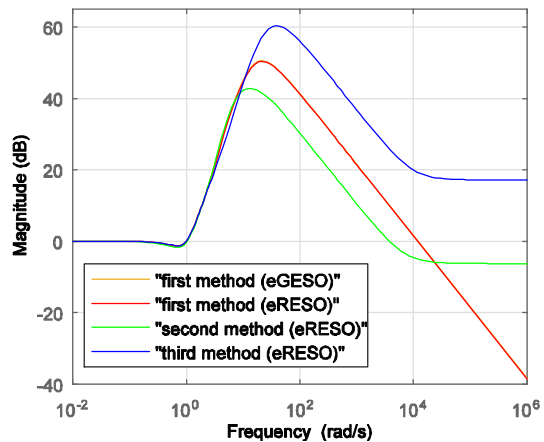
#### 4.3. Analiza uticaja šuma merenja

Analiza uticaja šuma merenja  $N(s)$  je sprovedena na osnovu frekventijskog odziv funkcije prenosa od šuma merenja do upravljačkog signala:

$$G_{un(t)}(s) = \frac{U(s)}{N(s)} = \frac{G_{c(t)}(s)}{1 + G_{c(t)}(s)G_p(s)}, \quad (22)$$

koji je prikaza na slici 6 za sve analizirane upravljačke strukture.

Imajući u vidu da je šum merenja najčešće signal visoke frekvencije, od interesa će biti odziv, odnosno pojačanje funkcije (22), upravo na tim učestanostima. Shodno tome, sa slike 6 se može uočiti da su "first method" algoritmi najmanje osetljivi na šum merenja jer na visokim učestanostima frekventijski odzivi imaju najmanje pojačanje i pad od -20 dB po dekadu. U drugu ruku, vidi se da je "third method eRESO" najosetljiviji na postojanje šuma merenja.



Slika 6. Frekventijski odziv funkcije prenosa (22) za analizirane algoritme upravljanja

## 5. ZAKLJUČAK

U radu je prikazan pristup projektovanja ADRC-a sa RESO-om za reformulisani upravljački problem čime je postignuto da se model regulatora predstavi kao IDOF sistem, baziran na greški praćenja referentnog signala. Modeli upravljačkih algoritama su izvedeni za opšti sistem  $n$ -tog reda pod pretpostavkom generalizovanog totalnog poremećaja koji uključuje polinomijalne i harmonijske komponente. Detaljna frekvencijska analiza performansi praćenja referentnog signala, potiskivanja spoljašnjih poremećaja i šuma merenja, pri istim marginama stabilnosti, je pokazala prednosti i nedostake modifikacija ADRC algoritama sa jednim stepenom slobode.

### Dodatak A:

Koeficijenti funkcije prenosa (14):

$$\begin{aligned} a_{n+2} &= \beta_{n+1} + \sum_{i=1}^n k_i \beta_i, \\ a_{n+1} &= \beta_{n+2} + \sum_{i=1}^n k_i \beta_{i+1}, \\ a_n &= \beta_{n+3} + \omega_r^2 a_{n+2} + \sum_{i=1}^n k_i \beta_{i+2}, \\ a_{n-1} &= \sum_{i=1}^n k_i \beta_{i+3} + \omega_r^2 \sum_{i=1}^n k_i \beta_{i+1}, \\ a_{n-2} &= \sum_{i=1}^{n-1} k_i \beta_{i+4} + \omega_r^2 \sum_{i=1}^{n-1} k_i \beta_{i+2}, \\ a_1 &= \sum_{i=1}^2 k_i \beta_{n+1+i} + \omega_r^2 \sum_{i=1}^2 k_i \beta_{n-1+i} \\ a_0 &= k_1 \beta_{n+3} + \omega_r^2 k_1 \beta_{n+1}. \end{aligned}$$

Koeficijenti funkcije prenosa (15) za:

$$n = 1$$

$a_4 = k_1$
$a_3 = k_1 \beta_1 + \beta_2$
$a_2 = k_1 \beta_2 + \beta_3 + \omega_r^2 k_1$
$a_1 = k_1 \beta_3 + \omega_r^2 a_3$
$a_0 = k_1 \beta_4 + k_1 \beta_2 \omega_r^2$

$$n = 2$$

$a_5 = k_1$
$a_4 = k_1 \beta_1 + k_1 k_2 + \beta_3$
$a_3 = k_1 \beta_2 + k_1 k_2 \beta_1 + k_2 \beta_3 + \beta_4 + \omega_r^2 k_1$
$a_2 = k_1 \beta_3 + k_2 \beta_4 + \beta_5 + \omega_r^2 a_4$
$a_1 = k_1 \beta_4 + k_2 \beta_5 + \omega_r^2 (k_1 \beta_2 + k_1 k_2 \beta_1 + k_2 \beta_3)$
$a_0 = k_1 \beta_5 + k_1 \beta_3 \omega_r^2$

## LITERATURA

- [1] J. Han, From PID to Active Disturbance Rejection Control, IEEE Trans. Ind. Electron. 56 (3) (2009)
- [2] M. R. Stankovic, S. M. Manojlovic, S. M. Simic, S. T. Mitrovic, M. B. Naumovic, FPGA system-level based design of multi-axis ADRC controller, Mechatronics 40 (2016), 146-155.

[3] G. Wu, L. Sun, K. Y. Lee, Disturbance rejection control of a fuel cell power plant in a grid-connect system, Control Engineering Practice 60 (2017), 183-192.

[4] M. R. Stankovic, M. R. 310 Rapaic, S. M. Manojlovic, S. T. Mitrovic, S. M. Simic, M. B. Naumovic, Optimised active disturbance rejection motion control with resonant extended state observer, International Journal of Control (2017), 1-12.

[5] W. Xue, Y. Huang, Performance analysis of active disturbance rejection tracking control for a class of uncertain LTI systems, ISA Transactions 58 (2015), 133-154.

[6] M. M. Michalek, Robust trajectory following without availability of the reference time-derivatives in the control scheme with active disturbance rejection, in: American Control Conference, 2016, pp. 1536-1541.

[7] H. Sira-Ramirez, E. W. Zurita-Bustamante, E. Hernandez-Flores, M. A. Aguilar-Orduna, On a linear input-output approach for the control of nonlinear at systems, International Journal of Control (2018), pp.1-16.

[8] Z. Gao, Scaling and bandwidth-parameterization based controller tuning, in: American Control Conference, Vol. 6, 2003, pp. 4989-4996.

[9] K. J. Astrom, R. M. Murray, Feedback systems: an introduction for scientists and engineers, Princeton University Press, 2010.

# PRIMENA BIOMETRIJSKIH PODATAKA ZA KONTROLU PRISTUPA INFORMACIONIM SISTEMIMA USE OF BIOMETRICS DATA IN INFORMATION SYSTEM ACCESS CONTROL MANAGEMENT

Ivan Tot<sup>1</sup>, Lazar Đorđević<sup>2</sup>, Mladen Trikoš<sup>1</sup>, Dušan Bogičević<sup>1</sup>, Komlen Lalović<sup>3</sup>

*Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu<sup>1</sup>*

*Vojska Srbije<sup>2</sup>*

*ITS visoka škola strukovnih studija za informacione tehnologije<sup>3</sup>*

**Sadržaj** – U ovom radu prikazana je mogućnost upotrebe biometrijskog parametra prepoznavanja lica kao alternativnog načina kontrole pristupa informacionim sistemima.

**Abstract** - This paper presents a possible use of biometric parameter face recognition as an alternative in information system access control management.

## 1. UVOD

Kontrola pristupa informacionim sistemima predstavlja jedan od najznačajnijih aspekata zaštite, posebno kod sistema koji sadrže bezbednosno osetljive podatke. Ona onemogućava osobama koja nemaju pravo da pristupe nekom sistemu i samim tim zloupotrebe podatke koje se nalaze u njemu.

Biometrija je viđena kao idealni način za autorizaciju pristupa sistemima. Pojedini biometrijski parametri su jedinstveni za svakog čoveka na zemlji. Upravo ta činjenica je iskorišćena za implementaciju biometrije kao sistema zaštite.

U svakodnevnom životu ljudi prepoznaju lica rutinski i bez napora. Ta sposobnost kod ljudi stiče se u veoma ranom periodu rasta i razvoja. Negde u sedmoj nedelji bebe dobijaju sklonost da prepoznaju lica oko sebe, koja se kasnije sve više razvija. Upravo zbog te činjenice, da ljudi imaju prirodnu sklonost ka prepoznavanju, u poslednjih dvadesetak godina sve su više zastupljena istraživanja i razvoj različitih automatskih sistema. Za razvoj jednog takvog sistema neophodno je bilo kombinovati znanja iz različitih oblasti poput obrade slike, obrade uzoraka, računarske vizije, mašinskog učenja, psihologije itd.

Prepoznavanje lica vrlo brzo se istakao kao jedan od najboljih biometrijskih parametara zbog velikog broja prednosti. Za upotrebu ove metode nije potreban poseban skener kao kod otiska prsta, šake ili irisa već bilo kojom kamerom moguće je uzeti otisak lica i analizirati ga. Za složenije sisteme i analize kvalitet slike dosta utiče i tu se javlja neophodnost korišćenja boljih kamera, ali za relativno jednostavne sisteme kvalitet slike nije od presudnog značaja. Slika lica može da se uzme i sa određene udaljenosti, nije neophodna ni izričita saglasnost čoveka čija slika se uzima. To je zastupljeno kod sistem za prismostru gde se automatski detektuju i prepoznaju lica sa kamera.

## 2. SISTEMI ZA PREPOZNAVANJE LICA

Sistemi za prepoznavanje lica zasnivaju se na obradi uzoraka slika. Sam sistem u mnogome zavisi od kvaliteta uzoraka, što su uzorci kvalitetniji sistemi daju bolje rezultate. Na uzorke najviše utiču osvetljenje, pozadina, izrazi lica i drugi faktori. U većini dosadašnjih sistema obično se koriste dvodimenzionalne slike lica koje daju osnovne parametre za poređenje, kod složenijih sistema koji zahtevaju viši nivo sigurnosti neophodno je korišćenje trodimenzionalnih slika koji imaju značajno veći broj parametara za analizu.

Prepoznavanje lica na slici je veoma složen proces i obično se sastoji iz tri dela: detekcije lica (eng. *Face detection*), izdvajanja značajnih karakteristika (eng. *Feature extraction*) i prepoznavanja lica (eng. *Face recognition*). Izgled procesa prikazan je na slici 1 [1].



Slika 1. Proces prepoznavanja lica

Detekcija lica je prva eliminaciona faza u celom sistemu za prepoznavanje lica. U toj fazi na ulaznoj slici proverava se postojanje jednog ili više lica i njihova lokacija na slici. Ako lica ne postoje, slika se dalje ne analizira, ali ako lica postoje delovi slike gde se nalaze lica smeštaju se u posebne kontejnere radi dalje analize. U ovoj fazi detektovana lica mogu se klasifikovati po nekom kriterijumu radi lakše analize i obrade [2].

Nakon detekcije lica sa ulazne slike i njegovog pakovanja u nove uzorke sledi faza izdvajanja značajnih karakteristika. U nekim slučajevima dobijeni uzorci iz prethodne faze mogu da budu veoma loši. Veličina slike može veoma negativno da utiče na dalju obradu. Uzorak lica je neadekvatan za dalju analizu ako ima isuviše malu rezoluciju sa malim brojem piksela ili pak kontra velika rezolucija sa velikim brojem piksela. Zbog toga je neophodno promeniti veličinu slike i pokušati prilagoditi uzorak daljoj analizi. Na sam uzorak lica utiče i iz kog ugla je snimak nastao, koliko je bilo osvetljenje i kakva je sama facijalna ekspresija lica. Zbog toga se uzorci podvrgavaju dodatnoj obradi pa se samo lice ili prebacuje u vektore konstantne dužine ili se sa lica izdvajaju značajne tačke, sve zavisi koja se tehnika koristi. Ti podaci se pored slike lica smeštaju kao dodatni parametri koji se analiziraju prilikom prepoznavanja lica.

Nakon izdvajanja karakteristika sa slika lica sledi faza prepoznavanja lica. Za ovu fazu bitno je postojanje već uzetih uzoraka od osoba čiji se identitet želi potvrditi. Ti uzorci su obično smešteni u bazu podataka. Za svaku osobu uzima se po nekoliko slika i sa njih se izdvajaju željeni parametri. Kada se taj uslov ispuni tek tada je moguće prepoznavanje. Sa ulazne slike izdvajaju se značajna svojstva i porede se sa uzorcima u bazi podataka. Ukoliko se jave poklapanja, uspešno se identifikuje lice.

Kao i kod većine biometrijskih metoda i kod detekcije lica razvijaju se dva različita sistema za identifikaciju i za verifikaciju. Kod identifikacije se sistemu daje ulaznu sliku na kojoj se detektuju lica i želja je da sistem kaže ko se nalazi na toj slici tačno ili pak sa najvećom verovatnoćom. Dok kod verifikacije ulaznoj slici se pridružuje pretpostavka identiteta i sistem treba da da potvrdi da li je pretpostavka tačna ili ne

### 3. ALGORITMI ZA DETEKCIJU LICA

Pouzdanost i tačnost detekcije lica ima najveći uticaj na performanse i korisnost čitavog sistema za prepoznavanje. Detekcija lica može da se zasniva na nekoliko parametara kao što su: boja kože (kod slika i videa u boji), pokreti lica u videima, oblik lica/glave, izrazi lica, kombinacija svih parametara.

Vremenom kako su se sistemi za prepoznavanje lica razvijali tako je dolazilo do pojave sve većeg broja algoritama za detekciju lica na slici. Oni se mogu klasifikovati u četiri kategorije: algoritmi zasnovani na znanju (eng. *knowledge-based*), algoritmi koji koriste unapred određene šablone za poklapanje (eng. *template matching*), algoritmi zasnovani na izgledu (eng. *appearance-based*) i algoritmi koji se zasnivaju na nepromenljivim karakteristikama lica (eng. *feature invariant*) [3].

*Algoritmi koji se zasnivaju na znanju* koriste postojeća naučna dostignuća o karakteristikama ljudskog lica i pretvaraju ih u skup pravila. Neka pravila se zasnivaju na opštim biološkim zakonitostima lica poput prisustva očiju, nosa i usta ili simetrije. Ona spadaju u grupu jednostavnijih pravila. Složenija pravila se dobijaju eksperimentalno, kao što su relativna rastojanja i pozicije pojedinih crta lica, koristeći veliki broj fotografija lica za određivanje prosečnih vrednosti. Problem kod ovakvih algoritama se javlja kod pretvaranja ljudskog znanja u skup pravila. Ako se koristi mali broj pravila, rezultati izvršavanja algoritma mogu sadržati veliki broj lažno pozitivnih rezultata, dok se kod korišćenja velikog broja pravila često javlja veliki broj lažno negativnih rezultata, odnosno lica koja neće biti detektovana [4].

Kod *algoritama koji koriste unapred određene šablone za poklapanje* čuvaju se nekoliko standardnih šablona lica, čiji parametri su uneti ručno. Za svaku ulaznu sliku, na kojoj se proverava postojanje lica, korelacijom sa šablonima računaju se odnosi za konturu lica, oči, nos i usta posebno. Postojanje lica se određuje na osnovu

korelacionih vrednosti. Glavna prednost ovih algoritama je jednostavnost implementacije, ali sa malim procentom uspešnosti detekcije lica. Na njih veoma nepovoljno utiče rezolucija ulazne slike kao i facijalne ekspresije lica [5].

*Algoritmi zasnovani na izgledu* takođe koriste šablone za detekciju lica, samo što se kod njih vrednost ne zadaje unapred već se ona izračunava na osnovu skupa reprezentativnih slika određenog lica. Ovako naučeni modeli se kasnije koriste za detekciju lica. Ovi algoritmi najviše koriste tehnike statističke analize i mašinskog učenja kako bi pronašli relevantne karakteristike lica i dela slike gde se ne nalazi lice. Naučene karakteristike su u obliku distribucionih modela ili diskriminantnih funkcija koje se pojedinačno koriste za detekciju lica. Smanjenje veličine slike veoma se često sreće kod ovih metoda (tome se pribegava zbog efikasnijih i bržih proračuna i svakako bolje detekcije) [6].

*Algoritmi koji se zasnivaju na nepromenljivim karakteristikama lica* pronalaze biološki nepromenljivih karakteristika lica. Ona ne zavise od facijalne ekspresije, osvetljenja, ugla slikanja ili snimanja. Ovi algoritmi su kreirani sa ciljem da ostvare visok procenata uspešnosti detekcije lica. Za razliku od algoritama zasnovanih na znanju kod kojih se koriste informacije sa cele slike, kod algoritama zasnovanih na nepromenljivim karakteristikama prvo se detektuju crte lica, obrve, oči, nos, usta koji zajedno sačinjavaju potencijalni region na kome se nalazi lice. Kasnije, analiziranjem veza u tom regionu utvrđuje da li stvarno postoji ili ne postoji lice. Negativan uticaj osvetljenja, senke, šuma, erozije i dilatacije na karakteristikama same slike predstavljaju glavni nedostatak ove metode [7].

### 4. ALGORITMI ZA PREPOZNAVANJE LICA

Prvi algoritmi za prepoznavanje lica nastali su sredinom šezdesetih godina XX veka i od tada se konstantno unapređuju kako bi davali što bolje rezultate. Teži se tome da dostignu ljudsku brzinu prepoznavanja lica, koja gotovo u milisekundi nakon registrovanja lica odredi njen identitet. Istraživanja su pokazala da čovek može da prepozna do deset hiljada lica koja upozna tokom života i da je to prepoznavanje otporno na različite faktore ometanja poput svetlosti, facijalne ekspresije lica, ugla gledanja, frizure i dr.

Većina algoritama za prepoznavanje lica zasniva se na tehnici mašinskog učenja (eng. *machine learning*). Proces mašinskog učenja podrazumeva da se računaru daju podaci za učenje, u ovom slučaju fotografije lica, oni se analiziraju i obrađuju potom se dobijeni rezultati smeštaju u bazu podataka i predstavljaju osnovne parametre prilikom poređenja fotografija lica. Tokom samog procesa testiranja i poređenja fotografija lica, u paraleli se nastavlja sa mašinskim učenjem. Uzorci koji su odbijeni takođe se smeštaju u bazu kao negativni parametri.

Postoje više podela algoritma za poređenje lica, a jedna od najčešćih je na algoritme koji koriste dvodimenzionalni prikaz lica i iz njega izdvajaju

karakteristične tačke i udaljenost među njima i na one koji koriste trodimenzionalne modele. Veći stepen detekcije i prepoznavanja lica podrazumeva upotrebu video snimka. Tu se analiziraju uzastopne slike lica i na osnovu njihove obrade dobijaju se veći broj parametara koji se kasnije koriste prilikom poređenja lica. Za to se koristi i specijalna grupa algoritama [8].

*Niksonov metod* spada u grupu metoda dvodimenzionalnog prikaza lica i koristi automatizovani pristup za određivanje karakterističnih tačaka lica. Mark Nikson autor ove metode sredinom osamdesetih godina XX veka razvio je poseban algoritam za prepoznavanje lica na osnovu razmaka između očiju. Prilikom analize značajnih tačaka lica Nikson je smatrao da od njih dvadeset i jedan (npr. dužina i širina ušiju, debljina usana, odvojenost očiju i dr.) najlakše može da se implementirati automatizovano prepoznavanje očiju, u prilog tome ide i činjenica da se prikaz očiju ne menja u velikoj meri prilikom promene facijalnih ekspresija. Prvi korak u ovoj metodi podrazumevao je izdvajanje područja fotografije na kojem se potencijalno nalaze oči. Za prepoznavanje lica pomoću očiju najbitnije su šarenica i beonjača. Prepoznavanje šarenica na fotografiji je jedan od jednostavnijih zadataka upravo zbog kružnog oblika šarenice. Problem je mogao nastati u slučaju kada su na fotografiji zatvorene oči ili kada se šarenica nalazi na takvoj poziciji na slici da ju je nemoguće otkriti. Dok beonjača oblikom podseća na elipsu i lako se locira pomoću pozicije obrva. Pozicija očiju se utvrđuje i pomoću gradijenta fotografije [9].

*Analiza glavnih komponenta* bazira se na dvodimenzionalnom problemu prepoznavanja koristeći činjenicu da se lica obično posmatraju frontalno i da mogu biti opisana malim skupom dvodimenzionalnih karakterističnih tačaka. Autori ove metode su američki naučnici Metju Turk i Aleks Pentland. Oni su pošli od pretpostavke da za prepoznavanje lica nije dovoljno samo pronaći karakteristične tačke i izmeriti udaljenosti između njih, nego i primeniti kodiranje i dekodiranje fotografije lica. Analizirajući uzorke fotografija istog lica odredili su varijacije karakterističnih tačaka za dato lice. Tako dobijene informacije su kodirali i koristili za naredna poređenja. Sve fotografije lica su tretirane kao tačka (ili vektor) u višedimenzionalnom prostoru. Posmatrajući kovarijacijske matrice skupa fotografija lica, traže se karakteristični vektori navedene matrice. Karakteristični vektori su izračunati za različitu količinu varijacije na fotografiji lica i poređani prema opadajućem kriterijumu. Skup svih karakterističnih vektora smatra se skupom značajnih tačaka koje zajedno određuju varijaciju između fotografija lica. Karakteristični vektori se nazivaju svojstva lica (eng. *eigenfaces*) [10].

Početkom 2000ih godina pojavili su se algoritmi za prepoznavanje lica koji koriste trodimenzionalni prikaz. Potreba za njima nastala je iz razloga što su algoritmi koji koriste dvodimenzionalne metode za prepoznavanje lica po pravilu osjetljive na različite uslove osvetljenja, položaje glave, izraze lica i drugo. Pokazalo se da algoritmi koji koriste trodimenzionalni prikaz pokazuju

otpornost prema varijacijama u bojama, osvetljenju i izdvajanju lica od pozadine.

Razlika između algoritama koji koriste dvodimenzionalni ili trodimenzionalni prikaz je zapravo samo u početnom procesiranju fotografija lica. Kasniji postupak procesiranja fotografije je sličan, računaju se određene udaljenosti, pohranjuju u vektore ili matrice te se određuje koji reprezent najbolje odgovara fotografiji koju je potrebno prepoznati.

Kod algoritma za *trodimenzionalno prepoznavanje bez rekonstrukcije* neophodan uslov koji mora biti ispunjen u prvoj fazi ove metode je svakako određivanje strukture lica osobe koja se prepoznaje. Samo prepoznavanja lica funkcioniše na sledeći način. Prvo se fotografije lica obrađuju tako što se iseku delovi koji leže izvan elipse kojoj je središte vrh nosa. Potom se računaju udaljenosti i smeštaju u matricu kojoj se smanjuju dimenzije. Dobijeni oblik se upoređuje sa podacima koji se već nalaze u bazi podataka i ukoliko se poklope parametri, podudaranje je pronađeno [11].

*Trodimenzionalni model oblika* (eng. *Three Dimensional Morphable Model*) ili kraće *3D morphable model*, zamišljen je da radi sa fotografijama u boji i da koristi laserske skenere lica za prikupljanje uzoraka. Na svakoj slici nakon laserskog skeniranja glave izdvaja se lice, to je prvi korak u obradi svake slike. Nakon toga se za svaki piksel, na slici izdvojenog lica, određuju tačne vrednosti x, y, z koordinata crvene, zelene i plave boje. Kada se odrede intenziteti boja sledi izračunavanje srednjih vrednosti i značajnih karakteristika lica. Na osnovu tih vrednosti kasnije se vrši poređenje lica [12].

Poboljšana verzija *3D Morphable Model* metode vrši prepoznavanje lica koje se bazira na komponentama. Ova metoda prvo procesira fotografije pomoću *3D Morphable Model*-a, a zatim te iste uzorke koristi za prepoznavanje lica, koristeći komponente lica kao parametar. Ova metoda pokazala se vrlo uspešnom. Na nju ne utiču, u velikoj meri, promene na licu poput facijalnih ekspresija ili promena orijentacije glave. Kao i kod svih ostalih metoda da bi se postigla što bolja preciznost potreban je što veći uzorak fotografija lica. Nakon računanja karakteristika lica pomoću *3D Morphable Model*-a za svaku osobu uzimaju se po tri fotografije, koje su nastali pod različitim uslovima osvetljenja i uglovima snimanja. Sa tih fotografija se izdvajaju komponente lica korišćenjem specijalnih algoritama, izdvajaju se čak do četrnaest komponenta lica. Nakon toga se komponente analiziraju, a na osnovu dobijenih rezultata komponente koje imaju prevelika međusobna preklapanja se izbacuju. Detaljnim testiranjem ova metoda je imala preko devedeset posto uspešnog prepoznavanja lica i svrstala se u red najboljih metoda koje koriste trodimenzionalno prepoznavanje [13].

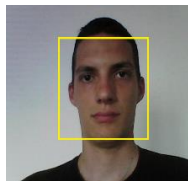
## 5. PRIMENA PREPOZNAVANJA LICA

Implementacija biometrijske metode koja koristi otisak lica za autentifikaciju korisnika podeljena je u dva dela.

Prvi deo obuhvata detekciju lica koja se odvija u realnom vremenu na video snimku. Takav pristup je dosta teži za realizaciju, neophodno je analizirati svaki frejm videa i proveriti da li se na njemu nalazi lice. Ako se nalazi lice na njemu se detektuju značajne karakteristike koje kasnije služe za praćenje lica na snimku.

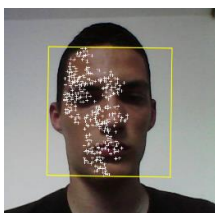
Drugi deo obuhvata poređenje svih uzoraka iz baze sa ulaznim uzorkom. Kao rezultat tog poređenja dobija se slika lica koja ima najveću sličnost sa ulaznim uzorkom. Algoritam je tako konstruisan da ne vrši potpuno prepoznavanje, on pravi modele slike svakog lica i na osnovu mašinskog učenja prepoznaje sličnosti između modela. Sistemi koji vrše potpuno prepoznavanje su značajno teži za implementaciju zahtevaju rad sa velikom količinom podataka (eng. *Big data*), a za sve to je neophodna velika procesorska moć [14].

Proces prepoznavanja lica na video snimku je dosta složen i sastoji se iz tri dela: detekcije lica, identifikacije karakteristika lica za praćenje i praćenje lica na snimku. Svaki video zapis sastoji se od frejmova odnosno okvira slika. Na prvom frejmu se proverava da li postoji lice pomoć *Viola-Jones* algoritma za detekciju [15]. Ukoliko postoji lice, sledi druga faza identifikacija karakteristika lica neophodnih za praćenje. Ukoliko ne postoji lice, nastavlja se sa izlistavanjem frejmova sve dok se ne pronađe frejm sa licem. Na slici 2 prikazan je frejm na kome je detektovano lice.



Slika 2. Prikaz jednog frejma na kome je detektovano lice

Kada se pronađe prvi frejm na kome se nalazi lice, sledi detekcija značajnih tačaka na licu, koji se kasnije koriste za praćenje lica na video snimku. Za to se koristi *Kanade-Lucas-Tomasi (KLT)* algoritam. Na slici 3 prikazane su detektovane značajne karakteristike lica za praćenje. Kada se pronađu karakteristike, računa se pomeranje praćenih tačaka iz jednog frejma u naredni. Na osnovu ovih proračuna relativno lako se detektuje pomeranje glave i nastavlja se sa praćenjem lica u narednim frejmovima sve do frejma gde je nemoguće detektovati lice i proces se nastavlja iz početka.



Slika 3. Prikaz jednog frejma na kome je detektovano lice sa značajnim tačkama

Slika svakog frejma se pre provere postojanja lica prvo pretvara iz spektra crvene, zelene i plave boje u sivu. *Viola-Jones* algoritam za detekciju lica najbolje rezultate postiže prilikom obrade slika u kojima prevladavaju nijanse crne i bele boje. Nakon detekcije prvog frejma na kome se nalazi lice sa sledećih pet se proverava postojanje lica, ako lice postoji sa cele slike se vrši odsecanje kvadrata u kome se nalazi lice. Svim tako dobijenim slikama se menja veličina na 200x200 piksela kako bi svi uzorci imali istu veličinu i time se kasnije značajno olakšava modelovanje i prepoznavanje lica.

Nakon smeštanja u bazu podataka sa svake slike izdvojenog lica računa se histogram orijentisanog gradijenta (eng. *Histogram of Oriented Gradient*). Na osnovu raspodele intenziteta gradijenata ili pravaca pružanja ivica na slikama mogu se detektovati lokalni objekti. Da bi se izračunao gradijent, slika se deli na male regione ili podslike koji se nazivaju ćelije, a za piksele unutar svake ćelije izračunava se histogram smera gradijenta. Ćelije mogu da budu pravougaone (eng. *Rectangular-HOG*) ili kružne (eng. *Circular-HOG*).

Da bi se povećala tačnost gradijenata, lokalni histogrami se mogu normalizovati kontrastom, izračunavanjem srednje vrednosti intenziteta u većem delu slike, nazvanom blok, a zatim se koristi ova vrednosti za normalizaciju svih ćelija unutar bloka. Ova normalizacija rezultira boljom invarijantnošću promena u osvetljavanju i senčenju.

Pored histograma za svaku sliku se čuva i neka slovna oznaka koja je jedinstvena. Za slovnu oznaku se uzima korisničko ime lica sa slike i broj uzoraka. Korisničko ime je jedinstveno za svakog korisnika, ne mogu postojati dva korisnika sa istim korisničkim imenom. Sama slovna oznaka služi kao identifikator za svoj histograma i ključna je kod poređenja.

Za svaki histogram i oznaku sačuvanu u bazi podataka formira se specijalni ECOC (eng. *error-correcting output codes*) model. ECOC model se sastoji iz dva dela: kodiranja, gde se svakoj klasi dodeljuje kodno slovo, i dekodiranja gde se ulaznom uzorku traži najbližnja klasa i njeno kodno slovo. Sam ECOC model koristi tehnike mašinskog učenja i binarizacije podataka kako bi za svaki ulazni parametar napravila poseban model, koji kasnije koristi za prepoznavanje u procesu dekodiranja.

Nakon prikupljanja podataka, obrade svih slika i kreiranja specijalnih modela, odnosno klasifikacije ulaznih podataka proces formiranja polazne baze podataka sa uzorcima je gotov. Prilikom poređenja slika lica ulazna slika se obrađuje, klasifikuje isto kao i slike u bazi podataka. Formirani model ulazne slike lica se poredi sa svakim modelom koji se nalazi u bazi podataka. Slika čiji model ima najveći stepen sličnosti sa ulaznim modelom se izdvaja i identifikuje kao najbližnja ulaznoj slici lica. Uspešnost prepoznavanja lica primenom ove tehnike je oko devedeset procenata što je i više nego zadovoljavajuće za primenu u relativno jednostavnim sistemima.

## 6. IMPLEMENTACIJA REŠENJA

Implementacija rešenja je realizovana u softverskom alatu *Matlab 2016a*. Za test bazu podataka korišćena je baza podataka za unos i pregled plana ispitnog roka izrađena u alatu *Microsoft SQL Server 2016*. Slike uzoraka lica se ne čuvaju u bazi podataka zbog svoje veličine nego na fajl sistemu.

Sistem je dizajniran tako da ima tri moguća korisnika. Administratora koji unosi nove korisnike u sam sistem. Operatera koji izrađuje plan ispitnog roka i tzv. „običnog korisnika“ koji može samo da pregleda plan ispitnog roka. Za svakog korisnika neophodna je autentifikacija odnosno biometrijska provera identiteta.

Na slici 4 prikazana je forma za autentifikaciju korisnika na kojoj se nalazi polje za unos korisničkog imena. Nakon unosa korisničkog imena klikom na dugme aktiviraj kameru, kamera se aktivira i neophodno je da se lice namesti za slikanje. Kada se pojavi žuti kvadrat oko lica znači da je uzorak dobar i lice može da se slika. Klikom na dugme slikaj zaustavlja se video snimak i sa zadnjeg frejma se detektuje i izdvaja lice. Poslednji korak je svakako autentifikacija, ukoliko je uspešna u polju koje je zaokruženo crvenom bojom ispisaće se tekst „uspešna prijava“, a ukoliko je autentifikacija neuspešna pisaće „neuspešna prijava“. U zavisnosti od vrste korisnika, nakon uspešne autentifikacije, otvaraju se različite forme.

Slika 4. Forma za autentifikaciju korisnika

Ukoliko se prijavi administrator otvara se forma za administratore na kojoj je moguće unositi nove korisnike (slika 5). Za svakog korisnika unosi se ime, prezime, čin, korisničko ime, privilegija i uzima se uzorak lica. Ti svi podaci se čuvaju smeštaju u bazi podataka i na fajl sistemu. Nakon unosa podataka obavezno je da se ažurira baza modela lica. Ako se ne ažurira, korisnik neće moći da se prijavi i da koristi aplikaciju.

Slika 5. Forma za administratore

Za svaki ispit koji se unosi u bazu obavezno je uneti naziv ispita, ispitivača, modul/klasu, datum kada se održava ispit i učiniocu. Sve te podatke unosi operater (slika 6).

Slika 6. Forma za operatere

Korisnik može samo da pregleda plan ispitnog roka, ne može da unosi nikakve promene u samom planu. Na slici 7 prikazan je izgled forme sa planom ispitnog roka.

	Назив испита	Испитивач	Модул/класа	Датум	Учioniца
1	Базе податак	pk Ivan Tot	IS/139	29.05.2018	K-7
2	Kis	pk Ivan Vulic	IS/139	30.05.2018	K-7
3	Dos	pk Milenko Andric	IS/139	01.06.2018	scv-226
4	Antene	pk Bojan Milanovic	Rds/139	02.06.2018	scv-224
5	Tk saobracaoj	pk Sasa Devetak	Tk/139	02.06.2018	scv-125
6	Operativni sistemi	Pk Ivan Tot	IS/139	08/09/2018	K-7
7	Programiranje	pk Goran Simic	vei/139	18.06.2018	centar za simulacije

Slika 7. Forma za korisnike

## 7. ZAKLJUČAK

Bezbednost informacionih sistem je jedno od najaktuelnijih pitanja današnjice. Kontrola pristupa je pogotovo bitna jer služi da spreči korisnike koji nemaju prava da pristupe i koriste sistem. Pristup nepoželjnih korisnika je veoma opasan skoro kod svih sistema zbog postojanja velike mogućnosti zloupotrebe samog sistema i informacija koje se nalaze u njemu.

Kroz ovaj rad detaljno je analizirana biometrija kao alternativa klasičnoj kontroli pristupa uz pomoć korisničkog imena i lozinke. Pokazalo se da se biometrijske metode mogu koristiti kao veoma uspešna zamena. Sa sve većim razvojem mikročipova, senzori za prikupljanje biometrijskih metoda postali su dosta pristupačni što je još jedan od bitnih faktora za veću upotrebu.

Uspešno je implementirana tehnika detekcije lica u realnom vremenu na video snimku (eng. *real time face detection*) i iskorišćeno je mašinsko učenje za prepoznavanje lica na osnovu modela. U nekom daljem radu potrebno je poboljšati sam algoritam za prepoznavanje lica ili implementirati neki napredniji.



## NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Ovaj rad je deo projekta "Upravljanje pristupom zaštićenim resursima računarskih mreža u Ministarstvu odbrane i Vojsci Srbije na osnovu multimodalne biometrijske identifikacije korisnika" evidencioni broj VA-TT/3/18-20, 2018.-2020., Univerzitet odbrane u Beogradu.

## LITERATURA

- [1] Jain, Anil K., Patrick Flynn, and Arun A. Ross, „Handbook of biometrics“, Springer Science & Business Media, 2007.
- [2] Jain, Anil K., and Stan Z. Li, „Handbook of face recognition“, Springer, 2011.
- [3] Maltoni, Davide, et al., „Handbook of fingerprint recognition“, Springer Science & Business Media, 2009.
- [4] Lu, Xiaoguang, „Image analysis for face recognition, Personal notes“, 2003.
- [5] Chao, Wei-Lun, „Introduction to pattern recognition“, National Taiwan University, 2009.
- [6] Babich, Aleksandra, „Biometric Authentication. Types of biometric identifiers“, 2012.
- [7] Tomić, Dragan, „Biometrijska metoda skeniranja lica“, 2012.
- [8] Dimić, Marina, „Biometrijski sustavi identifikacije“, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Humanities and Social Sciences, 2017.
- [9] Jin, Zhong, „Face detection using template matching and skin-color information“, Neurocomputing, 2007.
- [10] Sung, K-K., and Tomaso Poggio, „Example-based learning for view-based human face detection“, IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, 1998.
- [11] Viola, Paul, and Michael Jones, „Rapid object detection using a boosted cascade of simple features“, Computer Vision and Pattern Recognition, 2001.
- [12] Lucas, Bruce D., and Takeo Kanade, „An iterative image registration technique with an application to stereo vision“, 1981.
- [13] Tomasi, Carlo, and Takeo Kanade, „Detection and tracking of point features“, 1991.
- [14] Shi, Jianbo, and Carlo Tomasi, „Good features to track“, Cornell University, 1993.
- [15] Dalal, Navneet, and Bill Triggs, „Histograms of oriented gradients for human detection“, Computer Vision and Pattern Recognition, 2005.

# DEKODIRANJE FREJMA ADS-b SISTEMA ZA PRAĆENJE VAZDUŠNOG SAOBRAĆAJA U PROGRAMSKOM JEZIKU PYTHON

## DECODING OF ADS-b AIR TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEM FRAME IN THE PYTHON PROGRAMMING LANGUAGE

Jelena Mitrović<sup>1</sup>, Bojan Milanović<sup>2</sup>  
126.brVOJIN, Vojska Srbije<sup>1</sup>  
Vojna akademija, Univerzitet odbrane<sup>2</sup>

**Sadržaj** – U ovom radu je prikazan postupak dekodiranja poruke sa ADS-b prijemnika i izvršena je analiza primljenih poruka. Dekodiranje je izvršeno u programskom jeziku Python. Izvršena analiza frejmova je pokazala: da pozicija prijemnika utiče na količinu primljenih informacija, da postoje izvesni problemi u određivanju geografske pozicije vazduhoplova i da se frejmovi ADS-b poruke ne ponavljaju ciklično već da se neki parametri leta šalju češće od drugih.

**Abstract** – In this paper, a decoding of ADS-b receiver frame is shown and analysis of the received messages is provided. Decoding is performed in Python programming language. Performed frame analyse has shown: that location of the receiver has influence on amount of the received information, that there are some problems in geographical position determination of the aircraft and that frames of the ADS-b message do not repeat cyclic but some parameters of the flight are sent more often than the others.

### 1. UVOD

Kontrola vazdušnog saobraćaja na teritoriji Republike Srbije zasniva se na pružanju informacija o poziciji i pravcima kretanja vazduhoplova. Osnovni izvor informacija o kretanju letelica u vazduhu su radarski sistemi. Obzirom da vazdušni saobraćaj postaje sve zagušeniji, dok su potrebe za većom efikasnošću u pružanju usluga od nadležnih centara za Kontrolu leta sve izraženije, javila se potreba za savremenijim senzorima koji će pružati preciznije podatke, od radarskih sistema [1].

Rad radarskih sistema se zasniva na detekciji ciljeva na osnovu reflektovanog elektromagnetnog zračenja od objekata. Pored vazduhoplova, radar može da detektuje i signale reflektovane i od drugih objekata kao što su jata ptica koja lete, visokih vrhova nebodera, kao i atmosferskih padavina. Podatke dobijene od radarskih sistema potrebno je naknadno obraditi, kako bi se razdvojili realni ciljevi od neželjenih refleksija. Iako se radarski sistemi geografski pozicioniraju tako da vazdušni prostor od interesa bude maksimalno pokriven, zbog oblika dijagrama zračenja radara, postoje zone u kojima radari nisu u stanju da detektuju ciljeve [2].

ADS-b sistem predstavlja rešenje kojim se prevazilaze nedostaci radarskih sistema. Skraćenica ADS-b (Automatic Dependant Surveillance- Broadcast) označava osnovne karakteristike ovog sistema. Radi automatski, odnosno, bez potrebe upravljanja od strane operatera [3].

Polazna tačka u realizaciji ovog sistema je bila ideja o primeni sistema koji bi odredio koordinate vazduhoplova preciznije od radarskih sistema. Imajući u vidu da se radi o civilnom saobraćaju, kao idealan sistem za određivanje pozicije vazduhoplova u prostoru iskorišćen je globalni navigacioni sistem (GPS). Imajući u vidu da je Zemlja u potpunosti pokrivena GPS satelitima i da su GPS sateliti vidljivi za sve letilice, bez obzira na njihovu poziciju, ovim rešenjem se prevazilazi problem “slepih” zona.

Informacija o poziciji vazduhoplova, zajedno sa ostalim parametrima leta aviona, pomoću ADS-b sistema se sa vazduhoplova distribuiraju svim korisnicima sa ADS-b prijemnikom, tako da svaki korisnik ovog sistema u svakom trenutku ima na svom displeju aktuelnu situaciju u vazduhu [3,4].

Distribucija parametara leta se šalje u vidu frejma, koji može biti dužine 112 ili 56 bita. Svaki od bitova frejma ima svoje značenje, a dekodiranje poruke se vrši na osnovu uputstva za dekodiranje [8,9]. Uz ADS-b prijemnik se dobija i odgovarajući program (adsbScope) za dekodiranje poruke i prikaz realne situacije na terenu.

ADS-b sistem je još uvek u fazi testiranja, međutim zakonskim regulativama je definisano da će se ovaj sistem uvesti u zvaničnu upotrebu, u SAD najkasnije do kraja 2019, dok u Evropi najkasnije do juna 2020. Imajući u vidu da će sistem biti u zvaničnoj upotrebi, za operatere kontrole leta, kao i za sistem protiv-vazduhoplovne odbrane, od značaja su karakteristike i princip rada ovog sistema.

Obzirom da je AdsbScope, kod zatvorenog tipa, tako da se pomoću njega ne može stvoriti potpuna slika o prirodi i karakteristikama poruka u ADS-b sistemu, javila se potreba da se u nekom od programskih jezika napravi kod koji bi sa ADS-b uređaja očitavao i dekodirao frejmove. Kao relativno jednostavan za pisanje koda, sa dosta dobrom pokrivenošću bibliotekama za ove potrebe, Python se pokazao kao logičan izbor za ovaj zadatak.

## 2. ADS-b SISTEM

ADS-b sistem čine tri osnovne komponente, a to su: zemaljske stanice, koje su opremljene omnidirekcionim primopredajnim antenama, ADS-b opreme u vazduhoplovu pod kojom se podrazumevaju CDTI (Cockpit Display of Traffic Information), ADS-b transponder i GPS prijemnik i operativne procedure kojima je regulisan rad ADS-b sistema i distribucija podataka između korisnika.

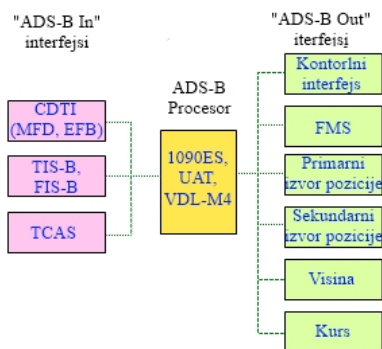


Slika 1. Transponder sa očitanim informacijama o poziciji

Korisnicima ADS-b sistema su na raspolaganju ADS-b Out i ADS-b In servisi (slika 2). ADS-b Out servis služi za prikupljanje podataka o parametrima leta vazduhoplova i za slanje ovih parametara ka zemaljskoj stanici.

ADS-b In je prijemni servis sistema i on služi za prijem podataka od ostalih učesnika saobraćaja i prikaz situacije na ekranu računara ili u kokpitu aviona. Ovim servisom se distribuiraju podaci prikupljeni pomoću ADS-b Out, TIS (Traffic Information System) i FIS (Flight Information System) servisa.

Svi podaci koje je potrebno distribuirati se objedinjuju u ADS-b procesoru i šalju se u obliku kodirane poruke ka korisnicima. Primljene poruke se dekoduju odgovarajućim algoritmima kako bi bile čitljive [5].



Slika 2. ADS-b servisi i protokol za komunikaciju

Komercijalno dostupan ADS-b prijemnik veličine USB fleša, koji je korišćen u ovom radu je ADS-b prijemnik sa oznakom GNS5890 (slika 3.) Uređaj GNS5890 je najmanji ADS-b prijemnik koji može da detektuje vazduhoplove opremljene ADS-b opremom u radijusu od 300 km. Sastoji se od antene veličine 20cm, kabla dužine

1m povezanog na uređaj veličine USB fleša, koji je predviđen da se preko USB porta poveže na računar. Uz uređaj se dobija i odgovarajući program, adsbScope u kome se prikazuje kretanje vazduhoplova na geografskoj karti i podaci, dobijeni od vazduhoplova [6].



Slika 3. Uređaj GNS5890 (receiver-decoder GNS5890)

## 3. DEKODIRANJE FREJMA

U ovom poglavlju biće opisani algoritmi prema kojima je izdvaja identifikacija, pozicija i brzina kretanja vazduhoplova. ADS-b poruka je 112-bitna povorka 0 i 1 koja sadrži korisne podatke. Pri distribuciji predstavljena je u heksadecimalnom zapisu. Povorka od 112 bita je podeljena na nekoliko blokova od kojih svaki ima određenu ulogu pri pružanju informacija. Podela ADS-b frejma na blokove je prikazana u Tabeli 1.

Prvih 5 bita čine Downlink Format. Na osnovu njega se definiše koji tip poruke je primljen. Sve ADS-b poruke počinju sa Downlink Formatom oblika 10001. Naredna 3 bita predstavljaju blok Capability kojim se definiše podtip poruke, što bliže govori o pošiljaocu poruke. Vrednosti ovog bloka zavise od toga da li poruka potiče od vazduhoplova ili od zemaljske stanice. Poruke koje su od interesa u ovom radu imaju Capability oblika 101. Sledi 24 bita koji služe za predstavljanje jedinstvene 24-bitne ICAO adrese vazduhoplova. Sledećih 55 bita čine blok od interesa koji se zove Data Frame. U ovom bloku su smešene informacije o identifikaciji, poziciji i brzini. Zadnji blok poruke koji se sastoji od 24 bita služi za proveru ispravnosti poruke prema bitu parnosti[7].

Početni bit	Završni bit	Ime funkcije	Skraćenica
1	5	Downlink Format	DF
6	8	Capability	CA
9	32	ICAO adress	ICAO24
33	88	Data Frame	DATA
89	112	Parity information	PC ili PI

Tabela 1. Podela ADS-b frejma na blokove podataka

Prvih 5 bita u Data Frame bloku definisani su kao blok Type Code koji bliže određuje koji podatak nosi Data Frame. U Tabeli 2. su prikazane decimalne vrednosti Type Coda i tipovi informacije koji se nalaze u Data Frame u zavisnosti od te vrednosti.

Type code	Informacija u Data Frame
1 do 4	Identifikacija aviona
5 do 8	Pozicija (geografska širina i dužina)
9 do 18	Pozicija aviona (visina u odnosu na tlo)
19	Brzina aviona

Tabela 2.-Decimalne vrednosti Type Coda i tipovi podataka koje Data Frame sadrži

Za vrednosti Type Coda od 1 do 4, potrebno je implementirati algoritam za identifikaciju vazduhoplova. Algoritam treba da zanemari prva 3 bita nakon bloka Type Code, a preostale bite da grupiše u 8 grupa po 6 bita redom. Za sve blokove se odredi odgovarajuća decimalna vrednost. Određena decimalna vrednost je redni broj simbola koji treba uzeti iz odgovarajućeg niza. Ako rednom broju odgovara simbol # ili \_ onda se taj simbol ne zapisuje u identifikaciji. Za grupisanu celokupnu povorku od 48 bita određuje se odgovarajući decimalni broj. U algoritmu se definišu opsezi decimalnih brojeva koji odgovaraju poletanju vazduhoplova iz određene zemlje[8]. Postupak identifikacije je pojašnjen preko Primer 1.

Primer 1.

Primljena ADS-b poruka u heksadecimalnom zapisu:

8D3C6423200C61F850481C23B7B3

Data Frame poruke:

200C61F850481C

Data Frame u binarnom zapisu:

00100000000110001100001111110000101000010010000011100

Type Code zapisan binarno(u decimalnom zapisu):

00100 (4)

Izdvojene 6-bitne grupe:

000011 000110 000111 111000 010100 000100 100000 011100

Decimalni brojevi koji odgovaraju 6-bitnim grupama:

3 6 7 56 20 4 32

Niz iz kog se uzimaju simboli za identifikaciju:

"#ABCDEFGHIJKLMNQRSTUWXYZ####\_#####  
#####

#####0123456789#####"

Odgovarajući simboli iz niza:

C F G 8 T D \_ #

Krajnja identifikacija:

C F G 8 T D

Decimalna vrednost koja odgovara grupi od 48-bitna:

3582276

Opseg vrednosti za identifikaciju poletanja iz Nemačke :

3532159-4063232

Zemlja poletanja:

Nemačka

Kada Type Code uzima vrednosti od 5 do 8, implementira se kod za određivanje pozicije u smislu izdvajanja geografske širine i dužine na kojoj se vazduhoplov nalazi. Ova pozicija može da se odredi na dva načina u zavisnosti od toga da li želimo da određujemo poziciju na osnovu 2 uzastopne poruke ili na osnovu jedne poruke i jedne definisane referentne tačke. U kodu je implementiran drugi način za izdvajanje pozicije.

Kao referentna tačka korišćena je pozicija Beograda . Prvo se izdvoji 54-ti bit parnosti i ako je taj bit 0 primenjuje se procedura za određivanje pozicije za parne poruke,odnosno, u suprotnom za neparne. Koeficijenti određeni na osnovu parnosti poruke i pozicija referentne tačke se uvrštavaju u ispod navedene formule. Izraz (1) se primenjuje na parne poruke,a izraz (2) na neparne kako bi se izračunao  $dLat$ . Pored referentne tačke, iz poruke se izdvajaju biti Data Frame-a od 55-og do 88-og. Prvih 17 bita predstavlja geografsku dužinu u CPR formatu, dok preostalih 17 predstavlja geografsku dužinu. Ove grupe bita se prebacuju iz binarnog zapisa u decimalni broj koji se deli sa 131072. Dobijena vrednost za geografsku širinu  $Latcpr$  se uvrsti u izraze (3) i (4). Zatim da bi se izračunala geografska dužina potrebno je naći koeficijent  $NL(lat)$  iz izraza (5). Na osnovu dobijenog rezultata u (5) vrši se izbor načina računanja  $dLon$  (preko izraza (6) ili (7)). Prema identičnom principu za određivanje geografske širine, uvrštavaju se i vrednosti za geografsku dužinu u izraze (8) i (9).

$$dLat = 360/4 \cdot NZ = 360/60 \quad (1)$$

$$dLat = 360/4 \cdot (NZ - 1) = 360/59 \quad (2)$$

$NZ$ - broj zona zemljinih širina,

$dLat$ - koeficijent za računanje geografske širine.

$$j = \text{floor}(Latref/dLat) + \text{floor}(\text{mod}(Latref,dLat)/dLat - Latcpr + 1/2) \quad (3)$$

$j$  - indeks zemljine širine,

$\text{floor}$  - funkcija zaokruživanja definisana tako da određuje najveću vrednost celog broja  $k$  pod uslovom da je  $k \leq x$ ,

$\text{mod}(x,y)$  - funkcija ostatka koja ima vrednost

$$x - y + \text{floor}\left(\frac{x}{y}\right),$$

$Latref=44.83$ - pozicija referentne tačke po geografskoj širini,

$LongRef=20.43$ - pozicija referentne tačke po geografskoj dužini,

$Latcpr$ - vrednost za geografsku širinu iz ADS-b frejma u CPR formatu .

$$Lat = dLat \cdot (j + Latcpr) \quad (4)$$

$Lat$ - vrednost geografske širine

$$NL(lat) = \text{floor} \frac{2\pi}{\arccos\left(1 - \frac{1 - \cos\left(\frac{\pi}{2} + NZ\right)}{\cos^2(\pi/180 + lat)}\right)} \quad (5)$$

$NL$ - broj zona zemljinih dužina,

$lat$ - zemljina geografska širina na kojoj se vazduhoplov nalazi.

$$dLon = 360/NL(Lat) \text{ ako je } NL(Lat) > 0 \quad (6)$$

$$dLon = 360 \text{ ako je } NL(Lat) = 0 \text{ ako je } NL(Lat) = 0 \quad (7)$$

$$dLon - \text{koeficijent za računanje geografske dužine}$$

$$m = \text{floor}(\text{Lonref}/dLon) +$$

$$\text{floor}(\text{mod}(\text{Lonref}, dLon)/dLon - \text{Loncpr} + 1/2) \quad (8)$$

$j$  – indeks zemljine dužine,

$\text{Loncpr}$  - vrednost za geografsku dužinu iz ADS-b frejma u CPR formatu .

$$\text{Lon} = dLon \cdot (m + \text{Loncpr}) \quad (9)$$

$\text{Lat}$  - vrednost geografske dužine

Vrednosti geografske širine se kreću u opsegu od -90 do 90 stepeni, dok se vrednosti geografske dužine kreću u opsegu od 0 do 180 stepeni[9].

Korak	Podatak	Objašnjenje postupka
1	1100001 1 1000	Lociramo „Q-bit“
2	X = 1100001 1000 (Binarno) = 1560 (Decimalno)	Zanemarimo „Q-Bit“ i pretvorimo vrednost iz binarne u decimalnu
3	Visina = X * 25	Q-bit je vrednosti 1, pa množimo s 25 stopa , u suprotnom sa 100.
4	1560 * 25 – 1000 = 38 000 stopa	Od dobijene vrednosti oduzima se 1000 stopa.

Tabela 3. Procedura prema kojoj se računa visina na kojoj vazduhoplov leti

Kada je Type Code u opsegu od 9 do 18, implementira se kod za izdvajanje visine. Vrš se izdvajanje podataka na opsegu od 41-og do 52-og bita Data Framea. Izdvoji se 48-i bit, koji se zove Q bit i utvrdi se njegova parnost. Primenjuju se procedure za preračunavanje visine date u Tabeli 3. Rezultat visine izražen je u stopama jer se ta mera koristi za izražavanje visine u kontroli vazdušnog saobraćaja[8].

Podatak o brzini sadrži poruka čiji Type Code ima vrednost 19. Po jedan bit iz Data Frame-a je rezervisan da odredi u kom pravcu je usmereno kretanje vazduhoplova. Za kretanje pravcem istok-zapad 46-ti bit poruke ima vrednost 1, dok za suprotan pravac ima vrednost 0. Za kretanje pravcem sever-jug 57-ti bit poruke ima vrednost 1, dok za suprotan pravac ima vrednost 0. Iz Data Frame-a se izdvaja povorka od 47-og do 56-og bita da bi se odredila decimalna vrednost za vertikalnu komponentu koja se uvrštava u formulu (10) ili (11) za određivanje brzine pravcem istok-zapad, dok se za horizontalnu komponentu koja se uvrsti u formulu (12) ili (13) za brzinu pravcem sever-jug izdava povorka od 58-og do 67-og bita. Za neparne poruke koriste se izrazi (10) i (12), a za parne (11) i (13). Izraz (16) se primenjuje kada se dobije pravac sa negativnim predznakom[7].

$$V(we) = -1 \times [V(ew) - 1] \quad (10)$$

$$V(we) = V(ew) - 1 \quad (11)$$

$V(we)$ - brzina pravcem zapad-istok

$$V(sn) = -1 \times [V(ns) - 1] \quad (12)$$

$$V(sn) = V(ns) - 1 \quad (13)$$

$V(sn)$ - brzina pravcem jug-sever

$$V = \sqrt{(V_{we}^2 - V_{sn}^2)} \quad (14)$$

$V$ - rezultantna brzina

$$h = \arctan\left(\frac{V_{we}}{V_{sn}}\right) \times \frac{360}{2\pi} \quad (15)$$

$h$ - pravac kretanja

$$h = h + 360^\circ \quad (16)$$

#### 4. IMPLEMENTACIJA KODA U PYTHONU

Glavni kod kreiran je tako da kao izlaz daje tražene rezultate, a da pri svom radu poziva funkcije iz pomoćnog koda. Funkcije iz pomoćnog koda su kreirane tako da svaka od njih vrši određene operacije nad delom poruke čiji su rezultati korak u dolasku do krajnjih korisnih podataka.

U pomoćnom kodu su kreirane sledeće funkcije :

- Funkcija za konverziju poruke iz heksadecimalnog u binarni, a zatim u decimalni zapis,
- Funkcije koje izdvajaju decimalnu vrednost za blokove poruke Downlink Format i Capability,
- Funkcija koja izdvaja jedinstvenu ICAO adresu vazduhoplova,
- Funkcija koja izdvaja decimalnu vrednost bloka Type Code,
- Funkcija koja izdvaja 54-ti bit parnosti,
- Funkcija koja izdvaja identifikaciju na bazi navedenih algoritama u prethodnom poglavlju,
- Funkcija koja izdvaja vrednosti po geografskoj dužini i širini iz poruke koja nosi podatak o poziciji,
- Funkcija koja računa poziciju u pogledu geografske širine i dužine na osnovu jedne primljene poruke i referentne pozicije,
- Funkcija koja izdvaja vrednost brzine i pravca kretanja vazduhoplova.

U glavnom kodu je kreiran algoritam za čitanje poruka. On odbacuje poruke koje nemaju odgovarajući Downlink Format i Capability. Propušta poruke čiji Downlink Format ima vrednost 17, a Capability ima vrednost 5. Oni se u heksadecimalnom zapisu predstavljaju zajedno kao 8D, a pri daljoj konverziji se posebno razmatraju. Zatim u daljoj obradi glavni kod oslanja se na funkcije iz pomoćnog koda kojima se obrađuje poruka. Kao izlaz dobijaju se rezultati ispisani na terminalu sledećim redosledom:

- poruka ispisana u heksadecimalnom zapisu,
- izdvojena jedinstvena adresa vazduhoplova,
- bit parnosti poruke,
- identifikacija vazduhoplova,
- geografska širina na kojoj vazduhoplov leti,
- geografska dužina na kojoj vazduhoplov leti,
- visina na kojoj vazduhoplov leti,
- zemlja iz koje je vazduhoplov poleteo,
- brzina kretanja vazduhoplova,
- pravac kretanja vazduhoplova.

```

C:\Python27\python.exe
-----
Message                                ICAO:  F      ID:      Latitude  Longitude
0      D3C661  2      0
8D3C66129944E02790B00023B7B3      3C6612  0      DLH5KW      44.9900378211  19.9495370047
8D4690E658BF052A76A343870920      4690E6  1      0      44.4902995481  19.876033238
8D4BAA6E58B502381F10DC2D02D3      4BAA6E  0      THY3PB      45.3288116455  21.7108154297
8D4BD155994151ABA80434DE11AD      4BD155  0      CAI25D      44.3428220587  20.5189950126
8D4BA95060A585A0ACBCEF0378EC      4BA950  1      THY77J      45.1946814586  20.3058079311
8D4C01E36015955AA6A228FB2D8B      4C01E3  1      0      44.777433751  19.8575265067
8D4BB14158B5053956CD57B51560      4BB141  1      THY34      44.5789350089  20.5804661342
8D4CA70658BF0185DEE5FAA7FD6E      4CA706  0      RYR58C      44.2843780518  20.9929112026
8F4BB84560BDF1A5BAF38344B5E4      4BB845  0      PGT11TF      44.4710540771  21.2195042201
8D405A4858B9820C86C80AE428A4      405A48  0      BAW639      45.0733795166  20.4917253767
8D4784E89914C72F48042FC6B1DB      4784E8  1      SAS7376      45.1044158936  20.8949497768
8D4690E9994084B7400432FFDE1D      4690E9  1      AEE73      45.0264587402  21.1543709891
8D4BA74B58BF052100C3FF94B9B3      4BA74B  1      PGT78E      44.4339247881  20.424041748
8D4C01E76039C1B834C930FD8C5C      4C01E7  0      ASL62J      44.5793151855  20.5109514509
8D44001C58AB051148CD2A8EFF89      44001C  1      AUA861      44.3402616856  20.5775233677
8D4009F958AF559F9CB21BA6504B      4009F9  1      BAW891      45.1883503542  20.124533517
8D4AC9469914CC30800430FB5AB6      4AC946  1      SAS778      45.2142799507  20.317905971
8D4B906158BDF1AA82F18FC5BB8CD      4B9061  0      PGT76HH      44.4990692139  21.186806815
8D502CB499448935280436A2CC9C      502CB4  0      PRI516      45.0732266701  20.1058306013
8D4009C658B51175C908CD95B02C      4009C6  0      BAW676      44.1901245117  21.0741406818
8D503DAA9A90956E1920040098DB90      503DAA  1      TCX829      44.7225952148  19.8968941825
8D48418860C9018AB0E064F5D366      484188  0      TRA35E      44.3126220703  20.8993966239
8D4841D660CD81D298C02D06E9C6      4841D6  0      TRA9352      44.7339477539  20.3600856236
8D4853D158C3854E18B838048DB2      4853D1  1      TRA5802      44.7026243048  20.2268763951
8D4C01E0601171DBCABF929AAADA      4C01E0  0      0      44.7878265381  20.349949428
8D4C01759B05FC8FF060005F074B      4C0175  1      0      0      0
8D4CA80F60BF01EC32CD567706EC      4CA80F  0      RYR5MK      44.8839569092  20.5804007394
8D4CA6D260B50561809DDFBF9658      4CA6D2  1      RYR87EX      44.8182600636  19.7857883998
-----

```

Slika 4. Izgled levog dela izlaznog terminala, prikaz rezultata dekodiranja ADS-b frejmova

```

-----
Altitude      Country      Speed      Direction
12650      Germany      387.33964424  324.668668661
37000      0      0
35000      Turkey      0      0
37000      ?      485.149461506  136.002156324
32000      Turkey      468.786731894  310.588037871
3225      151.558569537  175.079383964
35000      Turkey      508.206650881  132.448116386
37000      ?      465.662968251  154.700643888
36975      Turkey      487.230951398  131.838619656
36000      United Kingdom  430.261548363  321.132222498
36000      ?      427.182630733  332.235212585
35000      ?      461.289496954  163.372137514
37000      Turkey      480.275962338  136.434204429
10500      Yugoslavia      306.424542098  158.962488975
33000      ?      475.478706148  137.045408489
33925      United Kingdom  429.219058291  314.716827119
35975      ?      438.36058217  332.265809495
36975      Turkey      487.89855503  131.926110987
38000      ?      434.534233404  342.315607973
35000      United Kingdom  472.258403843  116.673565781
-----

```

Slika 5. Izgled desnog dela izlaznog terminala, prikaz rezultata dekodiranja ADS-b frejmova

## 5. ANALIZA FREJMOVA

Sa prikaza rezultata u terminalu, može se videti da pored svake poruke nisu ispisani svi navedeni podaci. Razlog tome je što jedna poruka može da ponese samo jednu od informacija tj. daće podatak o identifikaciji, poziciji ili

brzini, ali ne i o svemu istovremeno. Pri stizanju novih poruka podaci će se osvežavati i ispisivaće se nove pristigle informacije na terminalu.

Primećen je nelogičan skok u očitavanju geografske dužine od 0.5 stepeni. Ova manifestacija se pojavljuje i u originalnom softveru. U originalnom softveru adsbScope je bilo teže zapaziti ovaj skok jer se na drugačiji način prikazuju podaci. U adsbScope kada se zanove podaci o određenom vazduhoplovu, prethodno očitani podaci nestaju i ispisuju se novi. Na terminal su podaci predstavljeni tako da svi podaci o jednom vazduhoplovu

## 6. ZAKLJUČAK

Kroz ovaj rad su prikazane osnovne funkcije koje obavlja ADS-b sistem. Uspešno su obrađivane informacije za čak 32 vazduhoplova istovremeno. Samom primenom ADS-b sistema u nadzoru vazdušnog saobraćaja izvršena je selekcija. Za razliku od primene radarskih sistema, kod ovog sistema zona od interesa su isključivo vazduhoplovi koji su opremljeni ADS-b opremom. Najveća prednost je jednostavnost realizacije ovog sistema. Pomoću uređaja veličine USB-a vršena je obrada do 2000 frejmova u minutu.

Primećen je uticaj pozicioniranja GNS5890 uređaja na kvalitet i količinu primljenih podataka. Kada se uređaj nalazi na isturenijoj poziciji po nadmorskoj visini, vrši bolju detekciju i dostupna je veća količina informacija za obradu. Do ovog zaključka se došlo kada je softver pokretan na 2 različite lokacije u okviru kompleksa Vojne Akademije. Pri pokretanju programa u učionici i u kancelariji katedre za Vojnoelektronsko inženjerstvo, primljena je različita količina podataka. Više poruka je primljeno u učionici jer je na oko 30m višoj poziciji u odnosu na katedru. U učionici praćeno je oko 25 vazduhoplova istovremeno, dok je u katedri bilo moguće pratiti maksimalno do 10 poruka od 10 različitih vazduhoplova. Takođe ređe se dešava da uređaj gubi konekciju. Gubitak konekcije je mana realizovanog hardvera koju korisnik navodi u uputstvu za upotrebu. Naime, čim priključimo GNS5890 na računar on kreće sa učitavanjem poruka pre nego što smo pokrenuli softver za obradu podataka. Gubitak konekcije se događao kada se GNS5890 priključi na računar, a u tom trenutku u vazduhu je poprilična gužva što se tiče kretanja vazduhoplova. Za kratak period dok softver još uvek nije pokrenut uređaj prima veći broj poruka, pa se na neki način "zbuni" i pri starovanju softvera nije u stanju da verodostojno prosledi podatke za prikaz. Kad u periodu od 1-og minuta, nemamo nikakav podatak prikazan u program, to je znak da treba isključiti i ponovo konektovati uređaj. Nakon toga uređaj radi bez problema. Verujemo da bi se dodatnim korekcijama i ovaj nedostatak mogao minimizovati.

Pri radu implementiranog koda dobijeni rezultati su upoređivani sa rezultatima koje daje adsbScope program koji fabrički ide uz uređaj GNS5890. Obzirom da su se dobijeni podaci u potpunosti poklapali može se reći da je

su u jednom redu, pa kada se osvežavaju podaci to je jasno vidljivo. Zapravo pri prvoj primljenoj poruci očitava se određena vrednost geografske dužine, pri sledećoj vrednosti se povećava za 0,5 stepeni, dok pri trećoj primljenoj poruci vrednost bude malo veća ali približna prvoj očitanoj geografskoj dužini. Razlog čudne manifestacije je nepristizanje potrebnih podataka o poziciji određen vremenski period.

realizovani kod zadovoljio očekivanja. Uz usvajanje novih znanja o principu rada i mogućnosti pribavljanja različitih vrsta informacija bitnih za letenje preko ADS-b sistema, implemetirani kod bi se mogao nadograditi da pruža i obrađuje još veću količinu informacija.

Analizirajući dobijene rezultate, došlo se do zaključka da je ADS-b sistem u mogućnosti da pored precizne pozicije pruži još mnogo vrsta podataka koji olakšavaju praćenje vazdušnog saobraćaja. Ovaj sistem je planiran da u bliskoj budućnosti bude deo obavezne opreme i softvera koji se koristi u vazduhoplovnom saobraćaju u celom svetu. Može se reći da je ovaj sistem prevazišao nedostatke koji se pojavljuju kod radarskih sistema, kao i da ima svoje nedostatke čijim se otklanjanjem treba baviti kako bi se maksimizirala efikasnost ovog sistema u prikupljanju i distribuciji podataka.

## 7. LITERATURA

- [1]<http://www.smatsa.rs/Cyr/ShowContent.aspx?mi=24> 18.07.2017.
- [2] Dr Jovan Zatkalik "RADIOLOKCIJA", Beograd 1995.
- [3] "How ADS-B works". Airservices Australia. 28 November 2012.
- [4] Pavić Aleksandar, Batrić Lalić, and Miloš Đurđević. "Osnove ADS-B tehnologije i osmatranje područja Republike Srbije bez radarske pokrivenosti."
- [5] Annex 10 to the Convention on International Civil Aviation Aeronautical Telecommunications Volume IV Surveillance and Collision Avoidance Systems Fifth Edition July 2014 International Civil Aviation Organization
- [6] GNS 5890 ADS-B Receiver USB Stick MANUAL
- [7] Crnički, Goran - "NADZOR LOKALNOG ZRAČNOG PROMETA PRIJEMNIKOM ADS-B" Diss. University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences., Division of Aeronautics., Department of Aeronautics., 2016
- [8] ADS-B Decoding Guide Documentation Release 0.2- Junzi Sun
- [9] <https://adsb-decodeguide.readthedocs.io/en/latest/content/airborne-position.html> 19.07.2017.
- [10] [https://www.rockwellcollins.com/adsb-aw?gclid=CjwKCAiAyrXiBRAjEiwATI95mahKFb23Se70bStKlX98E71nY4a\\_Yn0Rhghd5gzZi6qg1n2udTuP9hoCXccQAvD\\_BwE](https://www.rockwellcollins.com/adsb-aw?gclid=CjwKCAiAyrXiBRAjEiwATI95mahKFb23Se70bStKlX98E71nY4a_Yn0Rhghd5gzZi6qg1n2udTuP9hoCXccQAvD_BwE) 27.01.2019.

# REALIZACIJA DIGITALNOG KOMPASA UPOTREBOM MEMS SENZORA REALISATION OF DIGITAL COMPASS USING MEMS SENSOR

Davor Holender, Aleksa Lazović  
Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu

**Sadržaj** – U ovom radu je prikazana praktična primena MEMS (Micro-Electro-Mechanical System) senzora u realizaciji digitalnog kompasa. Primenjena je i detaljno opisana teoretska podloga i procedura Tilt, Hard Iron i Soft Iron kompenzacija kojom je poboljšana kvaliteta rada senzora. Analizirani su i objašnjeni rezultati dobijeni primenom tehnika kompenzacija radi poboljšanja proračuna ugla magnetnog severa.

**Abstract** – This paper shows practical implementation of MEMS (Micro-Electro-Mechanical System) sensor for realisation of digital compass. Tilt, Hard Iron and Soft Iron compensations are described in detail and are performed in order to improve the accuracy of sensors readings. Results of applied compensations, which are meant to ameliorate computing of magnetic north angle, are analysed and explained.

## 1. UVOD

Pronalaskom kompasa olakšana je navigacija i orijentacija u prostoru. Kompas je naprava koja uvek pokazuje pravac magnetnog severa. Prvi kompasi za koje se zna su korišćeni u Kini. U Evropi su ih prvo koristili u Norveškoj, a zatim i u Italiji, Francuskoj, Španiji. U početku su to bile gvozdene šipke koje su na plovcima od trske plivale u vodi. Zatim je izumljena magnetna igla, a izgled kompasa kakvog poznajemo danas nastao je u XIV veku. Razvojem tehnologije omogućeno je da se kompas može realizovati pomoću MEMS senzora koji je manji od zrna pirinča.

MEMS su elektromehanički sistemi koje pokreće električna energija. Oni aktiviraju, kontrolišu i registruju mehaničke procese na mikro-skali i generišu efekte na makro-skali. Ovi sistemi minimizuju postojeće uređaje, koriste otkrića moderne fizike uz primenu mikrotehnike. Danas su zastupljeni u industriji, proizvodima široke potrošnje, automobilske industriji, medicini, biomedicini, vazduhoplovstvu, vojnoj industriji [1].

Jedan od čestih primera MEMS-a je i troosni akcelerometar i magnetometar. Primenom ovog senzora smanjuje se veličina IMU (Inertial Measurement Unit) uređaja. U odsustvu GPS navigacije, korišćenjem žiroskopa, akcelerometra i magnetometra može se realizovati inercijalni sistem navigacije koji će, beležeći ugaona i translatorska ubrzanja objekta i pravac magnetnog severa, u referentnom koordinatnom sistemu iscrtavati pređeni put. Neizostavan deo takvog sistema navigacije je i kompas čija je realizacija opisana u ovom radu.

## 2. OPIS HARDVERA

Za realizaciju digitalnog kompasa korišćen je:

- Compass click firme Mikroelektronika i
- Arduino Uno R3

Compass click je modul koji sadrži LSM303DLHC ultra kompaktni e-kompas čip, prikazan na slici 1. To je senzor koji meri linearno ubrzanje (u rasponima  $\pm 2g/\pm 4g/\pm 8g/\pm 16g$ ) i magnetno polje (od  $\pm 1.3$  gauss do  $\pm 8.1$  gauss) u tri ose. Kroz I2C interfejs daje 16bit-ne podatke na izlazu. Male je mase i malih dimenzija (28.6 x 25.4 mm). Napon napajanja iznosi 3.3 V [2].



Slika 1. Compass click

Arduino Uno, prikazan na slici 2, je open-source mikrokontroler razvojna ploča na kojoj se nalazi Atmelov ATmega328P mikrokontroler. Na njoj se nalazi 14 digitalnih input/output pinova od kojih 6 mogu raditi kao PWM izlazi (Pulse Width Modulation), 6 analognih ulaza, kvarc kristal oscilator frekvencije 16MHz, USB konektor, Power jack, ICSP header kao i reset dugme [3].

Programiranje se vrši povezivanjem preko USB kabla sa računarom iz programske aplikacije Arduino IDE. Uređaj se može napajati preko USB-a ili spoljašnjeg izvora čiji napon treba da je između 7 i 12V.

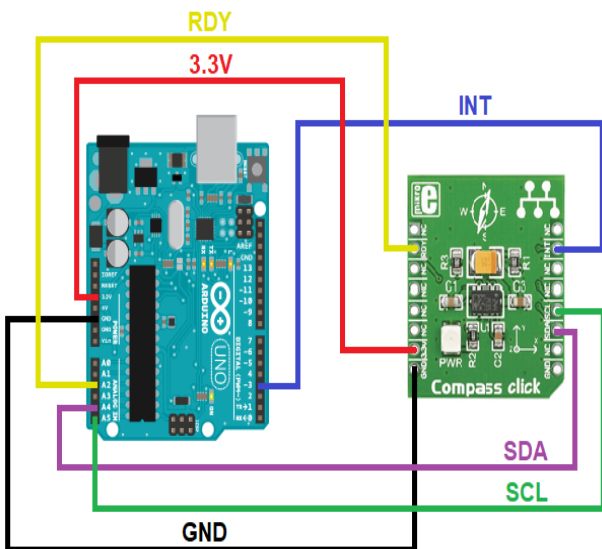
Maksimalna jednosmerna struja na izlaznim pinovima je 20mA, dok je na pinu napajanja DC naponom od 3.3V 50mA. Arduino Uno ima fleš memoriju od 32KB, kao i 2 KB SRAM i 1 KB EEPROM memorije.





Slika 2. Arduino Uno

Arudino i Compass click su povezani na način prikazan na slici 3. RST je povezan na analogni pin A2, a INT na digitalni pin D3. Kako senzor i mikrokontroler komuniciraju I2C komunikacijom, moraju postojati SDA i SCL pinovi, a oni su spojeni sa A4 i A5 analognim pinovima respektivno. Na kraju, mase su međusobno povezane, a napon 3.3V sa Arduino Uno je doveden na Compass click.

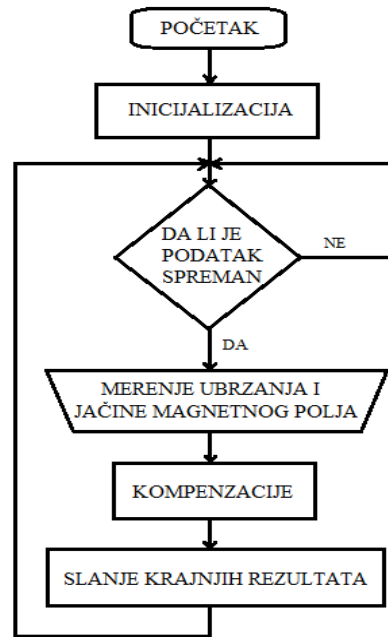


Slika 3. Povezivanje Arduina i Compass click-a

### 3. OPIS PROGRAMA SOFTVERSKJE PODRŠKE

Nakon hardverskog povezivanja Arduina i Compass click-a, potrebno je isprogramirati mikrokontroler odgovarajućim kodom. Faze izvršavanja programa prikazane su na slici 4. Podaci se sa senzora čitaju putem I2C magistrale. Potrebno je podesiti parametre po kojima će se učitavati podaci sa senzora. Ovo se čini pisanjem u određene konfiguracione registre gde se podešava merni opseg, frekvencija semplovanja podataka, obaveštenje da li je podatak spreman itd.

Radi smanjenja obima programskog koda korišćene su dve biblioteke koje korisniku omogućavaju jednostavnije upisivanje u određene registre. To su Adafruit\_LSM303DLHC-1.0.3 i Adafruit\_Sensor-master biblioteke koje se mogu preuzeti sa interneta, [4].



Slika 4. Faze izvršavanja programa

Parametri senzora inicijalizovani su na sledeći način:

- Opseg u kojem se meri jačina magnetnog polja je  $\pm 1.3$  gauss.
- Opseg u kojem se meri ubrzanje je  $\pm 2g$ , sa rezolucijom 1mg.
- Magnetometar je podešen u **continous-conversion** mod.
- Frekvencija semplovanja magnetometra je 75Hz.
- Akcelerometar je podešen u **normal-power** mod.
- Frekvencija semplovanja akcelerometra je 50Hz.

Upotrebom funkcije **mag.getEvent(&event)** senzor će očitavati i slati nam neobrađene podatke, što je prikazano na slici 5.

```
X: 5.18 Y: 7.09 Z: -37.96
X: 5.18 Y: 7.09 Z: -37.96
X: 3.82 Y: 8.55 Z: -38.27
X: 2.18 Y: 10.27 Z: -37.86
X: 1.09 Y: 10.64 Z: -37.86
X: 1.09 Y: 10.64 Z: -37.86
X: 0.00 Y: 11.82 Z: -37.65
X: -1.91 Y: 12.27 Z: -37.55
X: -3.73 Y: 13.09 Z: -37.35
X: -5.45 Y: 13.45 Z: -37.24
X: -5.45 Y: 13.45 Z: -37.24
X: -7.64 Y: 14.00 Z: -36.73
X: -9.27 Y: 14.09 Z: -36.73
X: -11.64 Y: 14.00 Z: -36.73
X: -11.64 Y: 14.00 Z: -36.73
X: -14.64 Y: 13.55 Z: -36.33
X: -16.91 Y: 13.09 Z: -36.12
X: -20.45 Y: 11.09 Z: -35.82
```

Slika 5. Prikaz neobrađenih podataka magnetometra

Podaci su upisani kao **event.magnetic.x**, **event.magnetic.y**, **event.magnetic.z** što predstavlja vektore jačine magnetnog polja po x,y i z-osi.

Na isti način se dobijaju podaci sa akcelerometra, upotrebom funkcije **accel.getEvent(&event)** i čitanjem

podataka koji su upisani kao **event.acceleration.x**, **event.acceleration.y**, **event.acceleration.z** odnosno ubrzanje po x, y i z-osi respektivno.

Najpre je potrebno izvršiti kompenzaciju neobrađenih podataka, a potom izračunati ugao pravca magnetnog severa odnosno azimuta. Azimut mora da bude u opsegu od 0° do 359° zbog čega je upotrebljena konverzija a kod konverzije je prikazan na slici 6.

```

azimut=atan2(S2y,S2x);
if (azimut<=0)
{azimut=360-azimut*(-1)*57.272727;}
else{ azimut=(azimut*57.272727);
};

```

Slika 6. Kod za konvertovanje azimuta

gde su S2y i S2x vektori jačine magnetnog polja po y i x-osi respektivno nakon izvršenih kompenzacija. Prikaz azimuta vršimo funkcijom **Serial.print(azimut)**.

#### 4. KOMPENZACIJE

Na tačnost pokazivanja pravca magnetnog severa MEMS senzora utiče više faktora:

1. Kompenzacija nivelisanosti
2. Hard-iron kompenzacija
3. Soft-iron kompenzacija
4. Ostali faktori

Rezultantni vektor magnetnog polja se u vezanom koordinatnom sistemu deli na x,y i z komponentu. Kada se x i y osa nalaze u horizontalnoj ravni, pravac magnetnog severa računa se prema formuli:

$$\psi = \arctg \frac{Y_{mag}}{X_{mag}}, \quad (1)$$

gde je  $\psi$  ugao pravca magnetnog severa, a  $Y_{mag}$  i  $X_{mag}$  intenziteti magnetnog polja po y i x-osi respektivno. Međutim, ukoliko dođe do povećanja ugla propinjanja i/ili ugla valjanja senzora, vektori magnetnog polja po x i y osi neće biti u horizontalnoj ravni te će se zbog toga pojaviti greška azimuta [5]. Ova greška se otklanja Tilt kompenzacijom.

Postupak Tilt kompenzacije se započinje izračunavanjem ugla propinjanja  $\theta$  (ugao između horizontalne ravni i x-ose magnetometra) i ugla valjanja  $\phi$  (ugao između horizontalne ravni i y-ose magnetometra).

$$\phi = \arctg \left( \frac{Y_{acs}}{Z_{acs}} \right), \quad (2)$$

$$\theta = \arctg \left( \frac{X_{acs}}{\sqrt{Y_{acs}^2 + Z_{acs}^2}} \right), \quad (3)$$

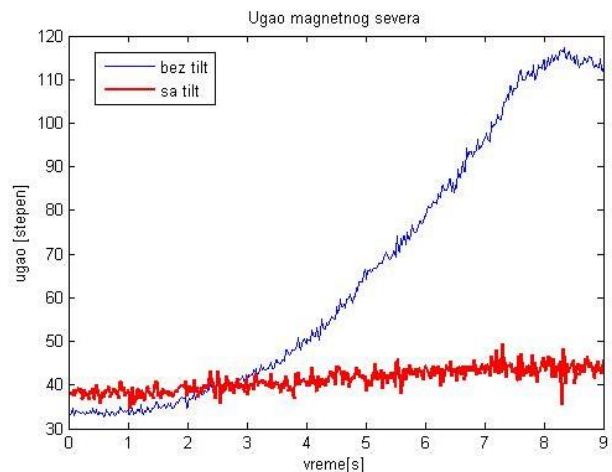
gde su  $X_{acs}$ ,  $Y_{acs}$  i  $Z_{acs}$  vrednosti ubrzanja po x, y i z-osi respektivno. Veoma je važno da su magnetometar i akcelerometar usaglašeni tj. da im se x, y i z-osa poklapaju.

Kada se izračunaju uglovi valjanja i propinjanja prelazi se na računanje modifikovanih izraza za jačinu magnetnog polja po x-osi i y-osi:

$$X_{mag}^{mod} = X_{mag} \cdot \cos(\phi) + Y_{mag} \sin(\rho) \sin(\phi) + Z_{mag} \cos(\rho) \sin(\phi) \quad (4)$$

$$Y_{mag}^{mod} = Y_{mag} \cos(\rho) + Z_{mag} \sin(\rho) \quad (5)$$

Izračunate modifikovane vrednosti jačine magnetnog polja se uvrstavaju u jednačinu (1), čime je izvršena Tilt kompenzacija. Provera se može izvršiti na sledeći način: Senzor je pričvršćen na podlogu kojoj se može menjati ugao propinjanja podizanjem jedne strane. Zauzima se određeni azimut, a zatim se u vremenu od 9 sekundi povećava ugao propinjanja od 0° do 30° i prati promena azimuta. Najpre se vrši merenje bez Tilt kompenzacije, a zatim merenje sa Tilt kompenzacijom. Rezultati su prikazani na grafiku na slici 7.



Slika 7. Azimut sa i bez Tilt kompenzacije

Uticaj promene ugla valjanja i propinjanja na pokazivanje azimuta je smanjen nakon izvršene Tilt kompenzacije. Sada je potrebno izvršiti Hard Iron kompenzaciju. Budući da senzor meri vrednost jačine zemljinog magnetnog polja potrebno je udaljiti ga od ostalih predmeta ili materijala koji stvaraju magnetno polje. Međutim, kako je senzor potrebno ugraditi na određeni uređaj, vozilo i sl. mora se kompenzovati uticaj stranog magnetnog polja. Ukoliko je strano magnetno polje stalno, tj. ako potiče od materijala koji stvaraju stalno magnetno polje, onda se radi o Hard Iron poremećaju i u daljem će biti pokazano kako se taj uticaj smanjuje.

Kako je Compass click spojen sa Arduinom na kome se nalazi određen broj komponenti koje stvaraju stalno magnetno polje, biće izvršena kompenzacija kako bi se smanjio uticaj tog polja na pokazivanje kompasa.

Prvi korak pri računanju Hard Iron kompenzacije je da se senzor rotira u svim smerovima najmanje za jedan pun krug. Primetićemo da je centar kružnice pomeren za određenu vrednost po x i y-osi. Ovo je posledica Hard Iron poremećaja. Kada on ne bi postojao, u nekim idealnim uslovima, centar kružnice bio bi u koordinatnom početku.

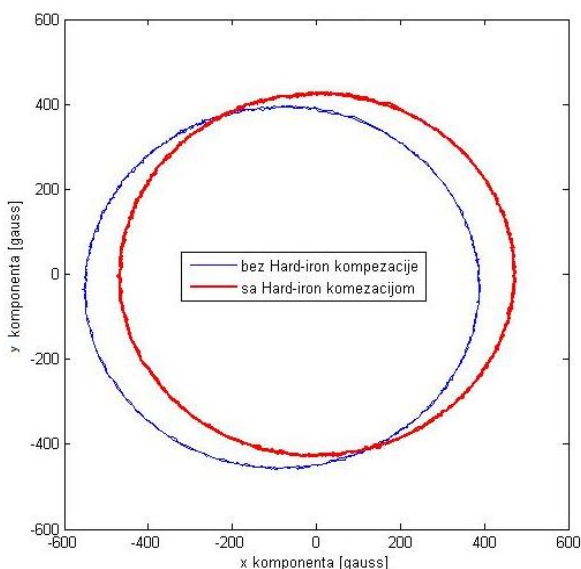
Postupak Hard Iron kompenzacije svodi se na pomeranje centra kružnice u koordinatni početak. To se radi oduzimanjem konstanti  $X_h$  i  $Y_h$  od vrednosti jačine vektora magnetnog polja po x i y-osi respektivno.  $X_h$  i  $Y_h$  se računaju prema sledećim formulama:

$$X_h = \left( \frac{X_{\max} + X_{\min}}{2} \right), \quad (6)$$

$$Y_h = \left( \frac{Y_{\max} + Y_{\min}}{2} \right), \quad (7)$$

gde su  $X_{\max}$  i  $Y_{\max}$  najveće očitane vrednosti vektora jačine magnetnog polja po x i y-osi respektivno, a  $X_{\min}$  i  $Y_{\min}$  najmanje vrednost vektora jačine magnetnog polja po x i y-osi respektivno. Nakon dobijanja  $X_h$  i  $Y_h$  oduzimamo ih od modifikovanih vrednosti dobijenih Tilt kompenzacijom, a za dobijanje azimuta uvrštavamo ih u formulu (1).

Na slici 8 je prikazan vektor jačine magnetnog polja u horizontalnoj ravni nakon Hard Iron kompenzacije. Primetno je da je centar kruga u koordinatnom početku što pokazuje da je uspešno izvršena Hard Iron kompenzacija kojom je smanjen uticaj stalnog magnetnog polja koji potiče od sklopa Compass click i Arduina.



Slika 8. Očitavanje senzora pre i nakon Hard Iron kompenzacije

Međutim, na očitavanja senzora utiču i materijali koji ne stvaraju konstantno magnetno polje i to nazivamo Soft Iron poremećajem. I dok je Hard Iron konstantna u svakom pravcu, Soft Iron se menja u zavisnosti od orijentacije senzora u prostoru, te se zbog toga Soft Iron

kompenzacija ne može izvršiti prostim računanjem konstante koju ćemo oduzeti od očitavanja senzora.

Postupak Soft iron kompenzacije započinje se rotacijom senzora u horizontalnoj ravni. Potrebno je izvršiti rotaciju za najmanje jedan pun krug. Već je napomenuto da u idealnim uslovima, treba da se dobije kružnica. Soft Iron poremećaj utiče na očitavanja tako što se umesto kružnice dobija zakošena elipsa. Kompenzacija se svodi na to da se od te elipse načini krug.

Najpre je potrebno elipsu rotirati za ugao  $\theta$  (ugao između pozitivnog dela x-ose i duži r-najduže linije od centra do ivice elipse ili duže poluose ukoliko je elipsa pravilnog oblika). Dužu poluosu  $r$  računamo po formuli

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}. \quad (8)$$

Ugao  $\theta$  računamo prema formuli

$$\theta = \arctg\left(\frac{y}{x}\right). \quad (9)$$

Rotacija se vrši primenom matrica rotacije [6] na sledeći način:

$$v_{\text{posle}} = Rv_{\text{pre}}, \quad (10)$$

gde su  $V_{\text{pre}}$  i  $V_{\text{posle}}$  vektori jačine magnetnog polja pre i posle rotacije respektivno, a  $R$  matrica rotacije:

$$R = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix}. \quad (11)$$

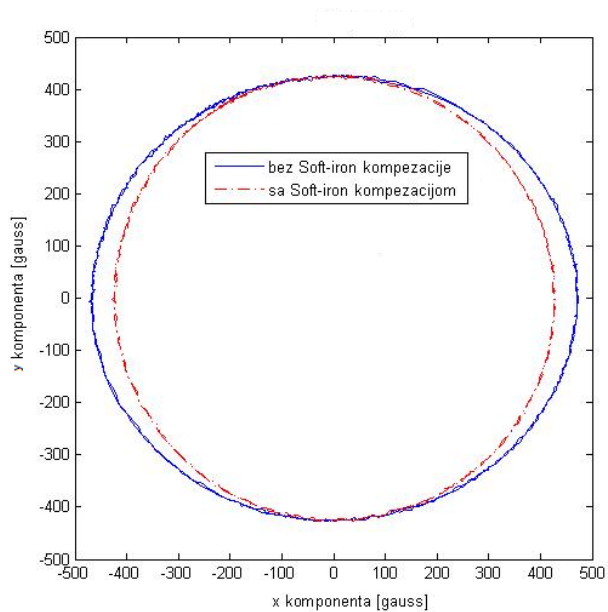
Nakon izvršene rotacije, duža poluosu elipse nalaziće se na x-osi. Sada sledi računanje konstante  $\sigma$  koja se koristiti za popravku očitavanja sa senzora.

$$\sigma = \frac{q}{r}, \quad (12)$$

gde su  $q$  i  $r$  kraća i duža poluosu respektivno.

Sledeći korak Soft Iron kompenzacije je deljenje očitavanja vektora jačine magnetnog polja po x-osi sa  $\sigma$  i ponovo vršenje rotacije koristeći formule (10) i (11) s tim što ćemo ovoga puta rotirati za ugao  $-\theta$  (kako bi se rotacija izvršila u suprotnu stranu). Ovim je Soft Iron kompenzacija završena. Na slici 9 prikazani su rezultati očitavanja senzora pre i nakon Soft Iron kompenzacije.

Sa slike se može primetiti da je u prikazanom eksperimentu uticaj Soft Iron poremećaja mali, skoro zanemarljiv u odnosu na tačnost senzora. Međutim, u slučaju ugradnje senzora na neki objekat, uticaj Soft Iron poremećaja se može značajno promeniti te je poželjno uvek raditi Soft Iron kompenzaciju.



Slika 9. Očitavanje senzora pre i nakon Soft Iron kompenzacije

## 5. ZAKLJUČAK

U radu je prikazana hardverska i softverska implementacija digitalnog kompasa upotrebom MEMS senzora i razvojne platforme Arduino Uno. Radi

poboljšanja tačnosti prikazivanja pravca magnetnog severa implementirane su Tilt, Hard Iron i Soft Iron kompenzacija. Na osnovu rezultata detaljne analize rada sistema potvrđeno je poboljšanje performansi primenom predloženih načina kompenzacije uticaja poremećaja.

## LITERATURA

[1] [www.doiserbia.nb.rs/ft.aspx?id=0367-598X1300091D](http://www.doiserbia.nb.rs/ft.aspx?id=0367-598X1300091D) pristupano dana: 29.01.2019.god.

[2] [www.mikroe.com/compass-click](http://www.mikroe.com/compass-click) pristupano dana: 29.01.2019.god.

[3] [www.store.arduino.cc/arduino-uno-rev3](http://www.store.arduino.cc/arduino-uno-rev3) pristupano dana: 29.01.2019.god.

[4] [www.github.com/pololu/lsm303-arduino](https://github.com/pololu/lsm303-arduino) pristupano dana: 29.01.2019.god.

[5] Caruso, M.J. "Applications of Magnetic Sensors for Low Cost Compass Systems," Position Location and Navigation Symposium, IEEE 2000, 13-16 March 2000, str. 177

[6] Jack B. Kuipers, Quaternions and Rotation Sequences, a Primer with Applications to Orbits, Aerospace, and Virtual Reality, Princeton University Press, Princeton, 2002.

# BIOSENZORI I AKVIZICIJA BIOMETRIJSKIH PODATAKA

## BIOSENSORS AND BIOMETRIC DATA AQUISITION

Mladen Trikoš<sup>1</sup>, Stefan Pejanović<sup>1</sup>, Ivan Tot<sup>1</sup>, Jovan Bajčetić<sup>1</sup>, Boriša Jovanović<sup>1</sup>  
*Vojna akademija – Univerzitet odbrane u Beogradu<sup>1</sup>*

**Sadržaj** - U savremenom društvu veoma važnu ulogu imaju sistemi za identifikaciju korisnika. Složeni bezbednosni zahtevi naterali su eksperte da istraže načine na koje se biometrijski podaci mogu iskoristiti u utvrđivanju identiteta korisnika. Ovaj rad predstavlja pregled biosenzora, sa posebnim osvrtom na akviziciju biometrijskih podataka koji služe za identifikaciju korisnika u biometrijskim sistemima, a samim tim i za zaštitu informaciono-komunikacionih sistema.

**Abstract** – Nowadays, user identification systems play a very important role in modern society. Complex security requirements have led experts to explore ways in which biometric data can be used to identify user identities. This paper presents an overview of biosensors, with a special emphasis on the acquisition of biometric data that are used to identify users in biometric systems, and therefore to protect information and communication systems.

### 1. UVOD

Pored same zaštite informaciono-komunikacionih sistema sve je veća potreba za biometrijskim sensorima i u ostalim oblastima informacionih tehnologija. S tim u vezi brojni nosivi biosenzorski sistemi za praćenje zdravstvenog stanja polako ulaze u naše svakodnevne živote i privlače mnogo pažnje, kako u javnim i naučnim zajednicama, tako i u industriji i mnogobrojnim vladinim i nevladinim organizacijama. Naročito je naglašen razvoj biometrijskih senzora i biometrijskih sistema u medicini i zdravstvenoj zaštiti. Ti sistemi mogu sadržati nekolicinu biometrijskih senzora koje mere različite fiziološke parametre i na osnovu toga mogu stvoriti kompletnu sliku čovekovog zdravstvenog stanja [1].

Da bi se došlo do faze identifikacije korisnika, u smislu zaštite informaciono-komunikacionih sistema, neophodno je da se putem biometrijskih senzora prikupe biometrijski podaci koji će se uporediti sa već postojećim podacima registrovanim u samom sistemu. Spajanje više biometrijskih podataka smanjuje stepen sistemске greške prilikom identifikacije korisnika. Samo prikupljanje podataka sa više biometrijskih senzora stvara kompletniju sliku o korisniku. Metod fuzije biometrijskih podataka uključuje sekvencijalnu obradu biometrijskih modaliteta dok se ne dobije prihvatljivo podudaranje u slučaju identifikacije korisnika.

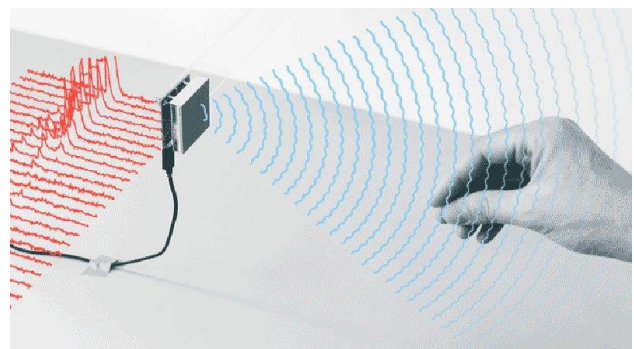
Ovaj rad predstavlja pregled biosenzora, sa posebnim osvrtom na akviziciju biometrijskih podataka koji služe za identifikaciju korisnika u biometrijskim sistemima.

### 2. SENZORI

Senzor (davač, detektor) je uređaj koji meri fizičke veličine i konvertuje ih u signal čitljiv posmatraču ili instrumentu. Oni imaju široku primenu za praktično sve aspekte života, uključujući sigurnost, bezbednost, nadzor, praćenje i detekciju u opštem smislu. Senzori u industriji zauzimaju centralno mesto u kontroli procesa, nadzoru i sigurnosti. U medicini, senzori takođe zauzimaju primarno mesto jer se koriste za dijagnostiku i monitoring fizioloških promena pacijenata, u opštem smislu za praćenje zdravstvenog stanja [2].

Senzor predstavlja uređaj koji detektuje neku fizičku veličinu iz okruženja. To može biti svetlost, toplota, kretanje, vlaga, pritisak ili bilo koji drugi fenomen životne sredine. Izlaz obično predstavlja čitljiv signal posmatraču ili instrumentu na samoj lokaciji senzora ili se može elektronski preneti preko mreže u cilju očitavanja i dalje obrade [3].

Kada se govori o klasifikaciju senzora, postoji nekoliko klasifikacija senzora različitih autora i stručnjaka. Neke su vrlo jednostavne, a neke vrlo složene. Prema jednoj klasifikaciji senzora, oni su podeljeni na aktivne i pasivne. Aktivni senzori su oni koji zahtevaju eksterni signal pobude ili signal snage; dok pasivni senzori, s druge strane, ne zahtevaju nikakav spoljašnji signal napajanja i direktno generišu odziv signala. Drugi tip klasifikacije se zasniva na sredstvima za detekciju koja se koriste u senzoru. Neki od načina otkrivanja su električni, biološki, hemijski, radioaktivni itd. Sledeća klasifikacija se zasniva na fenomenu konverzije, tj. ulazu i izlazu. Neke od uobičajenih fenomena konverzije su fotoelektrični, termoelektrični, elektrohemijski, elektromagnetni, termooptički itd. I na kraju, senzori mogu da se klasifikuju na analogne i digitalne. Analogni senzori proizvode analogni izlaz tj. kontinualni izlazni signal. Digitalni senzori, za razliku od analognih senzora, rade sa diskretnim ili digitalnim podacima. Podaci u digitalnim sensorima koji se koriste za konverziju i transmisiju su digitalne prirode [4].



Slika 1. Senzor za detekciju pokreta [5]

Postoje mnoge značajne inovacije i pronalasci koji svakodnevno nastaju. Mikro i nanotehnologija, novi i manji materijali, pametniji i efikasniji elektro-sistemi igraće važnu ulogu u daljem razvoju samih senzora. Da bi se ispunilo sve što je potrebno za senzorske sisteme koji pružaju svesnost o situaciji, i to po niskoj ceni, mora postojati demonstrirana korist koja se stiče samo kroz minijaturizaciju. Na primer, novi materijali na bazi nano žica (tehnologije) koji imaju jedinstvena svojstva osetljivosti, mogu da obezbede veću senzitivnost, veću selektivnost i verovatno poboljšanu stabilnost uz niže troškove. Takva poboljšanja su neophodna za budući razvoj senzora [2].

### 3. BIOSENZORI

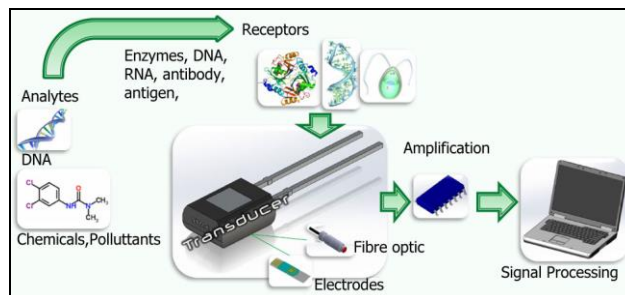
Istraživanje i razvoj biosenzora postaje sve razvijenija disciplina, jer jednostavni, brzi, jeftini, visoko osetljivi i visoko selektivni biosenzori doprinose napretku u svim aspektima života. Na primer, u novoj generaciji medicine, kao što su individualizovana medicina i ultrazvučna detekcija, senzor na licu mesta markira bolesti. Neki od konvencionalnih biosenzora i tehnika biosenziranja sa stanovišta pametnih biomaterijala su: biosenzori na bazi SPR (surface plasmon resonance), biosenzori bazirani na FRET-u (Fluorescent glucose biosensors) i biosenzori bazirani na AuNP (Gold nanoparticles) [6].

Istraživanja vezana za biosenzore su interdisciplinarna. Na primer, napredak u površinskoj hemiji pruža niz novih metoda za projektovanje sistema za prepoznavanje ciljnih molekula. U budućnosti, napredak u tehnologijama nanofabrikacija obećava ne samo izgradnju novih transdukatora, već i minijaturizaciju i integraciju biosenzora sa visokom propusnošću. Stoga su za razvoj inovativnih biosenzora potrebni interdisciplinarni napori izvan konvencionalnih specijalnosti. Kombinacija mnogo interdisciplinarnih znanja će ubrzati razvoj biosenzora i doprineti revoluciji u biomedicinskim poljima [6].

Biosenzori su analitički uređaji koji pretvaraju biološki signali u električni signal. Suštinski, biometrijski senzori su visoko specifični, nezavisni od fizičkih parametara kao što su pH i temperatura i moraju biti ponovo upotrebljivi. Termin "biosenzor" je smislio Cammann [7], i njegova definicija je uvedena od IUPAC-a [8, 9, 10].

Izrada biosenzora, kao i biosenzorskih materijala, uređaja za transdukciju i metoda imobilizacije zahteva multidisciplinarna istraživanja u hemiji, biologiji i inženjerstvu. Materijali koji se koriste u biosenzorima su kategorisani u tri grupe na osnovu njihovih mehanizama: biokatalitička grupa koja sadrži enzime, bioafinitetnu grupu uključujući antitela i nukleinske kiseline, i mikroorganizme koji sadrže mikroorganizme [11].

Kao neka budućnost samog razvoja biosenzora može se reći da primena nanomaterijala u biosenzorima pruža mogućnosti za izgradnju nove generacije biosenzorskih tehnologija.



Slika 2. Proces transmisije i procesiranja biološkog signala

Nanomaterijali poboljšavaju mehaničke, elektrohemijske, optičke i magnetne osobine biosenzora. Načini da se poboljša odnos signala i šuma, poboljšanje transdukcije i pojačavanje signala, takođe su velike prepreke u razvoju biosenzora [11].

### 4. AKVIZICIJA BIOMETRIJSKIH PODATAKA

Sama akvizicija jeste prikupljanje podataka iz spoljašnje sredine u određeni električni uređaj, to jest senzor. Kada govorimo o biometrijskom podatku, onda je nam je potreban biometrijski uređaj za akviziciju takve vrste podatka.

Biometrijski uređaji vrše akviziciju podataka tako što se sa nekog od čulnih receptora prihvataju podaci u vidu neke senzacije koja se dešava u ili na ljudskom organizmu i konvertuje u analogne ili digitalne signale koji služe za dalju obradu. Tako prikupljeni podatak može biti upotrebljen za identifikaciju ljudi. Pojedini biometrijski podaci su jedinstveni za svaku osobu i mogu služiti za identifikaciju osoba, kako u civilnom sektoru npr. u zdravstvu, obrazovnim ustanovama, firmama, tako i u vojnim, policijskim i državnim ustanovama u cilju zaštite sopstvenih resursa. Biometrijska autentifikacija (odnosno realna autentifikacija) se koristi u informacionim tehnologijama kao oblik identifikacije korisnika i kontrole pristupa zaštićenim resursima.

Verifikacija uključuje obavljanje biometrijskog poređenja „jedan na jedan“ u cilju obezbeđivanja pristupa bilo fizičkoj imovini, kao što je prostorija ili zgrada, bilo digitalnoj imovini, kao što je pametni telefon, računarska aplikacija, računarska mreža ili baza podataka. Za ovu namenu, biometrijski podaci se sve češće koriste kao zamena tradicionalnim lozinkama i PIN kodovima da bi se poboljšala kontrola pristupa. Upoređivanjem živog biometrijskog uzorka pojedinca sa jednim pouzdanim uskladištenim uzorkom se utvrđuje identitet osobe. Ovaj spremljeni uzorak može se nalaziti ili u centralnoj bazi podataka, pametnom telefonu ili kao token na kredencijalu, kao što je ID pametna kartica [13].

Različite su metode za akviziciju biometrijskih podataka i autentifikacije korisnika. Svaka od metoda biometrijske identifikacije ima nešto specifično:

**Prepoznavanje lica** - od različitih metoda biometrijske identifikacije, prepoznavanje lica je jedan od

najfleksibilnijih, čak i kada subjekt nije svestan skeniranja. Ovom metodom identifikacije mogu da se pretražuju mase ljudi koji su proveli samo nekoliko sekundi ispred "skenera" - to jest, običnog digitalnog fotoaparata. Sistemi za prepoznavanje lica funkcionišu tako što sistematski analiziraju specifične osobine koje su zajedničke svima - udaljenost između očiju, širina nosa, položaj jagodica, linija vilice, brada i tako dalje. Ove numeričke veličine se zatim kombinuju u jedan kod koji jedinstveno identifikuje svaku osobu.

**Identifikacija otisaka prstiju** - Otisci prstiju ostaju konstantni tokom čitavog života. U više od 140 godina poređenja otisaka prstiju širom sveta, nije otkriveno da su dva otiska prsta slična, čak ni kod identičnih blizanaca. Skeneri otisaka prstiju instalirani su u PDA uređaje, mobilne telefone i laptop računare, tako da je i tehnologija skeniranja jednostavna. Identifikacija otiska prsta uključuje poređenje uzoraka grebena i brazdi na vrhovima prstiju, kao i minucija (karakteristike grebena koje se javljaju kada se greben razdvaja na dva dela, ili krajeva) sa biometrijskim uzorcima otisaka koji se nalaze u bazi podataka.

**Biometrija ručne geometrije** - Čitači ručne geometrije rade u ekstremnijim okruženjima, ne zahtevaju čiste uslove i formiraju mali skup podataka. To je česta metoda autentifikacije u industrijskim okruženjima.

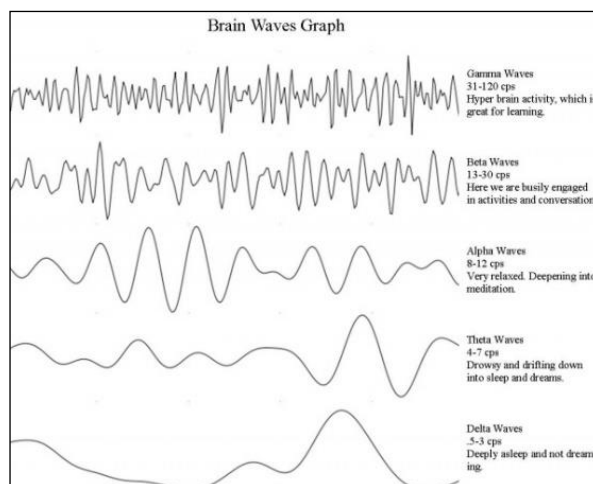
**Retina skeniranje** – U literaturi ne postoji način lažiranja mrežnjače. Obrazac krvnih sudova na zadnjem delu oka je jedinstven i ostaje isti tokom celog života. Međutim, potrebno je oko 15 sekundi pažljive koncentracije da bi skeniranje bilo kvalitetno. Skeniranje retine je standard u vojnim i vladinim sektorima.

**Skeniranje irisa** - Poput skeniranja mrežnjače, skeniranje šarenice takođe pruža jedinstvene biometrijske podatke koje je veoma teško lažirati i ostaje nepromenjeno tokom života. Postoje načini za kodiranje biometrijskih podataka za skeniranje irisa na način da se on može sigurno prenositi u "barkod" formatu.

**Potpis** - Potpis je još jedan primer biometrijskih podataka koji se lako prikupljaju i nisu fizički nametljivi. Digitalizovani potpisi se ponekad koriste, ali obično nemaju dovoljnu rezoluciju da bi se osigurala autentifikacija.

**Analiza glasa** - Kao i prepoznavanje lica, biometrija glasa pruža način za autentifikaciju identiteta bez znanja subjekta. Ali ima veliku manu, jer ga je lako lažirati [14].

**EEG autentifikacija** - koristi elektrofiziološki sistem za praćenje aktivnosti mozga. Ova tehnologija je vrlo popularna i može se koristiti bez ikakvih sporednih efekata na mozak.



Slika 3. Grafikon vrsta moždanih talasa [16]

Postoji nekoliko komercijalnih uređaja sa različitim brojem elektroda koje se koriste za prikupljanje EEG podataka. Neki od senzora koriste suve elektrode, a neki senzori koriste mokre elektrode. Moždani reznjevi emituju EEG signale kao odgovor na različite stimulanse i mentalna stanja. Pretpostavlja se da postoji promenljiva razlika uzoraka EEG talasa dok vizuelizujete lozinku u mirnim uslovima u odnosu na prinudu, zbog različitih mentalnih stanja, mozak proizvodi različite obrasce analognog EEG talasa [15].



Slika 4. Neuro Sky Mind Wave 2-EEG biometrijski uređaj [17]

## 5. ZAKLJUČAK

Imajući u vidu značajan napredak u nauci i tehnologiji, kao što su osnovni razvoj u oblasti mikro/nanotehnologije, bežičnih komunikacija, informacionih tehnologija i biomedicinskih nauka u proteklih nekoliko godina, došlo je do transformacije u ovoj oblasti biometrijskih sistema, a modeli su dizajnirani i izgrađeni u širokom rasponu biosenzora i nosivih senzora.

Razvoj biometrijskih sistema i biometrijskih senzora doprinosi boljoj zaštiti identiteta od zloupotreba, jer biometrijske tehnologije, imaju veliki potencijal za poboljšanje sigurnosti i preciznosti rada sistema. Primena

biometrijskih sistema poboljšava bezbednost korisnika, a pružaju i znatno veću preciznost u utvrđivanju identiteta.

Zbog značaja utvrđivanja identiteta potrebno je stalno raditi na usavršavanju sistema za preciznu identifikaciju, odnosno na poboljšavanju njihovih performansi, bilo kroz razvoj biometrijskih senzora, bilo kroz unapređenje metoda akvizicije biometrijskih podataka.

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

Rad je nastao kao rezultat rada na istraživačkom projektu Upravljanje pristupom zaštićenim resursima računarskih mreža u Ministarstvu odbrane i Vojsci Srbije na osnovu multimodalne identifikacije korisnika, pod brojem VATT/3/18-20, od 2018. do 2020. godine na Vojnoj akademiji Univerziteta odbrane u Beogradu.

#### **LITERATURA**

- [1] [https://www.mdpi.com/journal/biosensors/special\\_issu es/wearable\\_biosensors](https://www.mdpi.com/journal/biosensors/special_issu es/wearable_biosensors)
- [2] <https://www.electrochem.org/world-of-sensors>
- [3] <https://whatis.techtarget.com/definition/sensor>
- [4] <https://www.electronicshub.org/different-types-sensors>
- [5] <https://pcpress.rs/google-senzori-kontrolisanje-pametnih-uredaja-uz-pomoc-gestikulacije/>
- [6] Akifumi, K. and Takashi, M. "Biomaterials Nanoarchitectonics", pp 157-176, 2016.
- [7] Cammann K. "Biosensors based on ion-selective electrodes", Fresen Z Anal Chem, No. 287, pp 1-9, 1977.
- [8] Thevenot D.R., Toth K., Durst R.A., Wilson G.S. "Electrochemical biosensors: recommended definitions and classification", Pure Appl Chem, No. 71, pp 2333-2348, 1999.
- [9] Thevenot D.R., Toth K., Durst R.A., Wilson G.S. "Electrochemical biosensors: recommended definitions and classification", Biosens Bioelectron, No. 16, pp 121-131, 2001.
- [10] Thevenot D.R., Toth K., Durst R.A., Wilson G.S. "Electrochemical biosensors: recommended definitions and classification", Anal Lett, No. 34, pp 635-659, 2001.
- [11] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4862100/#>
- [12] <http://www.biosensor-srl.eu/about-us/what-is-a-biosensor.html>
- [13] <https://www.aware.com/what-are-biometrics/biometric-applications>
- [14] <http://www.technovelgy.com/ct/Technology-Article.asp?ArtNum=16>
- [15] Jayarathene, I., Cohen, M. and Amarakeerthi, S. "BrainID: Development of an EEG-Based Biometric Authentication System", pp 3, 2016.
- [16] [https://cdn.sparkfun.com/assets/learn\\_tutorials/2/5/Brain-Waves-Graph.jpg](https://cdn.sparkfun.com/assets/learn_tutorials/2/5/Brain-Waves-Graph.jpg)
- [17] [https://cdn.sparkfun.com/assets/parts/1/2/9/9/4/14758-NeuroSky\\_MindWave\\_Mobile2-04.jpg](https://cdn.sparkfun.com/assets/parts/1/2/9/9/4/14758-NeuroSky_MindWave_Mobile2-04.jpg)



# СИМУЛАЦИЈА И ПОРЕЂЕЊЕ АЛГОРИТАМА ЗА РЕШАВАЊА ЛАВИРИНТА

## SIMULATION AND COMPARISON MAZE SOLVING ALGORITHMS

Марко Манојловић, Кандић Соња, Младен Живковић, Младен Антонић  
Војна Академија, Универзитет Одбране

**Садржај** – У раду ће бити приказани софтверска симулација алгоритама за решавања лавиринта и процес креирања истог. Употребљени алгоритми за решавање су критеријум кретања лево, десно и комбиновани критеријум. Квалитет ефикасности алгоритама је анализиран на 50 насумично генерисаних лавирината и дат је приказ статистике успешности.

**Abstract** - Problems such as maze solving date back from ancient times. In this document, a software simulation of maze resolution will be presented, as well as process of creation and also some problem solving algorithms. In order to verify efficiency of algorithm, 50 different labyrinths have been generated and performance statistics were also introduced.

### 1. УВОД

Лавиринт је једна од древних универзалних симбола укрштених путева који налазимо у већини култура на свим странама света. Сходно таквој ситуацији временом су се развиле различите методе решавања истог, док је сама његова структура остала непромењена. За решавање оваквих проблема постоје специфични алгоритми који ће бити наведени у наставку овог рада [1].

Сама структура лавиринта се може поистоветити са свакодневним практичним проблемима, као на пример, проналазак најкраћег пута до жељене дестинације, али при чему се не познаје сам изглед, као и број раскрсница и путева, до циља. Решење проблема доводи до оптимизације потрошње ресурса и утрошка времена.

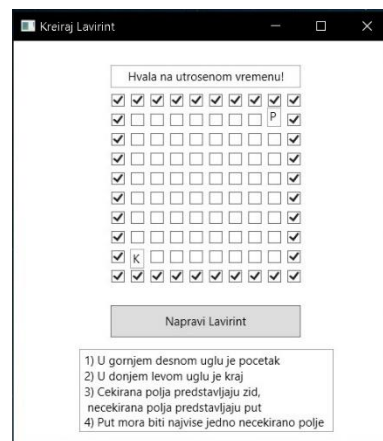
„Како се кретати, на основу које логике, који је најкраћи пут, који је најоптималнији пут?“, наведена питања представљају саму срж овог рада, који ће покушати да одговори и прикаже резултате експерименталних метода коришћених током истраживања.

У раду је приказана софтверска реализација уједно и симулацију израде лавирината, решавање истог различитим методама, приказ, упоређивање, обједињавање резултата, статистичка обрада података и доношење закључка. Истраживање је извршено на узорку од 50 различитих лавирината.

### 2. СОФТВЕРСКА РЕАЛИЗАЦИЈА

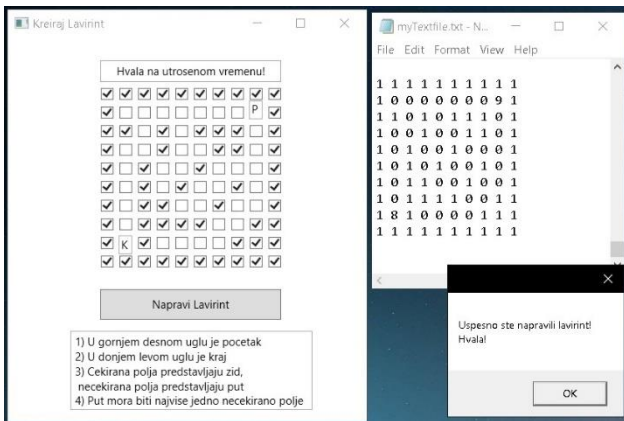
#### 2.1 Креирање лавиринта

Почетна фаза софтверске реализације заснива се на креирању лавиринта. За потребе овог рада израђена је апликација намењена да омогући кориснику што разумнији интерфејс за имплементацију лавиринта уз минималан утрошак времена [2]. Ограничења приликом креирања лавиринта су његове димензије 10x10 и напомена да су улаз и излаз унапред дефинисани. На слици 1 приказан је интерфејс за креирање лавиринта, где карактер P на позицији (2,9) представља робота који решава лавиринт, док карактер K на позицији (8,2) представља циљ.



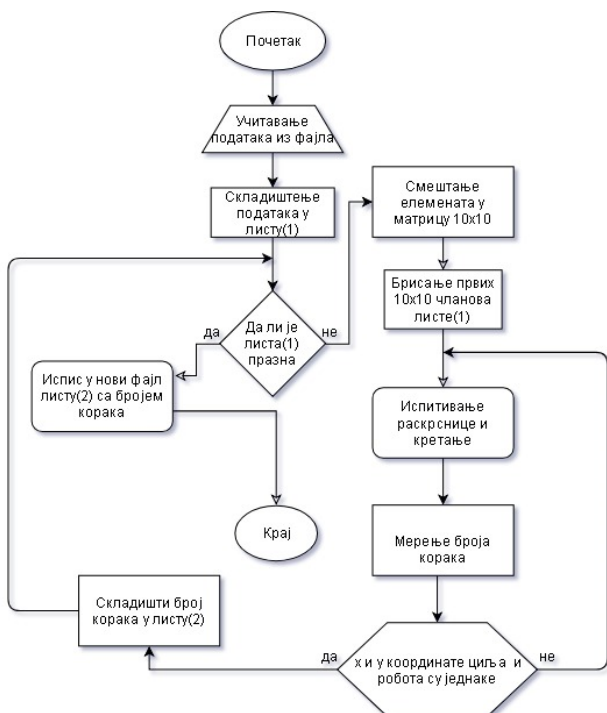
Слика 1. Кориснички интерфејс за креирање лавиринта

Ова ограничења уведена су ради омогућавања апликације да буде кориснички настројена, такође могуће је модификовати исту ради одабира произвољних димензија, улаза и излаза у лавиринт. Апликација је састављена од низа CheckBox-ова и дугмета за креирање лавиринта. Чекирани CheckBox представља зид, док нечекирани представља пут. Иницијално након покретања апликације сви крајњи CheckBox-ови су чекирани, што практично представља обод самог лавиринта. Приликом клика на дугме „Napravi Lavirint“ све информације са интерфејса чувају се у посебан фајл, који ће касније представљати базу података за остале апликације [3]. Процес прикупљања информација приказан је на слици 2.



Слика 2. Интеракција корисничког интерфејса и прављење базе података

## 2.2 Алгоритам



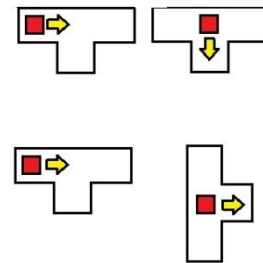
Слика 3. Алгоритам за решавање лавиринта и чување података

На слици 3 је приказан алгоритам за решавање лавиринта и складиштење података у фајл. У наставку овог рада биће дефинисане 3 методе решавања лавиринта, све три методе користе наведени алгоритам а једина разлика је у кораку „Испитивање раскрсница и кретање“.

## 2.3 Критеријум кретања лево

Чињеница да се робот, представљен бројем 9, налази у горњем десном углу лавиринта, а циљ, представљен бројем 8, у доњем левом углу, нам омогућава да приметимо да је робот окружен зидом, представљен бројем 1. Кретање лево се изводи тако што се испитује да ли се иза робота налази зид или је зид паралелан са роботом. Треба навести да је идеја кретања, да се не познаје изглед лавиринта, већ да се робот креће „на

слепо” испитујући само кораке око себе. Такође узимајући у обзир да робот не зна изглед лавиринта немогуће је одредити референтни декартов координатни систем у односу на који ће се он кретати. Сходно наведеном, решење оваквог проблема јесте коришћење поларног координатног система везаног за робота.

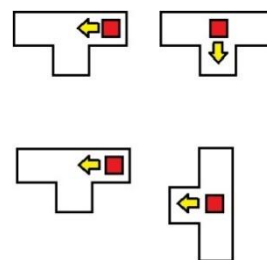


Слика 4. Приказ поређења критеријума кретања у односу на декартов координатни систем и у односу на поларни координатни систем

Сваки пут када дође до испитивања раскрснице и процеса одлучивања даљег кретања испитиваће се координате око робота увећане за 1. Након процеса одлучивања долази до скретања, које се манифестује као ротација лавиринта у односу на робота за  $90^\circ$ ,  $180^\circ$  или  $270^\circ$  у зависности од раскрснице на коју наилази. Када се лавиринт нађе на раскрсници, увек ротира тако да му пут којим ће кренути буде са његове леве стране, гледајући из перспективе робота.

## 2.4 Критеријум кретања десно

Аналогно критеријуму кретања лево, овај начин кретања своди се на сличну логику. Прва разлика је у томе што се робот креће десно ако се иза њега налази зид или је зид паралелан са њим, док је друга разлика у томе што приликом наиласка на раскрсницу увек ротира тако да му пут којим ће кренути буде са његове десне стране, гледајући из перспективе робота.



Слика 5. Приказ поређења критеријума кретања у односу на декартов координатни систем и у односу на поларни координатни систем

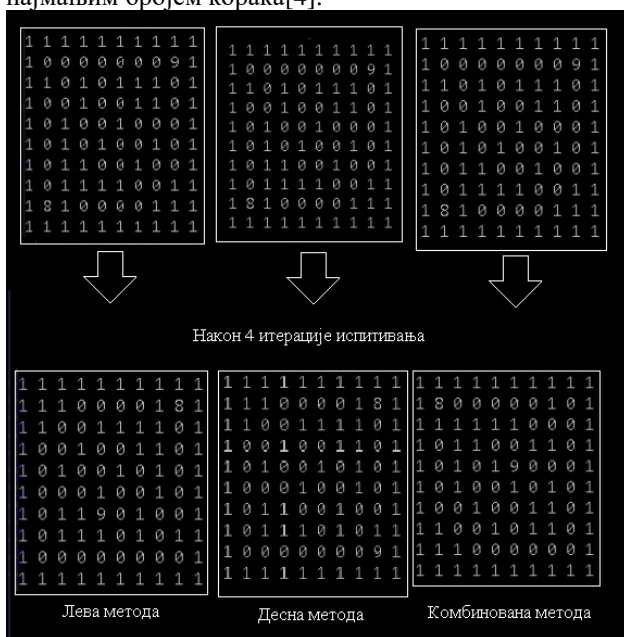
## 2.5 Комбиновани критеријум

Овај критеријум упоређивања састоји се из комбинације претходна два критеријума кретања. Суштина иницијалног тј. основног начина кретања у овом критеријуму јесте кретање лево, с тим да постоји услов тежње да се робот подједнако креће и лево и десно. Приликом имплементације овог критеријума користе се два бројача која броје који се критеријум

колико пута применио. Наиласком на прву раскрсницу робот ће скренути лево, у том тренутку инкрементира се леви бројач. Сада се испитује колико пута је примењен који критеријум и на основу тога бира се следећи. Када се лавиринт нађе у ћорсокаку, испитује се којим је критеријумом дошао до истог, и декрементира се супротни бројач.

### 3. РЕЗУЛТАТИ

На слици 6 приказан је облик лавиринта након 4 итерације испитивања раскрснице и кретања. Примећује се да је робот на основу различитог критеријума кретања отишао на различиту страну лавиринта, што се и очекивало. У наставку овог рада биће приказано која од метода решава лавиринт са најмањим бројем корака[4].



Слика 6. Облик лавиринта након 4 итерације кретања

Резултати приказани у следећој табели засновани су на основу узорка од 50 различитих лавирината, направљених од стране 50 случајних пролазника.

Рб. лавиринта	Број корака у односу на критеријум кретања		
	Леви	десни	комбиновани
1	32	42	14
2	40	32	48
3	20	32	20
...	...	...	...
...	...	...	...
...	...	...	...
49	44	22	14
50	83	14	30

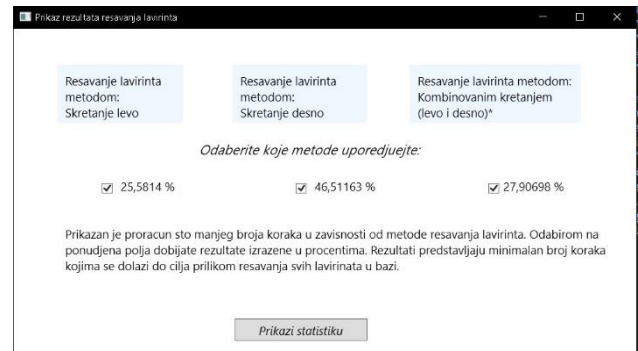
Табела 1. Приказ резултата решавања лавиринта

Посматра се лавиринт број 1, према првом критеријуму кретања лево решен је за 32 корака, према критеријуму десно решен је за 42 корака, док према последњем

критеријуму решен је за 14 корака. Из приложеног се може закључити да је са последњом методом лавиринт решен са најмањем бројем корака.

### 4. СТАТИСТИЧКА ОБРАДА РЕЗУЛТАТА

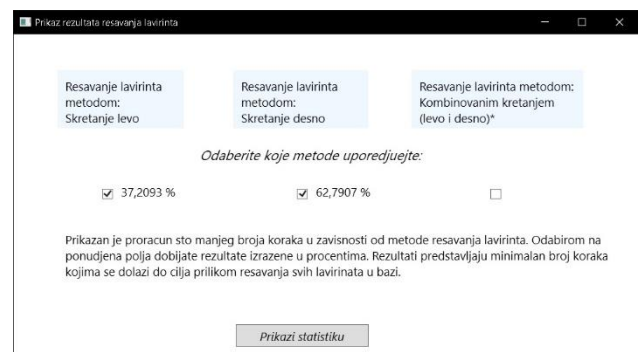
Решавање лавиринта је извршено на више начина, због чега је потребна статистичка обрада резултата. приказана је на сликама 7, 8, 9 и 10. Ради лакшег поређења резултата направљена је апликација која омогућава кориснику да одабере које критеријуме жели упоређивати [5].



Слика 7. Упоређивање сва три критеријума



Слика 8 Упоређивање критеријума скретања десно и комбинованог критеријума



Слика 9 Упоређивање критеријума кретања лево и кретања десно



Слика 10. Упоредивање критеријума кретања лево и комбинованог кретања

Одабиром упоређивања сва три критеријума кретања, добијамо резултате, приказане на слици 7, који показују која од метода за решавање учитаних 50 лавирината, са најмањим бројем корака, има највећу ефикасност, изражену у процентима. У овом случају то је десни критеријум. Даљом анализом и упоређивањем резултата ове апликације долазимо до закључка да је десни критеријум решио највећи број лавирината са најмањим бројем корака, док приликом упоређивања левог и комбинованог критеријума добијамо резултате који указују на то да је успешност комбинованог критеријума већа. На основу оваквих резултата, узимајући у обзир начин прављења лавиринта и однос почетка и циља, поређењем истих закључује се да одабир кретања у десну страну изискује минималан утрошак времена и ресурса. Али ако изуземо критеријум скретања десно, зато што комбиновани критеријум у основи садржи критеријум кретања лево, можемо закључити да је комбиновани начин кретања за око 7% успешнији од критеријума кретања лево. На основу наведеног може се закључити да се применом

исте логике комбинованог кретања, са променом основног критеријума кретања лево на критеријум кретања десно, очекује успешније решавање 50 насумично генерисаних лавирината.

## 5. ЗАКЉУЧАК

На основу 50 случајно генерисаних лавирината и статистике решавања истих може се закључити да ефикасност итекако зависи од сложености примењеног алгорита. Да би се извукао свеукупан закључак потребно је повећати, како број генерисаних узорака тако и величину лавиринта. Осим предложена три алгорита било би корисно имплементирати и друге методе за решавање лавиринта што ће бити тема даљег истраживања.

## LITERATURA

- [1] <https://nova-akropola.com/kulture-i-civilizacije/simbolizam/labirint/>, 02 - 2015, Amalija Kranjec Markešić, labirint
- [2] Andrew Troelsen: Pro C# 5.0 and the .NET 4.5 Framework, Apress, 2012.
- [3] Ian Griffiths: Programming C# 5.0, O'Reilly Media, 2012.
- [4] Matthew MacDonald: Pro WPF 4.5 in C#, Apress, 2012.
- [5] Bruce Johnson: Professional Visual Studio 2013, Wrox, 2014.
- [6] MVVM Survival Guide for Enterprise Architectures in Silverlight and WPF, Vice, Ryan, Siddiqi, Muhammad Shujaat, Packt Publishing, 2012.

# Samostalno izbegavanje prepreka i bežično upravljanje pomoću Bluetooth komunikacije mobilnog robot tenka putem Arduino UNO-a

## Automatic obstacle avoidance and wireless control via Bluetooth communication mobile robot tank using Arduino UNO device

Mladen Randić, David Novaković  
Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu

**Sadržaj** – U ovom radu prikazana je i opisana praktična realizacija automatskog izbegavanja prepreka na osnovu detekcije okoline i daljinskog upravljanja pomoću Bluetooth komunikacije mobilnog robot tenka. Kretanje vozila i bežično upravljanje ostvareni su putem Keystudio UNO-a koji kontroliše rad pogonskog sistema vozila. Ujedno je pokazana potpuna kompatibilnost ovog uređaja i Arduino UNO-a. Keystudio UNO uređaj vrši upravljanje vozilom na osnovu podataka dobijenih sa modula i senzora ugrađenih na platformu vozila.

**Abstract** - This paper describes practical implementation of automatic obstacle avoidance, based on surroundings detection and wireless control via Bluetooth communication, implemented on a mobile robot tank. Movement of the vehicle and wireless control are implemented on Keystudio UNO platform which controls vehicle's operating system work. In the same time it's shown a complete compatibility of device and Arduino UNO. Keystudio UNO device manage vehicle depending on data from module and sensors installed at vehicle's platform.

### 1. UVOD

Razvojem nauke i tehnologije dolazi do veoma velike primene elektronskih uređaja u svakodnevnom životu. Svet se nalazi u procesu „robotizacije“ odnosno sve veće automatizacije čovekove okoline u cilju što manje upotrebe fizičke snage. Elektronska kontrola i upravljanje procesima i sistemima nije moguće bez korišćenja mikroprocesorskih sistema odnosno mikrokontrolera i računara. Neki od njih su opisani u [1, 2]. U cilju komunikacije korisnika sa računarom i programiranja istog radi kontrole procesa i sistema, stručnjaci iz ove oblasti razvili su softverske pakete odnosno alate i programske jezike. Na taj način je omogućeno onima koji izučavaju ovu oblast da osmisle i realizuju veoma veliku i korisnu praktičnu primenu ovih uređaja. Neki primeri praktične realizacije projekata koristeći ovakve uređaje dati su u [3, 4, 5, 6]. Najčešće se za upravljanje ovakvih projekata koriste mikrokontroleri, a sama hardverska realizacija zahteva upotrebu raznih senzora, aktuatora, modula, releja i drugih elektronskih komponenti.

Kada je reč o razvoju veštačke inteligencije koja se na neki način prikazuje u ovom radu, neizostavni deo jeste softver tj. programiranje samog uređaja [7, 8].

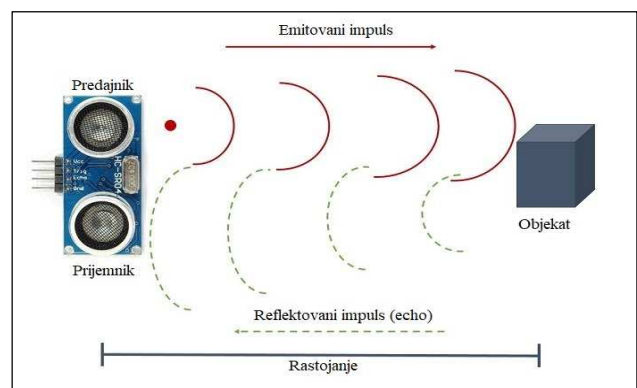
Mikrokontroler Atmega328 implementiran je na Arduino UNO ploču i predstavlja mozak ove računarske platforme čiji su kreatori omogućili relativno jednostavno programiranje ovakvih uređaja.

Idejno rešenje ovog rada jeste prikaz samo nekoliko od mnogobrojnih funkcija Arduino UNO uređaja, kao na primer izbegavanje prepreka i daljinsko upravljanje pomoću Bluetooth komunikacije, a na osnovu predloga i primera datih u navedenim radovima.

Projekat je realizovan kao sistem koji čine relativno jednostavne i lako dostupne elektronske komponente. Hardverska povezanost elemenata sistema i softversko rešenje čine ovaj projekat višefunkcionalnim, korisnim za praktičnu primenu i daju mogućnost nadogradnje, izmene i unapređenja same platforme.

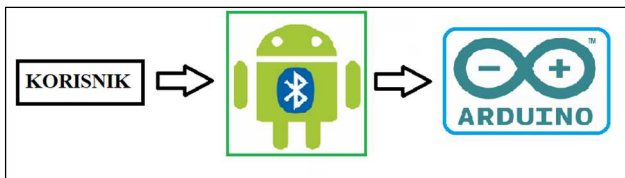
### 2. OPIS PROJEKTA

Funkcija automatskog izbegavanja prepreke zasnovana je na detekciji okoline pomoću HC-SR04 ultrazvučnog senzora za merenje udaljenosti i servo motora na kome se isti nalazi. Prilikom detekcije prepreke na određenoj udaljenosti, slika 1, zenzor šalje informaciju u vidu signala Arduino uređaju na osnovu koje se vrši kontrola motora odnosno pogonskog dela platforme.



Slika 1. Princip rada ultrazvučnog senzora

Daljinsko upravljanje vozilom ostvareno je pomoću Bluetooth modula HC-06 koji Arduino uređaju prosleđuje informacije od korisnika putem android aplikacije „Android Bluetooth“, slika 2, a na osnovu kojih se pokretanjem motora vrši željeno kretanje vozila.



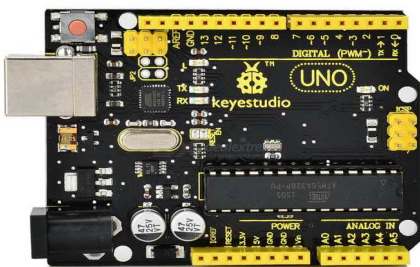
Slika 2. Dijagram konekcije

### 3. HARDVERSKA REALIZACIJA

Za izradu vozila upotrebljene su sledeće komponente:

- Keystudio UNO R3 controller
- L298P shield
- V5 sensor shield
- HC-SR04 ultrasonic sensor
- Bluetooth module HC-06
- Micro servo 9G motor
- 2\* DC 6V Gear Motor
- Baterije 3,7V Li-Ion 18650

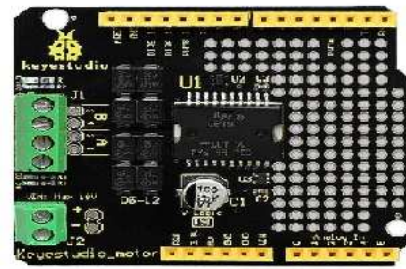
Pogonski sistem vozila realizovan je postavljanjem zupčanika na platformu, zupčanici su spregnuti sa DC motorima i služe za pokretanje gusenica. Kontrola motora se vrši softverski pomoću Keystudio UNO R3 uređaja, slika 3, koji je potpuno kompatibilan Arduino UNO uređaju.



Slika 3. Keystudio UNO R3 controller

Keystudio UNO R3 je mikrokontrolerska platforma otvorenog koda bazirana na ATmega328 mikrokontroleru. Široko se primenjuje u polju robota. Komunikacija uređaja sa računarom vrši se putem USB interfejsa, napajanje se takođe može obezbediti putem USB kabla ili eksternom baterijom 7-20V. Detaljna specifikacija ovog uređaja može se preuzeti na [9].

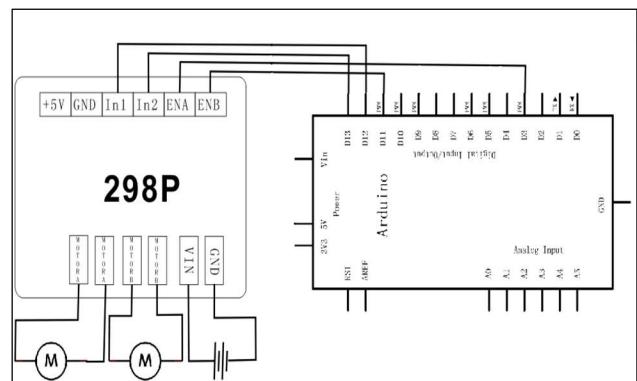
Struja koju podržava UNO R3 uređaj na svojim izlazima je do 50mA. Motoru bez opterećenja je potrebna struja od 80mA. Stoga ako se motor jednostavno priključi na pinove UNO R3 uređaja može doći do oštećenja pinova, a u najgorem slučaju i samog mikrokontrolera. Iz tog razloga, a i da bi se smanjila upotreba kratkospojnika i olakšalo povezivanje motora sa Arduino uređajima i njegovim klonovima, razvijeni su razni Motor shield-ovi koji na svojim izlazima mogu obezbediti potrebnu struju za pokretanje motora. U ovom projektu upotrebljen je L298P Motor Driver Shield, slika 4, koji poseduje interfejs za kontrolu brzine i smera DC motora.



Slika 4. L298P Motor Driver Shield

Baziran je na L298P integrisanom sklopu koji predstavlja visokonaponski dvostruki drajver za pogon induktivnih opterećenja kao što su releji, solenoidi, DC i koračni motori. Datasheet ovog kola se može preuzeti sa [10].

Napajanje uređaja se vrši pomoću dve redno vezane baterije od po 3,7V i kapaciteta 2300mAh. Šematski prikaz povezivanja DC motora, napajanja, motor driver shield-a i UNO R3 uređaja dat je na slici 5.



Slika 5. Šematski prikaz kontrole motora

Za detekciju prepreke na osnovu merenja udaljenosti od vozila upotrebljen je ultrazvučni senzor HC-SR04, slika 6a, koji je postavljen na servo motor, slika 6b.



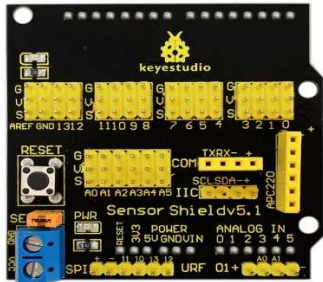
a)

b)

Slika 6. a) HC-SR04 ultrasonic sensor, b) Micro servo 9G

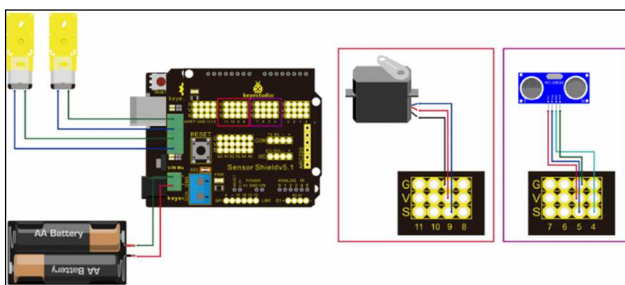
Servo motori su posebna vrsta motora koji unutar sebe imaju ugrađen sklop za kontrolu položaja osovine, ona se rotira i zadržava poziciju u opsegu od 0 do 180 stepeni. Kontrola položaja servo motora se vrši slanjem upravljačkog signala, najčešće je to PWM signal periode 20ms. Širina impulsa PWM signala određuje poziciju osovine servo motora. Rotacija servo motora daje mogućnost senzoru koji je postavljen na njegovu platformu da meri udaljenost do prepreke kako ispred vozila tako i sa bočnih strana. Senzor HC-SR04 emituje

ultrazvučni talas frekvencije 40kHz, ako na njegovom putu postoji neki objekat reflektovace se do modula. Na osnovu vremena putovanja ( $t$ ) i brzine zvuka ( $v = 0,034$  m/s) računa se udaljenost ( $s = t \cdot 340/2$  [m]). Da bi se omogućilo povezivanje servo motora i ultrazvučnog senzora sa UNO R3 uređajem i pri tome izbegla upotreba velikog broja kratkospojnika korišćen je Sensor Shield V5, slika 7, koji se direktno priključuje na Motor Driver Shield. Datasheet ovog uređaja može se preuzeti sa [11].



Slika 7. Sensor Shield V5

Šematski prikaz povezivanja servo motora i ultrazvučnog senzora sa Sensor Shield-om dat je na slici 8.



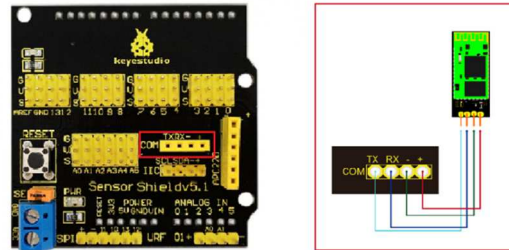
Slika 8. Šema povezivanja HC-SR04 senzora i Micro Servo 9G motora

Bežično upravljanje vozila u ovom projektu bazirano je na Bluetooth komunikaciji uključujući softverski i hardverski dizajn. Bluetooth modul HC-06, slika 9, dizajniran je za uspostavljanje komunikacije kratkog dometa, tako što UNO R3 kontroleru prosleđuje signal primljen sa mobilnog telefona.

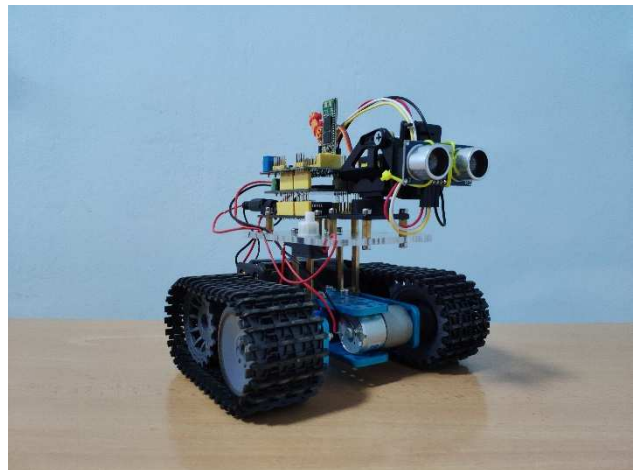


Slika 9. Bluetooth module HC-06

Radna frekvencija ovog modula je među najpopularnijim 2.4GHz frekvencijskim opsegom, serijski interfejs koji poseduje pojednostavljuje komunikaciju sa UNO R3 uređajem i daje mogućnost povezivanja preko Sensor Shild-a V5. Kako bi se izbeglo ometanje sa drugih uređaja ovaj modul koristi tehniku proširenog spektra sa frekvencijskim skakanjem. Za komunikaciju između korisnika i uređaja koristi se android aplikacija "Arduino Bluetooth". UNO R3 će analizirati signal dobijen sa modula kako bi odredio i kontrolisao kretanje motora.



Slika 10. Šema konekcije HC-06 modula na Sensor Shield



Slika 11. Izgled vozila

#### 4. SOFTVERSKA REALIZACIJA

U radu do sada je opisana izrada hardverskog dela platforme vozila, gde je pokazano da se upotrebom Arduino uređaja u ovakvim projektima to relativno jednostavno realizuje. Uporedo sa jednostavnim korišćenjem hardvera, kreatori ove mikrokontrolerske platforme uspeali su da ostvare još jednu bitnu stvar uvođenjem jednostavnog programiranja naših hardverskih uređaja.

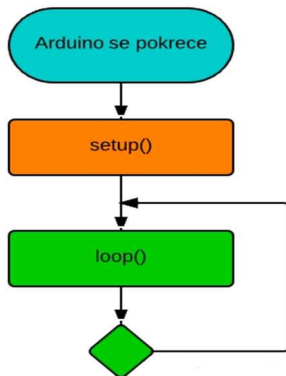
Za pisanje i slanje programa na Arduino ploču koristi se Arduino IDE, integrisano razvojno okruženje napisano u programskom jeziku Java. Mnoštvo stvari ovog okruženja preuzeto je iz programskog alata Processing. Za ovu platformu napisan je i ugrađen u Arduino IDE veliki broj programskih biblioteka koje su svakako olakšale upotrebu senzora i modula korišćenih u izradi ovog projekta. Neke od biblioteka i gotovih funkcija preuzete su sa [12]. Osnovni programski jezik koji se koristi na Arduino platformi je pojednostavljena varijanta jezika C. Odnosno jezik je prilagođen Arduino uređaju tako što su iz njega uklonjene neke kompleksne stvari i uvedena je C/C++ biblioteka zvana Wiring.

Arduino programski kod sastoji se od dva osnovna dela:

- Podešavanja - **setup()**
- Programa koji se ciklično izvršava – **loop()**

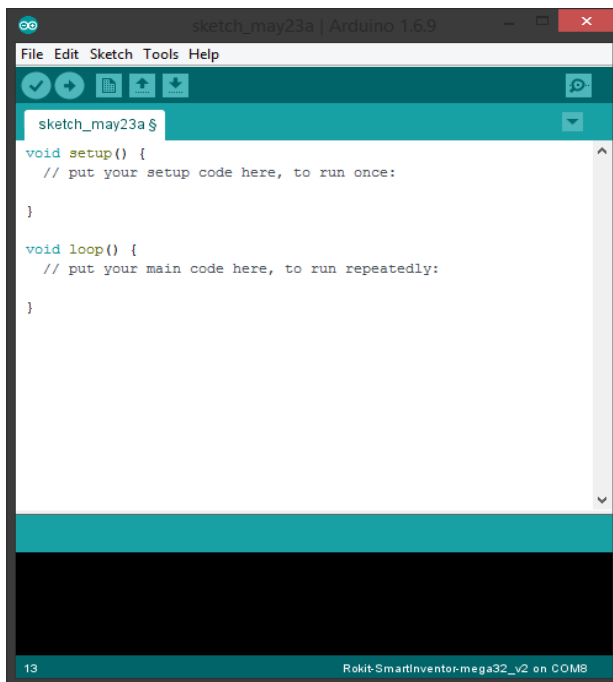
**setup()** predstavlja deo koda kojim se vrši podešavanje uređaja (ulaza, izlaza, komunikacije itd.)

**loop()** je deo koda koji Arduino uređaj ciklično ponavlja. Ovo se radi iz razloga da ne bismo morali da restartujemo uređaj nakon izvršenja programa. Blok šema funkcionisanja ovog softvera prikazana je na slici 12.



Slika 12. Dijagram izvršenja programa

Pisanje programa za Arduino se vrši u Arduino IDE editoru, slika 13.



Slika 13. Izgled okruženja za programiranje

Po završetku pisanja skeča (engl. sketch, naziv programa pisanih za Arduino) potrebno je proveriti da li ima grešaka u sintaksi korišćenjem opcije "Verify", na dnu programa će se pokazati i podaci o zauzetoj memoriji. To je veoma bitan podatak znajući da Arduino UNO uređaj ima 32 kilobajta programske memorije i 2 kilobajta SRAM, tako da je potrebno ekonomično upravljati ovim resursima. Zatim opcijom "Upload" kod se kompajlira i prebacuje na ploču.

Unutar funkcije "setup()" definisani su statusi pinova, odnosno da li će pin obavljati funkciju izlaza ili ulaza. To se definiše funkcijom "pinMode()", takođe je definisana i brzina prenosa funkcijom "Serial.begin()". Vozilo na svojoj platformi poseduje servo motor stoga je uključena

ugrađena biblioteka "<Servo.h>", pin za servo motor je definisan funkcijom "attach()". Kretanje vozila je definisano funkcijama koje u određenim vremenskim intervalima uključuju i isključuju pinove na koje su priključeni DC motori.

Za kretanje vozila definisane su sledeće funkcije:

- void napred ()
- void nazad ()
- void levo ()
- void desno ()
- void stop ()
- void prepreka ()

U okviru ovih funkcija pinovi su postavljeni u stanja logičke jedinice, odnosno nule pozivanjem funkcija "digitalWrite()" i "analogWrite()". Vremena trajanja ovih stanja na pinovima definisana su funkcijom "delay()". Funkcija izvršenja programa, "void loop()" učitava podatke serijske komunikacije. U okviru ovog dela korisnika je funkcija "Serial.read()" koja služi da od korisnika putem Bluetooth komunikacije učitava podatak. Podatak je u vidu stringa odnosno karaktera koji su unapred definisani u programu i služe da pozovu već pomenute funkcije za kretanje vozila u željenom pravcu. Jedna od komandi pokreće i funkciju "prepreka()", pokretanjem ove funkcije vozilo se kreće samostalno, izbegavajući prepreke koje se nađu ispred njega. Korisnik u svakom trenutku može prekinuti izvršenje ove funkcije pozivanjem funkcije "stop()". Da bi korisnik mogao da upravlja vozilom putem android aplikacije potrebno je da svakom kontrolnom dugmetu dodeli karakter koji je definisan u kodu kako bi pritiskom na iste pozivao funkcije i tako upravljao vozilom. Na ovaj način je i izvršena zaštita vozila od pokušaja neovlašćenog pokretanja i upravljanja.

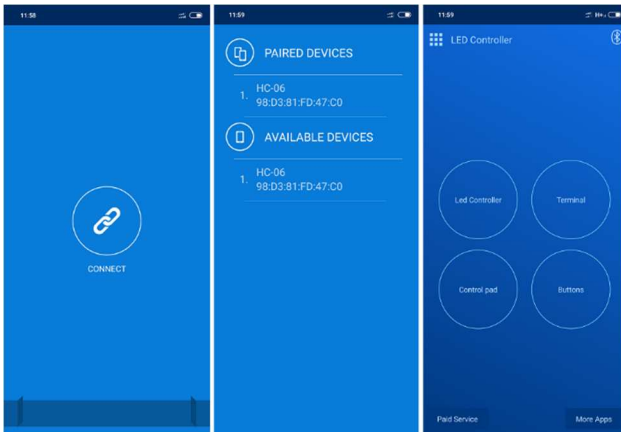
## 5. REZULTATI PROJEKTA

Kako bi se ispitali i proverili očekivani rezultati, izvršeno je testiranje vozila u različitim uslovima. Kada se na Keystudio UNO uređaj dovede napajanje pritiskom na taster prekidač ugrađen na platformi, LED indikator na Bluetooth HC-06 modulu počinje da trepće, to je znak da modul emituje signal i potrebno ga je upariti sa mobilnim telefonom pomoću aplikacije Arduino Bluetooth. Kada se pokrene ova aplikacija, na korisničkoj strani se otvaraju redom prozori gde se vrši povezivanje mobilnog telefona sa HC-06 modulom i izbor moda za upravljanje. Izgled ove aplikacije prikazan je na slici 14.

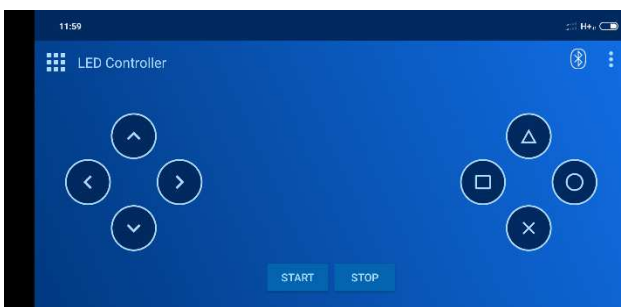
Nakon izbora „Control pad“ opcije, otvara se upravljački deo aplikacije, slika 15, na kome se nalaze sledeće funkcije:

- dugme za kretanje napred
- dugme za kretanje nazad
- dugme za rotaciju nalevo
- dugme za rotaciju nadesno
- dugme za funkciju izbegavanja prepreka
- dugme za prekid ove funkcije





Slika 14. „Arduino Bluetooth“ aplikacija, konektovanje



Slika 15. Upravljački deo android aplikacije

Dugmad u obliku strelica koja se nalaze na levoj strani služe sa kretanje vozila u prikazanom pravcu. Kada korisnik pritisne dugme „START“, vozilo se kreće samostalno. Kada dođe na 25cm do nekog objekta, tu se zaustavlja, zatim se pokreće servo motor koji rotacijom od po 90 stepeni u levu i desnu stranu usmeri ultrazvučni sensor. Merenja ove dve udaljenosti se upoređuju, vozilo će izvršiti rotaciju i nastaviti kretanje u stranu na kojoj je udaljenost do nekog objekta bila veća. Ako je udaljenost na obe strane manja od 10cm, ta situacija onemogućava rotaciju vozila, pa se iz tog razloga kreće nazad. Rezultati koji su dobijeni testiranjem ovog mobilnog robota u različitim uslovima su pokazali da u slučaju klizave podloge vozilo prokliza i ne izvrši potpunu rotaciju, ovo se može unaprediti postavljanjem gusenica od nekog drugog materijala, na primer gume. Funkciju izbegavanja prepreka robot izvršava bez problema kada su uslovi u kojima radi onakvi kao što je planirano na početku projekta, na primer prolazak kroz tunel u kojem su krivine pod uglom od 90 stepeni i sl.

Ultrazvučni sensor meri udaljenosti od 2cm do 400cm, rezultati su pokazali da je maksimalna greška koju ovaj sensor može napraviti 3mm. Što je u ovom slučaju veoma precizno merenje.

Korisnik u svakom trenutku može prekinuti izvršavanje ove funkcije pritiskom na dugme „STOP“ i zatim nastavi sa upravljanjem vozila putem aplikacije. Kontrolni deo koji se nalazi na desnoj strani upravljačkog okruženja za sada nema definisane funkcije, ali daje mogućnost nadogradnje platforme vozila.

## 6. ZAKLJUČAK

U radu je prikazana i opisana praktična izrada mobilnog robot tenka pomoću Keystudio UNO R3 kontrolera kojim se putem Bluetooth komunikacije vrši daljinsko upravljanje vozila. Ovakav elektronski sklop se može ugraditi i na druge vrste vozila, na primer u industrijske svrhe gde je moguće vršiti određene poslove bez upotrebe fizičke snage, što je jedan od glavnih ciljeva upotrebe robota. U ovom projektu reč je o tenku koji je vozilo u upotrebi vojske. Stoga je jako primenljivo kako bi se zaštitili životi pripadnika vojske. Prednosti ovog rada se ogledaju u upotrebi relativno jednostavnih i lako dostupnih elektronskih komponenti i jednostavnom upravljanju vozilom.

## LITERATURA

- [1] Ibrahim Dogan, Microcontroller based applied digital control. John Wiley and Sons, 2006.
- [2] Ibrahim Dogan, Microcontrollers for Students, 2011.
- [3] Ibrahim Dogan, Motor Control – Projects with Raspberry Pi and Arduino, 2017.
- [4] Michael McRoberts, Beginning Arduino, 2010.
- [5] Ibrahim Dogan, ARM Microcontroller Projects, 2016.
- [6] <https://buffme.ru/bs/sea/arduino-and-the-use-of-engines-dc-motor-connection-and-control/>
- [7] Warwick A. Smith, C Programming with Arduino, 2017.
- [8] Muhammed Ali Mazidi, Sepehr Naimi, Sarmad Naimi, AVR Microcontroller and Embedded Systems Using Assembly and C, 2011.
- [9] [https://wiki.keystudio.com/Ks0001\\_keystudio\\_UNO\\_R3\\_BOARD](https://wiki.keystudio.com/Ks0001_keystudio_UNO_R3_BOARD)
- [10] [https://www.sparkfun.com/datasheets/Robotics/L298\\_H\\_Bridge.pdf](https://www.sparkfun.com/datasheets/Robotics/L298_H_Bridge.pdf)
- [11] [https://wiki.keystudio.com/Ks0004\\_keystudio\\_Sensor\\_Shield\\_V5](https://wiki.keystudio.com/Ks0004_keystudio_Sensor_Shield_V5)
- [12] <https://www.arduino.cc/en/Reference/FunctionDeclaration>

# INTERNET STVARI: IZRADA METEOROLOŠKE STANICE POMOĆU ESP8266 MODULA

## INTERNET OF THINGS: PRODUCTION OF WEATHER STATION USING ESP8266 MODULE

David Novaković, Mladen Randić  
*Univerzitet odbrane, Vojna akademija*

**Sadržaj** –U ovom radu je predstavljena upotreba ESP8266 modula kroz model prenosne meteorološke stanice koja komunicira koristeći internet konekciju i usluge veb servera. Ostvarena komunikacija i rad stanice su brzi i efikasni. Zadaci predloženog modela su prikupljanje podataka o meteorološkim uslovima okoline upotrebom senzora povezanih na modul, slanje podataka na ThingSpeak analitičku platformu, skladištenje dobijenih rezultata i prikaz obrađenih rezultata koje učitavaju senzori.

**Abstract** - In this paper I will represent how you could make portable meteorological station using ESP8266 module which communicates using internet connection and web server services. Accomplished communication and station functioning are quick and efficient. Assignments of model are meteorological conditions data collecting using sensors wich are connected with module, sending those data to the ThingSpeak analytics platform , storage of measured results and display of processed results that sensors load.

### 1. UVOD

Visoka upotreba tehnologije u rešavanju svakodnevnih izazova asocira nas da rešenje gotovo svakog problema tražimo upotrebom informacionih tehnologija (Informacione Tehnologije - IT). U poslednje vreme, najčešće predloženo rešenje koje nam IT nudi jeste internet stvari (*Internet of Things* – IoT eng.), pojam kojem se još od kraja devedesetih godina 20. veka posvećuje sve veća pažnja. Još pre skoro vek jedan od najvećih izumitelja u istoriji čovečanstva je predvideo u kom pravcu će razvoj tehnologije ići. Veliki um Nikola Tesla je 1926. godine u jednom intervjuu izjavio: “Kada se bežična mreža savršeno primeni, cela Zemlja će se pretvoriti u ogroman mozak, što ustvari i jeste, sve stvari su delovi stvarne i ritmičke sredine... a uređaji pomoću kojih ćemo biti u mogućnosti da ostvarimo to će biti neverovatno jednostavni kao na primer telefon koji sada koristimo. Čovek će moći da ih nosi u džepu od prsluka.”

Razvoj interneta stvari je započeo 1998. godine, a naziv mu je 1999. podario Kevin Ešton, britanski inženjer koji je osnovao Auto-ID centar na MIT-ju (Massachusetts Institute of Technology) i globalni standardni sistem za RFID i druge senzore.

Internet stvari obezbeđuje interakciju između stvarnog (fizičkog) i digitalnog(virtualnog) sveta. Fizički entiteti imaju digitalne kopije i virtuelnu reprezentaciju i stvari postaju svesne konteksta i mogu da osećaju, komuniciraju, razmjenjuju podatke, informacije i znanje. Kroz upotrebu algoritama inteligentnog odlučivanja u softverskim aplikacijama mogu se dati pogodni i brzi odgovori fizičkom entitetu na osnovu najnovije informacije prikupljene o fizičkim podacima entiteta i razmatranja obrazaca u podacima kroz istoriju, bilo za isti entitet, bilo za slične subjekte. Ovo utire novu dimenziju koncepta stvari u domene kao što je menadžment lanaca snabdevanja, transport i logistika, vazduhoplovstvo i automobilska industrija, pametna okruženja (kuće, zgrade, infrastruktura), energetika, odbrana, poljoprivreda, maloprodaja i drugo [1].

Internet stvari je nova revolucija interneta. Internet stvari omogućava ljudima i stvarima da budu povezani bilo kada, bilo gde, sa bilo čime i bilo kime, da koriste bilo koju mrežu i bilo koji servis kao što je prikazano u tabeli 1.

Tabela 1. Rasprostranjenost „internet stvari“

Domen	Opis	Primene
Društvo	Aktivnosti vezane za poboljšanje i razvoj društva, gradova i ljudi	Pametni gradovi, pametna poljoprivreda, zdravstvo,kućna automatizacija, telekomunikacije, energija, odbrana, pametne zgrade
Okruženje	Aktivnosti vezane za zaštitu i razvoj prirodnih resursa	Pametno okruženje,pametno merenje,pametna obnova vode, upozoravanje na katastrofe
Industrija	Aktivnosti vezane za finansijske, komercijalne transakcije između kompanija	Maloprodaja, logistika, lanci snabdevanja, industrijska kontrola, vazdušni prostor i avijacija

Prema [2], IoT sistem je mreža drugih mreža u kojoj je veliki broj objekata, stvari, senzora, uređaja povezan putem komunikacija i informacione infrastrukture za pružanje usluga sa dodatnom vrednošću putem inteligentne obrade podataka i upravljanja različitim aplikacijama. Internet stvari je koncept korišćenja računarske tehnologije koji opisuje budućnost u kojoj će svakodnevno fizički objekti biti povezani sa Internetom i moći će da se identifikuju sa drugim uređajima. Termin je blisko identifikovan sa RFID-om (Radio-Frequency Identification) kao metodom komunikacije, iako može uključivati i druge senzorske tehnologije, druge bežične tehnologije, QR (Quick Response) kodove, itd.

## 2. HARDVER

Za izradu uređaja upotrebljene su sledeće komponente:

- *ESP8266 MODULE*

Postoji mnogo različitih modula dostupnih na osnovu ESP8266. Razlikuju se u više aspekata kao što je broj dostupnih GPIO (General-Purpose Input/Output) pinova ili koliko se mogu lako programirati bez potrebe dodatnog Serial-to-USB konvertera. U ovom radu je korišćen NodeMCU V1.0.

ESP8266 je naziv mikro kontrolera koji je dizajnirao Espressif Systems. ESP8266 je sam po sebi WiFi rešenje za mrežu kao most od postojećeg mikrokontrolera do WiFi-a, a takođe je u stanju da pokrene samostalne aplikacije. Ovaj modul dolazi sa ugrađenim USB konektorom i bogatim asortimanom pin-out uređaja. Modul NodeMCU se može povezati i vrlo lako koristiti preko mikro USB kabla sa laptopom [3].

- *OLED DISPLAY SSD1306*

SSD1306 je CMOS OLED drajver sa jednim čipom i kontroler za organsko(polimerno) emitovanje svetlosti diodnog matičnog grafičkog sistema. Sastoji se od 128 segmenata i 64 zajednice. Ovo integralno kolo je dizajnirano za običan katodni OLED panel. Ima kontrolu osvetljenosti od 256 koraka. Podaci(komande) su poslani iz opšteg MCU-a(Multipoint Control Unit) preko hardverske selektivne serije paralelnog interfejsa 6800/8000, I2C(Inter-Integrated Circuit) interfejsa ili serijskog perifernog interfejsa. Pogodan je za mnoge kompaktne prenosne aplikacije, kao što je pod-zaslon mobilnog telefona, MP3 plejer, kalkulator, itd. [4].

- *BMP180 MODULE*

Modul BMP180 se sastoji od piezo-otpornog senzora, analogno-digitalnog pretvarača i kontrolne jedinice sa E2PROM(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) i serijskim I2C interfejsom pomoću koga je dizajniran da bude povezan direktno sa mikrokontrolerom. BMP180 isporučuje nekompenzovanu vrednost pritiska i temperature. E2PROM skladišti 176 bita pojedinačnih podataka o kalibraciji. To se posle

koristi za kompenzaciju ofseta, temperaturne zavisnosti i drugih parametara senzora [5].

- *DHT11 SENSOR*

Modul DHT11 senzor temperature i vlažnosti ima senzor temperature i vlage sa kalibrisanim izlazom digitalnog signala. Koristeći ekskluzivnu tehniku digitalno-signalne akvizicije i tehnologiju prikupljanja vlažnosti i temperature, osigurava visoku pouzdanost i odličnu dugoročnu stabilnost.

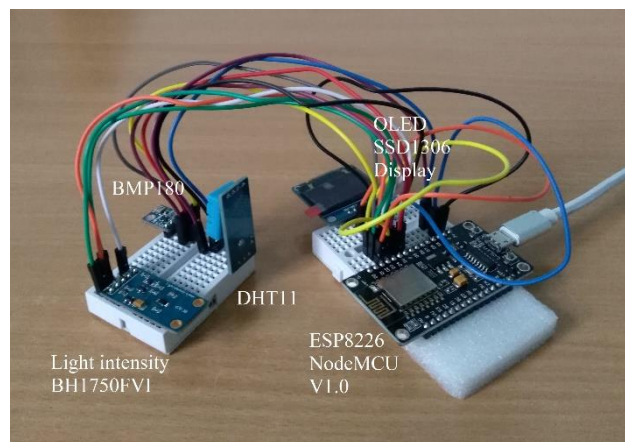
Svaki DHT11 element je strogo kalibrisan u izuzetno preciznoj laboratoriji kalibracije vlažnosti. Kalibracioni koeficijenti se čuvaju kao programi u OTP memoriji(One-Time Programmable Memory), i koriste se u procesu detekcije unutrašnjeg signala senzora. Serijski interfejs sa jednom žicom čini integraciju sistema brzom i jednostavnom. Njegova mala veličina, mala potrošnja energije i prenos signala dugih i do 20 metara čini ga najboljim izborom za različite primene, uključujući i one najzahtevnije. Komponenta je 4-pinski jednoredni pin paket [6].

- *LIGHT INTENSITY BH1750FVI SENSOR*

BH1750FVI je digitalni IC(Integrated Circuit) senzor ambijentalnog svetla koji koristi I2C bus interfejs. Ovaj IC je najpogodniji za dobijanje podataka ambijentalnog osvetljenja kao i za podešavanje osvetljenja LCD ekrana i tastature mobilnog telefona. Moguće je detektovati širok opseg pri visokoj rezoluciji.

Sadrži foto diodu sa detektovanjem otprilike kao kod ljudskog oka, AD konvertora za dobijanje digitalnih 16-bitnih podataka, logičkog kalkulatora ambijentalnog svetla, I2C bus-a, internog oscilatora(daje frekvenciju od 320kHz) kao i registara podataka [7].

Na slici 1 su prikazani senzori povezani sa modulom.



Slika 1. Senzori povezani na modul

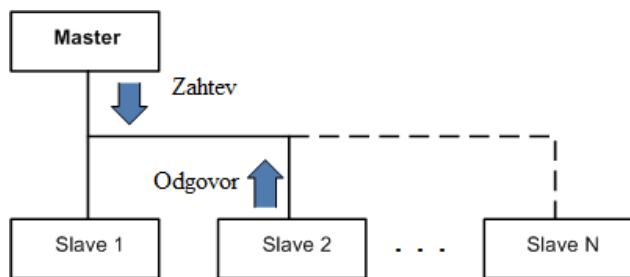
## 3. KOMUNIKACIJA

Komunikacija između procesora i gotovo svih senzora u ovom projektu (osim DHT11 senzora) se zasniva na I2C

(Inter-Integrated Circuit) komunikaciji. I2C omogućava dobru podršku za komunikaciju sa različitim sporijim perifernim jedinicama u sistemima gde se potreba za njihovom upotrebom javlja povremeno. Razvila ga je evropska firma Filips(Philips), a zatim su ga i drugi proizvođači integrisanih kola podržali, a danas se vrlo često sreće naručito kod mikrokontrolerskih sistema.

Fizički I2C bus sadrži samo dve linije signala i to: SLC(Serial Clock) koja se koristi za prenos taktnog signala i liniju SDA(Serial Data) za prenos podataka. Za upravljanje ovim linijama najčešće se koriste kola sa otvorenim kolektorom pa se ove linije napajaju sa naponom od +5V. U standardnom režimu rada dužina ovih linija je do 2 m uz brzine prenosa do 100 kbita.

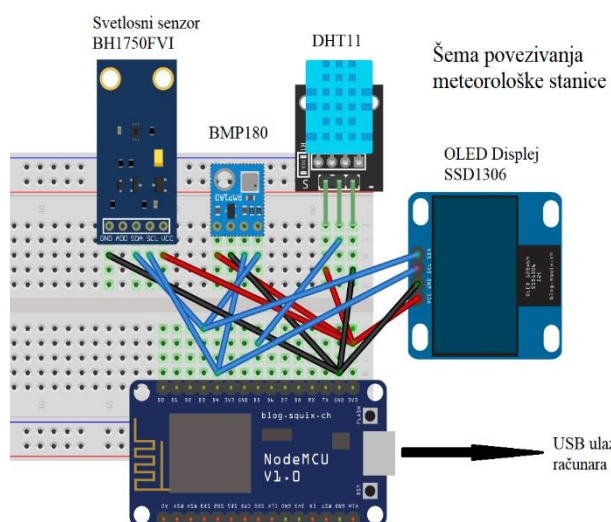
Uređaji priključeni na I2C bus dele su u dve grupe: "Master" i "Slave". "Master" uređaji generiše taktni signal SLC i on je upravljački. On može adresirati bilo koji priključeni "Slave" uređaj u cilju predaje ili prijema informacija. Slanjem taktnog signala, „Master“ kontroliše rad „Slave“-ova. Svi "Slave" uređaji su zavisni od I2C basa i njegovih zahteva postavljenih od strane "Master" uređaja što je prikazano na slici 2.



Slika 2 (šema „master-slave“ komunikacije)

Za razliku od ostalih senzora, komunikacija DHT11 se zasniva na 1-Wire(One-Wire) komunikacionom sistemu. 1-Wire je komunikacioni sistem između uređaja koji je dizajnirao Dallas Semiconductor Corp. i koji obezbeđuje podatke niske brzine (16.3kbps), signalizaciju i napajanje preko jedne žice.

1-Wire je po konceptu sličan I2C komunikaciji, ali sa nižim brzinama prenosa podataka i većim dometom. Obično se koristi za komunikaciju sa malim, jeftinim uređajima kao što su digitalni termometri i vremenski instrumenti. Mreža 1-Wire uređaja sa „Master“ uređajem naziva se MicroLAN. Na slici 3 je prikazana šema povezivanja senzora sa ESP8266 modulom.



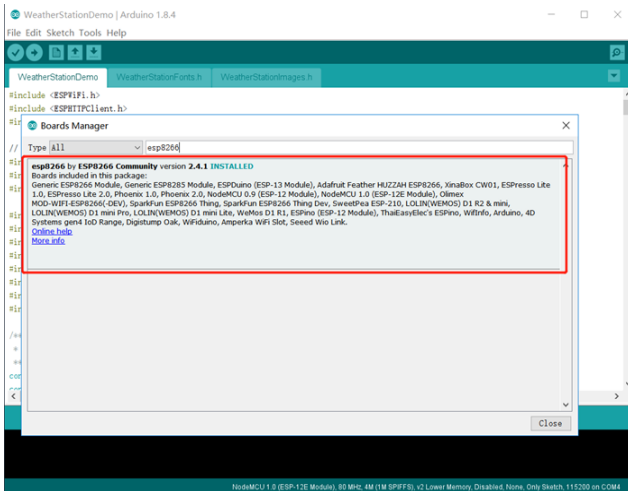
Slika 3. Šema povezivanja senzora sa ESP8266 modulom

#### 4. SOFTVERSKA RELIZACIJA

Da bi se detektovao NodeMCU V1.0, razvojna platforma treba da detektuje Serial-To-Bus adapter povezan na ESP8266 i za to joj je potreban odgovarajući drajver.

Kako bi se isprogramirao neophodan kod, a potom uploadovao potrebno je razvojno okruženje u kojem se to može realizovati. U ovom projektu korištena je Arduino IDE (Integrated Development Enviroment) platforma. Arduino IDE je cross-platform aplikacija (namenjena za različite platforme, za Windows, MacOS, Linux npr.) koja je napisana u programskom jeziku Java. Koristi se za pisanje i slanje programa na Arduino ploču. Arduino IDE podržava programske jezike C i C++ koristeći posebna pravila strukturiranja koda. Arduino IDE isporučuje biblioteku softvera, koja pruža mnoge zajedničke ulazne i izlazne procedure.

Nakon instalacije drajvera treba instalirati određeni „alat“ koji omogućava da se kompajliraju i kreiraju binarne datoteke za određenu platformu. Da bi se uspešno slao kod na ESP8266 potreban je drugi lanac alata od onog koji dolazi sa običnom verzijom Arduino IDE. Kako bi se uštedelo vreme pri preuzimanju mnogo različitih datoteka, Arduino IDE ima sjajnu osobinu: Board Manager. On omogućava da se instalira podrška za mnoge različite čipove i ploče sa samo nekoliko klikova [8]. Na slici 4 je prikazan izgled Board Managera.

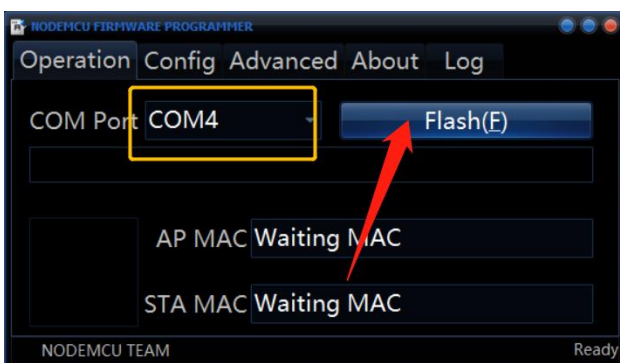


Slika 4. Izgled Board Manager-a

Sljedeći korak jeste ubacivanje neophodnih biblioteka koje pomažu pri kontrolisanju senzora, kao što su: ESP8266 OLED driver for SSD1306, DHT sensor library, BH1750FVI i Adafruit BMP085 library.

Kako bi se omogućio rad uređaja neophodno je ubaciti firmver. U elektronskim sistemima i računarstvu, firmver je specifična klasa kompjuterskog softvera koji obezbeđuje kontrolu za specifični hardver uređaja. Firmvare možete smatrati jednostavno „softverom za hardver“. Firmver može ili da obezbedi standardizovano radno okruženje za složeniji softver uređaja (što omogućava veću hardversku nezavisnost) ili, za manje složene uređaje, funkcioniše kao kompletan operativni sistem uređaja, obavljajući sve funkcije kontrole, nadzora i manipulacije podacima. Tipični primeri uređaja koji sadrže firmvere su ugrađeni sistemi, aparati za potrošače, računari, računarske periferije i drugi. Gotovo svi malo složeniji elektronski uređaji sadrže neki firmver [9].

Ubacivanje firmvera se realizuje pomoću aplikacije „Nodemcu Firmware Programmer“ razvijene od strane NODEMCU TEAM-a, slika 5.



Slika 5. Aplikacija „Nodemcu Firmware Programmer“

Neophodan deo za realizaciju projekta predstavlja i JSON parser. Parser („onaj koji tumači“) je deo koda koji analizira unos (tekst, dokument) čitajući njegov sadržaj. Da bi to uradio, parser ima znanje o strukturi teksta, koji se ponekad naziva sintaksa. Sintaksa je kao gramatika našeg prirodnog jezika. Veb pregledač koji koristimo za

čitanje vesti koristi HTML parser za razumevanje oznaka koje se preuzimaju sa veb servera i zatim stavljaju u vizualizaciju sa formatiranim tekstom, slikama i linkovima. Savremeni računari koriste DOM (Document Object Model) parser koji kreira stabla kao strukturu dokumenta koji analizira, zadržava ovu strukturu u memoriji i čini je dostupnom za kod koji radi sa njim nešto smisleno. DOM parseri su veoma jednostavni za upotrebu, brzi i zgodni, ali ova pogodnost dolazi po ceni memorijskih zahteva. DOM parser zahteva mnogo memorije, jer celi dokument čuva u memoriji dok se veći njegov deo ne koristi [10].

Kao što je ranije pomenuto, parser zasnovan na stablu učitava ceo dokument u memoriju, a to bi samo srušilo ESP8266, jer nema resurse da zadrži 200kb na gomili. Stoga je korišten PHP JSON parser prebačen na C++ kao biblioteka, koji je kreirao Daniel Eichhorn.

Nakon ove pripreme treba preći na implementaciju koda.

Prvi deo koda je koncipiran tako što pomoću serijske komunikacije mikrokontroler na određeni vremenski period pomoću signala takta zahteva od senzora da pošalju podatke o trenutnoj vlažnosti vazduha, temperaturi, jačini svetlosti, odnosno vazдушnom pritisku u prostoru u kom se sam uređaj nalazi, što je prikazano na slici 6.

```
void readAtmosphere(){
    tempAtmo = bmp.readPressure();
    Serial.print("Pressure:");
    Serial.print(tempAtmo*0.001);
    Serial.println(" kPa");
    Serial.println("");
}
```

Slika 6. Kod za učitavanje podataka o atmosferskom pritisku

Nakon svakog prikupljanja podataka displej ispisuje date parametre uz određen tekst i prikazuje to na jednom od „frejmova“. Kod je prikazan na slici 7.

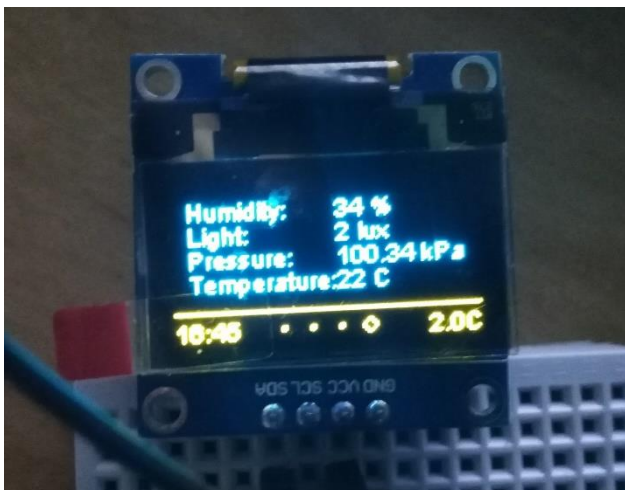
```

void      drawForecast(OLEDDisplay*display,
OLEDDisplayUiState* state, int16_t x, int16_t y) {
display->setTextAlignment(TEXT_ALIGN_LEFT);
display->setFont(ArialMT_Plain_10);
display->drawString(x + 6, y+6, "Humidity:");
display->drawString(x + 68, y+6, String(humi) +
"%");
display->setFont(ArialMT_Plain_10);
display->drawString(x + 6, y+16, "Light:");
display->drawString(x+68, y+16, String(tempLight)
+ " lux");
display->setFont(ArialMT_Plain_10);
display->drawString(x + 6, y+26, "Pressure:");
display->drawString(x+68,y+26,
String(tempAtom*0.001) + " kPa");

display->drawString(6 + x, 36 + y, "Temperature:");
display->drawString(68 + x, 36 + y, String(temp)+"
°C");
}

```

Slika 7. Kod za ispis podataka na displeju



Slika 8. Ispis podataka prikupljenih od senzora

Drugi deo koda se odnosi na komunikaciju pomoću WiFi-a sa internet provajderom. Kako bi se podaci koji se dobijaju mogli podeliti sa drugim korisnicima, potrebno je otvoriti nalog na sajtu [www.thingspeak.com](http://www.thingspeak.com). Ovo je sajt namenjen upravo za internet stvari i omogućava statistički prikaz i obradu podataka dobijenih sensorima pomoću MATLAB-a. Kako bi se modul povezao sa njim neophodno je da se iskoristi API(Application Programming Interface) ključ koji se dodeljuje po otvaranju naloga.

Šta je zapravo API ključ? API ključ je kod koji se prenosi pomoću računarskih programa koji pozivaju aplikacioni programski interfejs (API) kako bi identifikovao pozivni program, njegovog razvojnog programera ili njegovog korisnika na Veb lokaciji. API-ji su dobro definisan način na koji jedan komad koda može razgovarati s drugim. To može biti na istom uređaju, ali se često odnosi na komunikaciju između dva uređaja povezana preko mreže. Za meteorološku stanicu potrebno je dobiti trenutne i prognoziranje podatke u formatu koji mašina razume. Ovaj

ključ se koristi ne samo za upisivanje, nego i za učitavanje podataka sa interneta [11]. Na slici 10 je prikazan izgled jednog prozora na sajtu u kojem su učitani podaci sa uređaja:

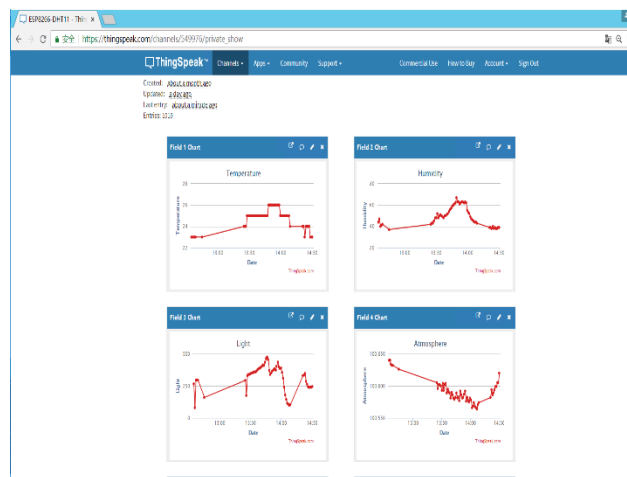
```

void uploadTemperatureHumidity(){
if(!client.connect(host, httpPort)){
Serial.println("connection failed");
return;
}

client.print(String("GET")+"/update?api_key="+api_key+
"&field1="+temp+"&field2="+humi
+"&field3="+tempLight+"&field4="+tempAtom+
"HTTP/1.1 \n");
while(client.available()){
String line = client.readStringUntil('\n');
Serial.print(line);
}
}

```

Slika 9. Kod za „upload“-ovanje podataka na [www.thingspeak.com](http://www.thingspeak.com)



Slika 10. Izgled jednog prozora na sajtu u kojem su učitani podaci sa uređaja

U trećem, poslednjem delu koda se koristi API ključ dobijen od strane sajta [www.openweathermap.com](http://www.openweathermap.com) kako bi se dobili meteorološki podaci o određenoj regiji (gradu npr.) i prikazali pomoću displeja. Funkcija update-ovanja primljenih podataka se realizuje na način prikazan na slici 11.

```

void updateData(OLEDDisplay *display) {
drawProgress(display, 10, "Updating time...");
drawProgress(display, 30, "Updating weather...");
currentWeatherClient.setMetric(IS_METRIC);
currentWeatherClient.setLanguage("en");
currentWeatherClient.updateCurrent(&currentWeather,
OPEN_WEATHER_MAP_APP_ID,
OPEN_WEATHER_MAP_LOCATION);
drawProgress(display, 50, "Updating forecasts...");
forecastClient.setMetric(IS_METRIC);
forecastClient.setLanguage("en");
forecastClient.updateForecasts(forecasts,
OPEN_WEATHER_MAP_APP_ID,
OPEN_WEATHER_MAP_LOCATION,
MAX_FORECASTS);
drawProgress(display, 100, "Done...");
delay(1000);
}

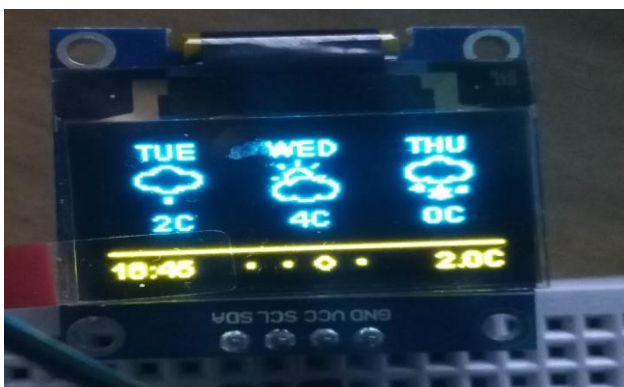
```

Slika 11. Kod za update-ovanje podataka koji se preuzimaju sa [www.openweathermap.com](http://www.openweathermap.com)

Nakon ovoga na displeju se dobijaju rezultati prikazani na slikama 12 i 13.



Slika 12. Učitavanje trenutne vremenske prognoze



Slika 13. Vremenska prognoza za naredna 3 dana

## 5. ZAKLJUČAK

U radu je prikazana realizacija meteorološke stanice upotrebom 8266ESP modula, mikrokontrolera koji ima mogućnost direktnog povezivanja na internet pomoću WiFi-a koji ima ugrađen u sebi omogućavajući na taj način da se brzo i lako pristupi podacima na globalnoj mreži, što je ujedno i prednost ovog modula u odnosu na Arduino ili slične ploče. Upotrebom serijske komunikacije dobijeni su podaci sa senzora povezanih na mikrokontroler o stanju atmosfere u okruženju u kojem se uređaj nalazi. Krajnji korak projekta je komunikacija sa web serverom i IoT analitičkom platformom ThingSpeak namenjenom za obradu i prikaz podataka poslatih sa modula. Osim slanja podataka, uređaj takođe učitava podatke dobijene od strane britanske kompanije Openweather, IT kompanije koja distribuira podatke o meteorološkim uslovima, kako bi se dobili meteorološki podaci o određenoj regiji i prikazali pomoću displeja.

## LITERATURA

- [1] Dr. V. Bhuvanewari, Dr. R Porkodi, „The Internet of Things (IoT) Applications and Communication Enabling Technology Standards: An Overview“, 2014. International Conference on Intelligent Computing Applications
- [2] časopis IEEE-a (Institute of Electrical and Electronics Engineers) „Internet of Things“
- [3] <https://learn.acrobotic.com/tutorials/post/esp8266-getting-started>
- [4] „Advance Information SSD1306 128 x 64 Dot Matrix OLED/PLED Segment/Common Driver with Controller“, Solomon Systech Limited
- [5] „BMP180 digital pressure sensor BMP180 Data sheet“, Bosch Sensotec, 5. April 2013.
- [6] „DHT11 Temperature & Humidity Sensor“, Mouser Eletronics
- [7] „Digital 16bit Serial Output Type Ambient Light Sensor IC“, Mouser Eletronics
- [8] Magesh Jayakumar , „Quick Start to Nodemcu (ESP8266) on Arduino IDE“
- [9] <https://en.wikipedia.org/wiki/Firmware>
- [10] Daniel Eichhorn , „ESP8266 Weather Station Getting Started Guide“, 11. septembar 2018.
- [11] [https://uk.mathworks.com/help/mps/restful-api-and-json.html?searchHighlight=api&s\\_tid=doc\\_srchtile](https://uk.mathworks.com/help/mps/restful-api-and-json.html?searchHighlight=api&s_tid=doc_srchtile)

# Značaj RFID u implementaciji sistema beskontaktno kontrole pristupa

## The importance of RFID in non-contact access control system implementation

Aleksa Lazović, Davor Holender  
Vojna akademija, Univerzitet odbrane

**Sadržaj** – U ovom projektu predstavljena je implementacija sistema sa beskontaktnom kontrolom pristupa i analiziran je uticaj RFID-a na njegov rad. Izvršen je pregled komponenata za realizaciju projekta, njihovo povezivanje kao i implementaciju koda u Arduino softverskom alatu.

**Abstract** – In this project, a contactless access control system implementation is presented and also the influence RFID has on it's engagement is analyzed. An overview of the components necessary for the project realization is conducted, their mutual connection and programing in Arduino software development tool.

### 1. UVOD

Razvojem i ekspanzijom bežične komunikacije i mogućnosti razmene podataka korišćenjem pogodnosti Internet usluga, pojavio se problem neovlašćenog pristupa poverljivim lokacijama, uređajima i dokumentima. Sistem zasnovan na prepoznavanju personalnog sredstva identifikacije (sistem identifikacione kartice), omogućava prevazilaženje tih vidova pretnji bezbednosti .

Problem koji se danas nastoji rešiti uvođenjem nove tehnologije je – kako pratiti jedinstveni proizvod od njegovog nastanka do krajnjeg potrošača. Standardni bar-kod identifikuje samo proizvođača i proizvod, ali ne i jedinstveni artikal. RFID (Radio Frequency IDentification - RFID) transponder nosi identifikator, a to je serijski broj jedinstven samo za taj specifični proizvod. RFID tehnologija je poznata već nekoliko godina, a tek u poslednje vreme o njoj počinje sve više da se govori. Razlog tome je to što sve veći broj proizvođača i prodavaca počinje da je koristi. Ujedno paralelno sa razvojem sveukupne računarske tehnologije, mogućnosti upotrebe i „legalne zloupotrebe” postaju praktično neograničene.

Savremena RFID tehnologija ne zahteva optičku vidljivost između čitača i predmeta, već se komunikacija između RFID čipa i čitača odvija bežično, na tačno određenoj frekvenciji. Postoji nekoliko načina identifikacije objekata, a najčešće primenjivana metoda je zasnovana na činjenici da je u svakom RFID čipu sačuvan EPC (Electronic Product Code), jedinstveni serijski broj. Ovo znači da i svaki pojedini proizvod u istoj grupi ima svoj jedinstveni broj, a ne jedan broj za veću količinu istih proizvoda. Pored serijskog broja kojim se identifikuje

proizvod, RFID čipovi mogu da sadrže i druge informacije. Mnogo puta se može čuti da se u prostorijama određenih kompanija po cenu otkaza insistira na nošenju identifikacionih kartica sa slikom. Zaposleni ih nose oko vrata ili za pojasom, a kartice same po sebi izgledaju bezazleno. Međutim, u unutrašnjosti je sakriven RFID čip. Pri dolasku na posao sistem identifikuje radnika i beleži vreme, a tokom radnog vremena se može precizno pratiti njegovo kretanje. Ovo se postiže tako što je veći broj RFID čitača raspoređen po radnim prostorijama i hodnicima – što ih je više, to je i preciznost veća. Dok se radnik kreće po zgradi, čitači detektuju informaciju iz čipa u njegovoj kartici i šalju podatke računaru. Računar sa odgovarajućim softverom prepoznaje lokaciju s koje dolazi informacija i u vidu simboličnih ikonica prikazuje položaj osoblja.

Zanimljiv rad urađen upravo pomenutom metodom je projekat na temu dozvola pristupa personalnom računaru, opisana u [1]. Jedna od primena RFID sistema koja zahteva vrlo visoku radnu frekvenciju (Ultra High Frequency - UHF) je kod očitavanja čipova ugrađenim na motornim vozilima u prolasku kroz naplatnu rampu na autoputevima. Interesantna je upotreba RFID čitača kao fizičkog medijuma koji odobrava ulazak u posebne prostorije korišćenjem RFID čipova. Najčešće se upotrebljava u firmama u svrhe kontrolisanja dolaska ili odlaska sa posla, pristup posebnim prostorijama ili u stambenim objektima, konkretno za sprečavanje neželjenog ulaska u isti. Iz svega navedenog formirana je ideja da se u ovom radu analizira uticaj RFID na primeru rada sistema beskontaktnog pristupa.

### 2. UOPŠTENO O RFID SISTEMU

U aplikacijama za praćenje, RFID se pojavio 1980-ih godina i zadobio veliku pažnju zbog svoje sposobnosti da prati pokretne objekte. Aplikacije gde je potrebna sigurna i jedinstvena identifikacija te dugotrajnost i izuzetna otpornost identifikatora na razne specifične uticaje okoline, a nije potrebna direktna vidljivost, idealne su za primenu RFID tehnologije. U većini okruženja, RFID postiže 99,5% do 100% očitavanja u prvom skeniranju. Osim nosilaca informacije, RFID sistem zahteva i sredstvo kojim će te informacije biti pročitane, i zatim prenesene računaru odnosno informacionom sistemu. Naravno, deo sistema mora biti i način kojim će se uneti ili programirati transponderi ako to nije već učinjeno u trenutku njihove proizvodnje.

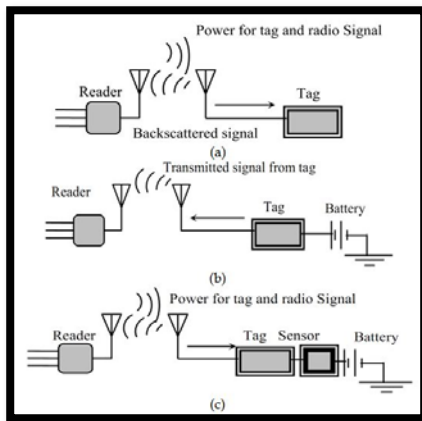


## 2.1. Transponderi

Reč transponder izvedena je od termina transmitter/responder, prema funkciji tog uređaja koji na transmisiju čitača odgovara (respond) podatkom. Osnovne komponente transpondera su mikročip i antena, zaliveni u kućište otporno na uticaj okoline. Fizički, RFID transponderi se razvrstavaju u sledeće kategorije:

- transponder (tag)
- "pametne" nalepnice
- RFID pločica

Transponderi komuniciraju s čitačem putem radio-talasa (Slika 1). Radio-talasi su deo elektromagnetskog spektra za koji u svakoj državi postoji zakonska regulativa.

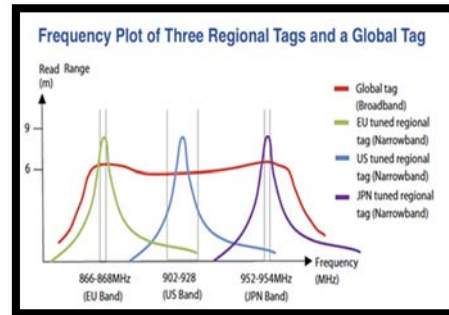


Slika 1. Princip komunikacije Transpondera i RFID čitača

Uopšteno, RFID sistemi se klasifikuju u tri frekvencijska područja. Svako ima svoje karakteristike i tipično područje primene:

- Low Frequency ( Područje niskih frekvencija ) – 100-500 kHz, a najčešće 125 kHz, najkraćeg dometa signala i najmanje brzine očitavanja i prenosa;
- High Frequency ( Područje visokih frekvencija ) – 10-15 MHz, a najčešće 13,56 MHz, kratkog do srednjeg dometa signala, srednje brzine očitavanja i prenosa;
- Ultra High Frequency (Područje izuzetno visokih frekvencija) – rade u rasponu od 433 MHz čak do 2,45 GHz pod FCC (Federal Communications Commission) regulativom. Kod ovih transpondera ne sme biti prepreke između čitača i transpondera – UHF (Ultra High Frequency) radio-talasa ne prodire tako dobro kroz materijale i zahteva više energije za transmisiju u datom opsegu nego talas niže frekvencije.

Svaka država upravlja frekvencijama u skladu s regulativom triju postojećih područja: Evropa i Afrika predstavljaju Region 1, Severna i Južna Amerika Region 2, a Australija i Azija Regiju 3. Postoji inicijativa za postizanje određenog stepena slaganja u pogledu korištenja frekvencijskih područja, ali ih je trenutno za primenu RFID tehnologije vrlo malo dostupno na globalnom nivou (Slika 2).



Slika 2. Grafik korišćenih frekvencijskih područja sva tri regiona kao i globalnog

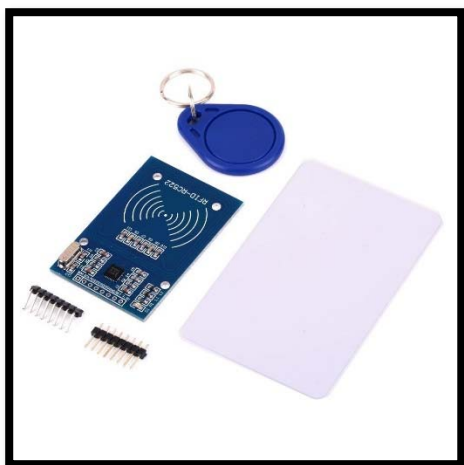
Brzina očitavanja i prenosa podatka je povezana s frekvencijom. Što je viša frekvencija to je brži prenos. Taj podatak je značajan u planiranju RFID sistema, posebno tamo gde će transponder brzo prolaziti kroz zonu očitavanja. O frekvencijskom području donekle zavisi i domet signala transpondera. Ima i drugih faktora – snaga čitača, interferencija koju stvaraju objekti u okolini (posebno metalni) i drugi RF uređaji. Obično, domet pasivnih transpondera (bez baterija) niske frekvencije je 30 cm ili manje, transpondere visoke frekvencije moguće je pročitati s udaljenosti oko 90 cm ili manje, a UHF transpondere s 3 do 6 m. Tamo gde je potreban veći domet koriste se aktivni transponderi koji ostvaruju i veći domet signala.

## 3. RFID KONTROLA PRISTUPA

RFID sistem se sastoji od dve komponente: RFID transpondera (tag) i čitača (Slika 3). Transponder se sastoji od integrisanog kola i antene, gde integrisana kola služe za skladištenje podataka, a antena je za prenos podataka u RFID čitač. Kad god se tag nađe u blizini RFID čitača, RF (Radio Frequency) signal otpočinje napajanje taga, a zatim počinje prenositi podatke serijski. Podaci se dalje primaju od strane RFID čitača i čitač ih šalje na Arduino ploču. I nakon toga, kao i kod u mikrokontroleru, obavlja se drugačiji zadatak.

Sada ćemo videti kako možemo koristiti RFID sa Arduinom i izraditi vlastitu RFID bravu za vrata. Koristićemo oznake koje se zasnivaju na MIFARE protokolu i MFRC522 RFID čitaču. Upotrebljeni transponderi, odnosno tagovi, sadrže 1kb memorije i imaju ugrađen mikročip koji može obavljati aritmetičke operacije. Njihova radna frekvencija (operating

frequency) je 13.56 MHz, a radna udaljenost (operating distance) u zavisnosti od oblika antene.



Slika 3. RFID čitač, transponder i kartica (KeyCard)

Sada ćemo videti kako možemo koristiti RFID sa Arduinoom i izraditi vlastitu RFID bravu za vrata. Koristićemo oznake koje se zasnivaju na MIFARE protokolu i MFRC522 RFID čitaču. Upotrebljeni transponderi, odnosno tagovi, sadrže 1kb memorije i imaju ugrađen mikročip koji može obavljati aritmetičke operacije. Njihova radna frekvencija (operating frequency) je 13.56 MHz, a radna udaljenost (operating distance) u zavisnosti od oblika antene.

#### 4. UMREŽAVANJE KOMPONENTI

Pre nego što pređemo na kod projekta, prikazaćemo komponente i šemu umrežavanja. Uz već spomenuti transponder, RFID čitač i Arduino UNO, koristićemo optički senzor radi provere završenosti, servo motor kao mehanizam za otključavanje i ekran. Modeli konkretnih komponenti su:

- MFRC522 RFID Čitač
- Servo Motor
- LCD Ekran
- Arduino UNO Ploča
- Žice za Uvezivanje
- Optički Senzor CNY70

Važno je napomenuti da je MFRC akronim od (Model-Following Reconfigurable Control), a LCD od (Liquid-crystal display). MFRC522 RFID čitač je integrisano kolo (Integrated Circuit) koje služi za bezkontaktnu komunikaciju na radnoj frekvenciji od 13,56 MHz. Optički senzor ili senzor blizine (Slika 4.) može

detektovati prisustvo obližnjih objekata bez ikakvog fizičkog kontakta. Senzor često emituje elektromagnetsko polje ili snop elektromagnetaskog zračenja (infracrveno, na primer) i traži promene u polju ili povratnom signalu. Objekat koji se oseti, odnosno do senzora dodje povratna informacija o njegovom prisustvu, često se naziva cilj senzora blizine. Imaju visok stepen pouzdanosti i dugačak radni vek upravo zbog minimalnog broja mehaničkih delova i nedostatka fizigkog kontakta između senzora.

Servo Motor (Slika 5.) je rotacioni aktuator ili linearni aktuator koji omogućava preciznu kontrolu ugaonog ili linearnog položaja, brzine i ubrzanja. Sastoji se od odgovarajućeg motora spojenog sa senzorom za povratnu informaciju o položaju. Takođe zahteva relativno sofisticiran kontroler, često namenski modul dizajniran posebno za upotrebu sa servo motorima. Servo motori nisu specifična klasa motora, iako se termin servo motor često koristi za označavanje motora pogodnog za upotrebu u kontrolnom sistemu zatvorene petlje. Servo motori se koriste u primenama kao što su robotika, CNC (Computer Numerical Control) mašine ili automatizovana proizvodnja.



Slika 4. Optički Senzor CNY70



Slika 5. Servo Motor

#### 5. PROGRAMIRANJE

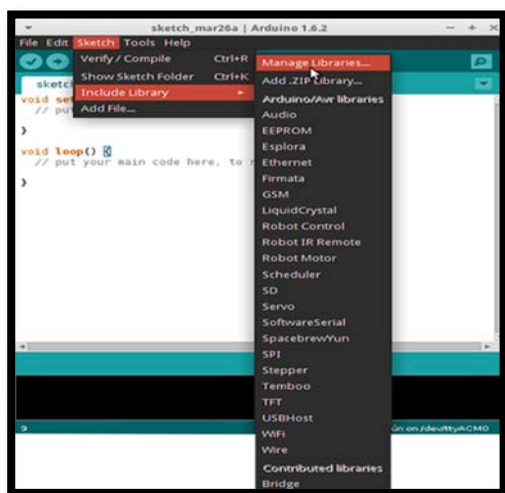
Programski deo sistema beskontaktno kontrole pristupa je odrađen u softverskom alatu baziranom na Arduino kompatibilnom programskom jeziku. Osnovna struktura

Arduino programskog jezika je poprilično jednostavna i sastoji se iz dva dela. Ta dva zahtevana dela, ili funkcije, ograđuju blokove naredbi, i to su: „Setup()“ kao pripremni blok i „Loop()“ kao izvršni blok. Obe funkcije su neophodne kako bi program proradio (Slika 6.).



Slika 6. Prikaz početnog prozora Arduino softverskog alata

Jedna od pogodnosti Arduino softverkog alata je niz ugrađenih linija koda koje olaksavaju komunikaciju samog Arduina sa senzorima. Te kolekcije kodova je nazivaju biblioteke (eng. Libraries). Opcijom Library Manager izbacujemo listu biblioteka ugrađenih u sistem (Slika 7.).



Slika 7. Lista ugrađenih biblioteka

U projekat su uključene četiri biblioteke, tri su već bile ugrađene u softverskom alatu a četvrta je preuzeta sa

<https://github.com/miguelbalboa/rfid>. Prvo je omogućena biblioteka <SPI.h> koja služi za komunikaciju sa SPI (Serial Peripheral Interface) uređajima, odnosno za brzu komunikaciju sa uređajima na kraćim rastojanjima. Takođe se može koristiti za komunikaciju između dva mikrokontrolera. Potom pokrenuli <LiquidCrystal.h> biblioteku koja omogućava komunikaciju Arduino ploče sa LCD-om. Onda je upotrebljena <Servo.h> biblioteka za kontrolu servo motora. Najzad uključena je preuzeta <MFRC522.h> biblioteka koja omogućava čitanje odnosno ispis na RFID karticu ili transponder.

Nakon umrežavanja i programiranja, projekat ima sledeći radni tok: prvo se postavlja master transponder i onda sistem prelazi u normalan režim. Ako skeniramo nepoznati transponder, pristup će biti odbijen, ali ako skeniramo master transponder, ući ćemo u programabilan režim odakle možemo dodati i autorizovati nepoznati transponder. Dakle, ako ponovo prislonimo tag blizu čitača, pristup će biti odobren tako da možemo pristupiti željenoj lokaciji. Vrata će se automatski zaključati po zatvaranju. Ako želimo da uklonimo tag iz sistema, samo se prebacimo u programabilan režim, očitamo postojeći tag i on će tada biti uklonjen.

## 6. ZAKLJUČAK

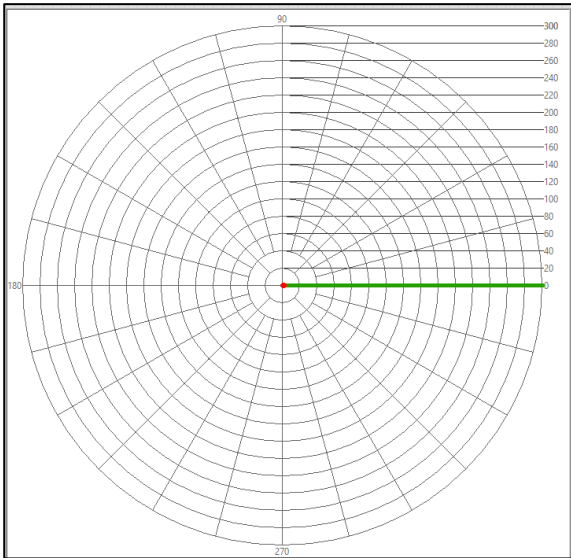
U ovom radu je prikazana praktična realizacija RFID sistema u projektu otvaranja i zatvaranja vrata. Projekat je definisan u svrhu testiranja vernosti i ispravnosti kontrole pristupa posebnim prostorijama ili dokumentima baziranog na RFID tehnologiji. Implementacija sistema koji je obrađen u ovom radu se ogleda u jednostavnosti i njegova primena ne zahteva komplikovan mehanizam završljivanja.

## LITERATURA

- [1] „How to Use RFID with Serial Monitor“, Available: <https://www.hackster.io/kksjunior/windows-pc-lock-unlock-using-rfid-5021a6>
- [2] Stockman, Harry (October 1948), "Communication by Means of Reflected Power"
- [3] Daniel M. Dobkin, *The RF in RFID: Passive UHF RFID In Practice*, Newnes 2008 ISBN 978-0-7506-8209-1, chapter 8
- [4] „How RFID works“, Available: <https://electronics.howstuffworks.com/gadgets/high-tech-gadgets/rfid.htm>
- [5] Lee, Su Mi, et al. "Efficient authentication for low-cost RFID systems." *International Conference on Computational Science and Its Applications*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2005.



Неопходна алатка јесте *VISA resource name*, помоћу које се види USB порт са којег се узимају подаци. Након што се комуникација успостави чекају се подаци са микроконтролера. Вредности X и Y стижу као низ нумеричких карактера од 8 бајтова (детаљније о формирању овог низа биће наведено у другом делу софтверске реализације, где је стављен акценат на програмирање рада микроконтролера). Читање примљеног бафера са уређаја врши *VISA read*, након чега се подаци обрађују. Кориснички интерфејс приказан је на слици 2.



Слика 2. Front panel радарског приказивача пре покретања програма

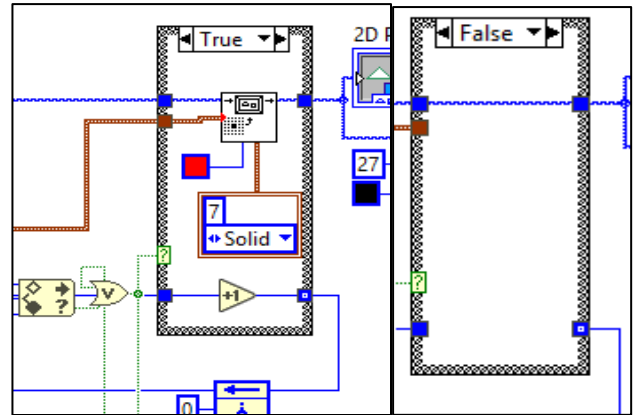
Алатка *String subset* служи за дељење таквог бафера у два нова низа од по 4 бајта. Затим се они конвертују у број. У таквом формату користе се за израчунавање растојања циља од координатног почетка и као један од елемената условне структуре (*Case structure*).

Овај програм самостално врши конверзију нумеричких типова података уколико се подаци не поклапају. Конверзију података је такође могуће извршити и самостално од стране корисника.

Условна структура, приказана на слици 3, је неопходна за приказивање циља на радарском показивачу. Она прихвата кластере као типове података, а обједињавање два елемента типова *integer* у кластер врши алатка *Bundle*. У њој се налази *subvi Draw point(.vi)* којим се дефинише величина и начин приказивања циља, мењајући боју одговарајућег пиксела на показивачу (у нашем случају то је црвена боја).

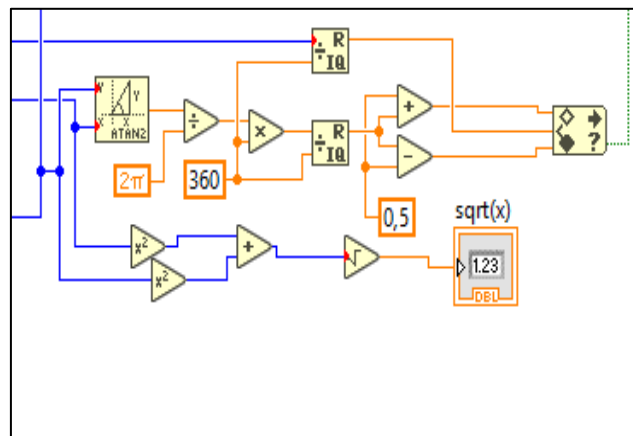
Резолуција радарског показивача, опсег виртуелног радара, боја линија и изглед квадранта дефинишу се у *subvi Polar plot with point options(.vi)*.

Битан део јесте дефинисање рада показивача приказан на слици 4. Са већ поменутих функцијама добија се статична слика.



Слика 3. Условна структура у своја два могућа стања

Како би се приказао одраз на приказивачу, неопходан је динамички граф. То подразумева показивач који ротира. Може се реализовати као функција растојања од његовог координатног почетка и правца. То се постиже коришћењем већ поменута два низа, која би уједно садржала и тачку координатног почетка, као и тачку максималног домета (300 у овом случају). Та тачка ће се мењати у складу са *delay*-ом (брзина показивача) који смо дефинисали. Правац му се мења коришћењем алатке *Inverse Tangent.*, којом се добија угао између Y и X координате. Функција ротације показивача се заснива на ротацији угла између датих координата. На тај начин плот се приказује у 2D приказу. Интезитет зелене боје представља амплитуду сигнала. Што је сигнал слабији боја одраза на показивачу је светлија, односно мањег интезитета.



Слика 4. Део дијаграма где је представљен рад показивача и израчунавање растојања циља од почетка

## 2.2 СИМУЛАТОР РАДАРСКИХ ЦИЉЕВА

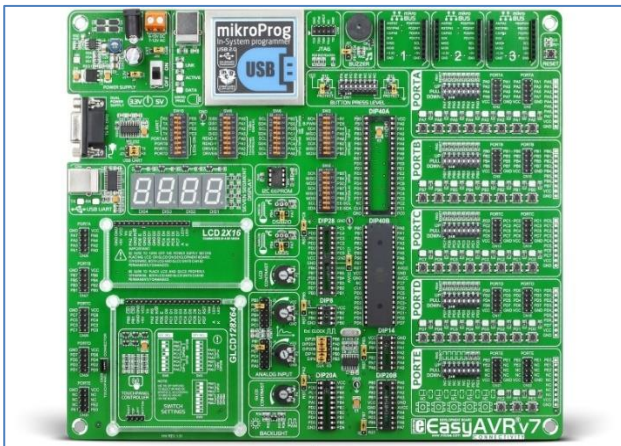
Како би се показала и тестирала функционалност 2D плота, било је потребно довести симулиране податке о радарским циљевима. Ако би се на микроконтролер повезали сензори препреке, даљине, угла и све поставило на мобилну платформу могли би се добити и стварни подаци о циљевима.

Код је писан у MicroC PRO for AVR, тако да се помоћу два потенциометра одређује позиција циља у XY равни. На слици 5 приказан је алгоритам програма за микроконтролер.

На самом почетку врши се иницијализација комуникације где се брзина преноса подешава на 9600 bps и дефинисање променљивих. У while петљи наредбама ADC\_Read врши се AD конверзија аналогног напона са потенциометра у дигиталну вредност. Како би се на излазу добио биполарни напон, од учитане вредности се одузима број 128. Тиме се добија опсег од -128 до +127. Затим се врши конверзија вредности у string. На крају конверзије добија се два низа од по 4 карактера, која се морају сјединити у један низ од осам карактера. Овим се добија да се информација са оба канала шаљу се једна за другом. Након одређеног времена (500 ms) шаље се опет иста информација, ако није дошло до промене унетих координата.

### 3. ХАРДВЕРСКА РЕАЛИЗАЦИЈА СИМУЛАТОРА

Развојна плоча EasyAVR v7 (слика 6) представља интерфејс између раунара и микроконтролера. Намењена је за тестирање и програмирање AVR микроконтролера компаније Atmel [3].



Слика 6. Развојна плоча EasyAVR v7

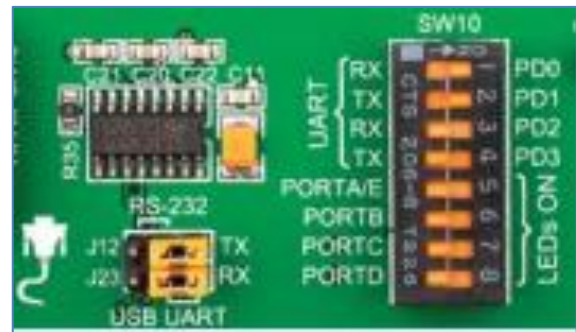
Веома битна компонента за реализацију овог рада јесте USB-UART, приказана на слици 7.



Слика 7. USB-UART конектор

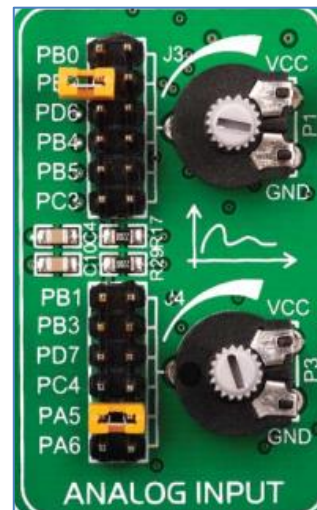
USB порт користи четворожични кабл, код којег су две линије (D+ и D-) за пренос података, а друге две за напајање. Линија D+ налази се на већем потенцијалу када се преноси логичка јединица, док је у случају логичке нуле обрнуто. USB повезан на уређај добија напајање, али ако се не преносе подаци, линије података се налазе у стању високе импедансе. Након тога врши се иницијализација USB система и прикупљане података о уређајима који су повезани ради нумерације bus-a [4].

Овај вид комуникације се остварује кроз употребу FT232RL контролера, USB конектора и подешавањем UART модула при програмирању микроконтролера. На плочи је неопходно подесити J23 и J12 џампере у позицију USB-UART. Затим треба поставити RX и TX свичеве на логичку јединицу, што је приказано на слици 6.



Слика 8. Подешавање џампера и свичева

Компонента која је неопходна за промену координата, јесте ANALOG INPUTS, са два потенциометра. Они су повезани на порт А и порт В, међутим читање аналогног сигнала могуће је само са порта А (слика 9). На овај начин потенциометар P1 биће повезан са PA6 портном помоћу џампера J3, а потенциометар P3 са PA5 помоћу џампера J4. Померањем потенциометра ствара се промена напона у опсегу од 0 V до 5V. AD конвертори врше конверзију сигнала у низ бајтова, који се даље преносе на рачунар [5].



Слика 9. ANALOG INPUTS

#### 4. РЕЗУЛТАТИ

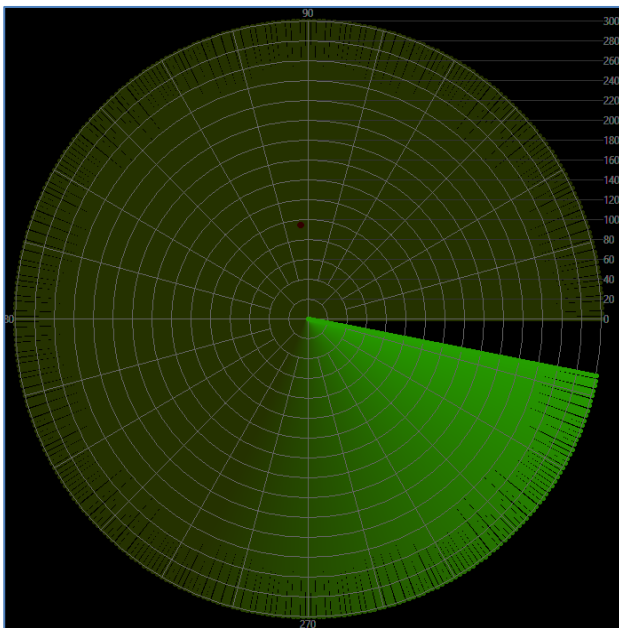
Након покретања програма, испитиване су перформансе приказивача на основу подешаваних вредности. Један од проблема на који се наилази јесте неподударње  $Y$  координате на плоту са унетом вредношћу преко потенциометра. Разлог томе јесте представљање слике у пикселима. Па се детекција циља врши у односу на координатни систем слике, а не приказивача. Решава се сабирањем прорачунате константе са  $Y$  координатом, међутим у овом раду није било потребе за тиме.

Након остваривања серијске комуникације између плоче и LabView-а, пренета је информација о генерисању циља. Резултат је приказан на слици 10, након дигиталне обраде податка. Облик графика и величина могу се мењати у блок дијаграму.

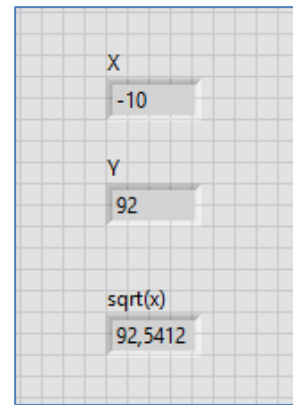
На основу овога примећује се да је успешно реализована комуникација, самим тим подаци су генерисани у програму, чиме је и омогућен рад и приказивање радарског показивача.

#### 5. ЗАКЉУЧАК

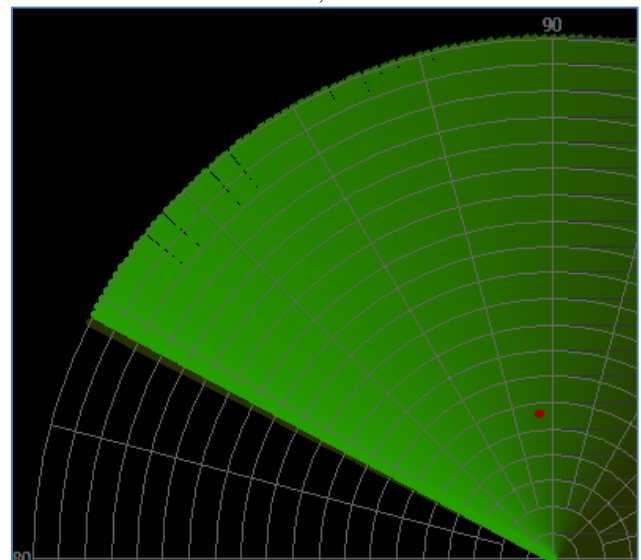
У раду је дат приказ објектно-оријентисаног програмирања у софтверском окружењу LABVIEW-у, као и детаљни описи серијске комуникације и рад микроконтролера као генератора мерења. Формиран је систем који се састоји од две целине, развојна плоча и рачунар, чији је основни задатак рад дигиталног показивача. Показано је да се може употребити развојна плоча и LabVIEW за генерисање, обраду и приказ радарских циљева.



A)



B)



B)

Слика 10. А) приказ показивача са детектованим циљем црвене боје

Б) Део front panel-а где су приказани добијени подаци од микроконтролера

В) Приказ детектованог циља

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] „Primjena LabView-a u prikupljanju, obradi i generisanju karakteristiknih digitalnih signala“, Boris Poprocki, diplomski rad Osijek 2016.godina

[2] National Instruments, What is Labview? [online], 2018

[3] Atmel Corporation.

[4] „Микропроцесорски системи“ - ауторизована предавања“, Срђан Т. Митровић, Младен Антонић

[5] Easy\_AVR v7 manual, Mikroelektronika

# DRUŠTVENE MREŽA U MINISTARSTVU ODBRANE I VOJSCI SRBIJE SOCIAL NETWORKS IN THE MINISTRY OF DEFENSE AND SERBIAN ARMED FORCES

Tamara Gajić<sup>1</sup>, Ivan Tot<sup>2</sup>

*Vojska Srbije; Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu<sup>1</sup>  
Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu<sup>2</sup>*

**Sadržaj** – U ovom radu predstavljena je analiza društvenih mreža u Ministarstvu odbrane i Vojsci Srbije. Podaci su prikupljeni anketiranjem pripadnika MO i VS. Prikupljeni podaci su integrirani, a zatim analizirani korišćenjem SNA softverskih alata. Dobijeni podaci treba da ukažu na mogućnosti primene društvenih mreža za promociju MO i VS.

**Abstract** - This document presents a Social Networks Analysis in the Ministry of Defense and the Serbian Armed Forces. The data was gathered by conducting a poll for members of the Ministry of Defense and Serbian Armed Forces. The gathered data was integrated and then analyzed by using the SNA software tools. The obtained results should indicate the possibilities of application of social networks for promotion of the Ministry of Defense and Serbian Armed Forces.

## 1. UVOD

Društvene mreže na Internetu donele su novi oblik komunikacije koja je uticala na mnoge sfere života, kao što su način provođenja slobodnog vremena i obavljanje poslovnih delatnosti. Svoju primenu pronašle su i u svetu profesionalnih komunikatora [1].

Komuniciranje posredstvom društvenih mreža nije tipično za vojničku sredinu, u kojoj je izazov pitanje onlajn bezbednosti. Odnosi sa javnošću su sastavni deo odgovornosti Ministarstva odbrane i Vojske Srbije čiji su se pripadnici među prvima u Republici Srbiji odlučili za primenu digitalnog pi-ara posredstvom društvenih mreža. To predstavlja svojevrsni fenomen za zatvoreni vojni sistem.

U radu je predstavljena analiza društvenih mreža u Ministarstvu odbrane i Vojsci Srbije. Podaci su prikupljeni anketiranjem pripadnika Ministarstva odbrane i Vojske Srbije. Samo istraživanje treba da ukaže na mogućnosti primene društvenih mreža za promociju vojnog poziva. Korišćenjem SNA alata Gephi analizirana je međusobna interakcija članova MO i VS i predstavljeni su najuticajniji članovi sistema odbrane. U zaključku će biti predstavljene mogućnosti primene društvenih mreža za unapređenje ugleda i poštovanja Ministarstva odbrane i Vojske Srbije.

Ovo istraživanje može da posluži i kao smernica za što delotvorniju upotrebu digitalnih komunikacija u državnim institucijama.

## 2. DRUŠTVENE MREŽE POSREDOVANJE INTERNETOM

Termini društveni mediji i društvene mreže se često poistovećuju, što je uslovljeno uglom posmatranja, odnosno mogućnostima upotrebe i primene [2]. Društveni mediji imaju široku primenu i koriste se da definišu različite mrežne alate ili tehnologije koje naglašavaju društveni aspekt Interenta kao kanala za komunikaciju, saradnju i kreativno istraživanje [3]. Predstavljaju kanal savremene komunikacije, a njihova prednost ogleda se u brzom širenju sadržaja velikom broju korisnika korišćenjem različitih medijskih kanala, zbog čega mogu imati značajne uloge u promovisanju vojnog poziva. U društvene medije se svrstavaju: društvene mreže, blogovi i mikroblogovi, projekti saradnje, virtuelni društveni svetovi, društveni booking sajtovi i agregatori [4].

Jedna od najpoznatijih akademskih definicija sajtova društvenih mreža (eng. *Social Network Sites*), definiše onlajn društvene mreže kao veb-zasnovane servise koji omogućavaju pojedincima ili grupama da kreiraju javne ili polujavne profile u zatvorenom sistemu, artikulisanu listu ostalih korisnika, mreže sa kojima imaju zajedničke konekcije i selektivnu listu konekcija koju nazivaju prijateljima [5].

Društvene mreže omogućavaju razmenu i pregled velike količine multimedijalnih sadržaja, pronalaženje osoba sa istim interesovanjima, razmenu znanja i iskustva. Primena društvenih mreža u poslovanju je trenutno u porastu [6].

Pojava društvenih mreža na Internetu (eng. *Social Networks*) omogućile su potpuno novi način komunikacije. Reč je o terminu koji je postao sinonim za onlajn servise namenjene povezivanju ljudi, iako prvobitno označava međuljudske odnose [4]. Zbog jednostavnosti, brzog ažuriranja, analize i razmene informacija, spontanog uspostavljanja i održavanja društvenih kontakata i odnosa, podrške interakciji i komunikaciji u odnosima sa javnošću [7].

## 3. PRIMENA DRUŠTVENIH MREŽA ZA VOJNE POTREBE

Kao imanentni deo državne organizacije, vojska je glavni instrument za očuvanje nezavisnosti, teritorijalnog integriteta, suverenosti i ustavnog poretka [8]. Savremene armije reaguju i u slučajevima nevojnog ugrožavanja bezbednosti (elementarne nepogode, ekološki akcidenti, teroristički napadi i slično).



Zbog teme rada neophodno je klasifikovati vojnu sredinu kao [8]:

- Armija je organizacija u kojoj formalne veze dominiraju nad personalnim vezama,
- Armija je birokratska institucija sa izraženom hijerarhijskom strukturom,
- Armija ima sopstveni sistem vrednosti i stratifikacije i
- Armija je borbena grupa organizovana radi postizanja pobjede u oružanoj borbi.

Različiti su načini komunikacije u vojnim sredinama. Pored komandovanja po principu jednostarešinstva i subordinacije, pojavljuje se i pojam informisanja. Unutrašnje informisanje je razzdvoji deo i primarni sadržaj komandovanja [9]. U vojnim sistemima razlikuju se vertikalno informisanje (između pretpostavljenih i potčinjenih komandi) i horizontalno (između štabova sličnog ranga).

Uprava za odnose sa javnošću, koja se nalazi u sklopu Ministarstva odbrane, utiče na promenu identiteta MO i VS u javnosti. Internet je postao jedan od načina komuniciranja u vojnim sistemima. Za tu potrebu se sve više koriste i društvene mreže. Sajt Ministarstva odbrane pokrenut je 2004. godine sa ciljem saopštenja i dnevnog informisanja. Uprava je usmerila komunikacijsku praksu ka novom kanalu, upotrebi društvenih mreža 2008. godine, otvaranjem *YouTube* kanala. Stranica na *Facebook*-u napravljena je 2009., a *Twitter* nalog 2011. godine [10].

Put uvođenja društvenih mreža za vojne potrebe mnogih armija kretao se od zabrane, preko suzdržanosti, do prihvatanja koje je zahtevalo i neku vrstu normativnog određenja. Milošević navodi primere nekih vojnih sistema. Na osnovu narednih primera zaključujemo da se upotreba društvenih mreža preporučuje, ali kada se poštuju procedure za njihovo korišćenje. Ne treba zaboraviti da se one često koriste kao psihološko oružje [10].

Najorganizovaniju i najsveobuhvatniju primenu društveni mediji nalaze u oružanim snagama Sjedinjenih Američkih Država. U Priručniku za društvene medije stoji da je to „jeftina, efikasna i merljiva komunikacijska forma“.

U Izraelskoj vojsci ne postoji stroga regulativa kada je u pitanju upotreba društvenih mreža, te se često mogu zapaziti incidentne objave. Kao primer navodi se sukob Izraelske vojske i Hamasa u Gazi 2014. godine. Jedna i druga strana upustule su se u pravu Internet bitku koja će više objaviti informacija sa bojišta na društvenim mrežama.

U Britanskoj vojsci se jasno upozorava na obazrivost prilikom onlajn komunikacije i vrste informacija koja se plasiraju u javnosti, posredstvom Vodiča za društvene medije [10].

Stav *NATO*-a je da društvene medije treba prihvatiti kao sredstvo za kontrolu poruka: „Od ključne važnosti je da ste uvek ispred u upravljanju svojim porukama i da to možete da radite sami, jer će u suprotnom neko drugi to učiniti za vas, ne uvek s najboljim namerama.“ Zbog toga ne treba zanemariti moć društvenih mreža.

Kako Đurić-Atanasievski i Bobar navode, Severoatlanska alijansa ističe da su društvene mreže značajne za pretvaranje medijskog monologa u interaktivni, socijalni dijalog i za obezbeđenje ažurnih informacija i gotovo trenutnih odgovora [11]. Najvažniji doprinos društvenih medija oružanim snagama su [10]:

- jasno prepoznavanje civilnog i vojnog okruženja,
- kredibilnije i bolje informisanje o operacijama u zoni odgovornosti,
- podrška u dobijanju „medijskog rata“,
- podrška u multinacionalnim operacijama,
- postizanje jedinstva sa partnerskim organizacijama (druge institucije ili strane armije),
- brzina prenosa informacija u kriznim situacijama.

Komunikacija MO i VS na društvenim mrežama nije uređena namenskim priručnikom, pravilom ili uputstvom. U fazi nastanka je Priručnik za društvene medije u MO i VS. Za nastupe na društvenim mrežama važi pravilo da ne treba da se ponavljaju isti sadržaji na svim naložima, organizacije državne uprave ipak ne obiluju zanimljivim aktivnostima koje dozvoljavaju širok dijapazon mogućnosti. Vežbe i obuke pripadnika Vojske Srbije, pomoć civilnom stanovništvu. Civilno-vojna saradnja i učešće Vojske na manifestacijama u zemlji i svetu su najzanimljivije teme na društvenim mrežama koje koristi MO i VS [10].

Prilikom objavljivanja nekih sadržaja, kao što su aktivnosti ministra odbrane i žene u Vojsci, neophodan je dodatni oprez. Ove teme najčešće obiluje niz negativnih komentara koji može nepovoljno uticati na ugled Ministarstva odbrane i Vojske Srbije. Komentari korisnika koji redovno prate sadržaje na društvenim mrežama se posebno vrednuju kao stavovi i misljenja javnosti [10].

Očuvanje privatnosti i zaštita ličnih podataka je najveća briga svakog korisnika društvenih mreža. Posebna pažnja treba da se usmeri na bezbednost u sajber prostoru zbog istraživačkog dela ovoga rada. Sajber prostor se sastoji od svih oblika umrežavanja i digitalnih aktivnosti [12]. Nedeljković i Forca definišu sajber prostor kao: „Prostor stvoren tehnološkim, kibernetičkim sredstvima i predstavlja skup društvenih odnosa koji nastaju kada ljudi počnu da koriste računar, kao i kada sami računari počnu da funkcionišu kao pomoćno sredstvo ljudskih aktivnosti.“ [12]

Otkrivanjem podataka svaka ustanova reskira bezbednost intelektualnog vlasništva i računarske infrastrukture.

Jedan od saveta za sve korisnike društvenih mreža je primena opreza pri korišćenju [13].

Često se pojavljuje termin „Facebook ratnici“ koja označava specijalne jedinice vešte u psihološkim operacijama i korišćenju društvenih mreža u nekonvencionalnim sukobima informacione ere. Iz svega ovoga je razumljivo da prisustvo Vojske na društvenim mrežama treba da bude precizno regulisano, što pakazuju primeri država sa najvećim iskustvom i onlajn aktivnošću na društvenim mrežama [14].

#### 4. METODOLOŠKI POSTUPAK ISTRAŽIVANJA

U praktičnom deo rada podaci su prikupljeni anketiranjem pripadnika MO i VS. Prikupljeni podaci su integrisani, a zatim analizirani korišćenjem *SNA* (eng. *Social Network Analysis*) softverskih alata. Pored navedenih istraživanja i prikupljanja podataka, istraživanje se zasnivalo i na pretraživanju Interneta, koje takođe može pružiti značajne podatke, kao i na literaturi koja se bazira na spomenutoj temi.

Plan istraživanja je okvirno obuhvatio:

1. Analizu korišćenja društvenih mreža za Vojne potrebe u svetu i kod nas,
2. Prednosti korišćenja društvenih mreža za poboljšanje značaja Ministarstva odbrane i Vojske Srbije u svetu i kod nas,
3. Kako bi u praksi mogla sa funkcioniše primena društvenih mreža za Vojne potrebe,
4. Anketiranje profesionalnih pripadnika Ministarstva odbrane i Vojske Srbije,
5. Mogućnosti *SNA* alata za analiziranje društvenih mreža.

Analiza društvenih mreža obezbeđuje metode i tehnike za analizu društvenih mreža i brojnih drugih pojava koje imaju mrežnu strukturu (telekomunikacione mreže, saobraćajne mreže, organizacione mreže) [15].

Danas je dostupan veliki broj besplatnih i komercijalnih alata za analizu podataka sa društvenih mreža, koji omogućavaju detaljnu analizu društvenih mreža i grafova, kao i uvide u interakciju i komunikaciju u mreži [16].

Korišćenjem pogodnosti alata za analizu podataka sa društvenih mreža mogu se istražiti dešavanja unutar različitih društvenih grupa i mreža [15]. Na osnovu predstave aktera u mreži mogu se uvideti najuticajniji članovi tj. oni koji su povezani sa najviše veza [1].

*Gephi* je vrlo popularan softverski alat za prikupljanje, analizu i vizuelizaciju podataka sa društvenih mreža. Otvorenog je koda i rađen je za *Windows*, *Mac OS X* i *Linux* platforme. Primenog ovog alata omogućena je analiza, prostorni prikaz, filtriranje, klasterovanje, manipulacija i izvoz različitih vrsta grafova. Koristi *3D* alate za rendovanje čime je omogućeno da se grafovi prikazuju u realnom vremenu. Osim rada sa grafovima, *Gephi* vrši dinamičko filtriranje podataka, klasterovanje, a među ponuđenim opcijama je i izračunavanje različitih

mrežnih metrika: mere centralnosti, stepen čvora, dijаметar mreže, koeficijent klasterovanja, najkraći put i drugo. Pomoću ovog softverskog alata mogu da se analiziraju društvene mreže do 100.000 čvorova i 1.000.000 ivica [17].

#### 5. ANALIZA DOBIJENIH REZULTATA

Istraživanje o mogućnostima korišćenja društvenih mreža za potrebe Ministarstva odbrane i Vojske Srbije obavljeno je januara 2019. godine. Upitnik je prosleđen u elektronskoj formi i popunilo ga je 50 pripadnika Ministarstva odbrane i Vojske Srbije, od toga 32 pripadnika muškog i 18 ženskog pola. Za analizu prvog dela upitnika korišćena je petostepena Likertova skala.

Kao osnov tumačenja, objašnjavanja i opisivanja korišćene su sledeće nezavisne varijable:

- Starost,
- Pol,
- Stručna sprema i
- Zanimanje.

Prema starosnoj osnovi najviše su anketirani oni starosti od 18 do 29 godina (39 osoba). Većina ispitanika je visoke stručne spreme (40 osoba). Prema zanimanju anketirano je 27 oficira, 7 podoficira, 13 kadeta Vojne akademije i 3 profesionalna vojnika.

U prvom delu ankete ispitanici su svaku od 20 tvrdnji ocenjivali na skali od „u potpunosti se slažem“ do „u potpunosti se ne slažem“. U sledećoj tabeli broj 1. date su tvrdnje sa njihovim prosečnim ocenama.

	Pitanja	Prosečna ocena
1.	Svakodnevno koristim društvene mreže.	4,24
2.	Smatram da se društvene mreže mogu koristiti u poslovanju i marketingu.	4,4
3.	Društvene mreže koristim za zabavu.	3,88
4.	Društvene mreže koristim za održavanje kontakta sa porodicom i prijateljima.	4,16
5.	Potrebno je razgraničiti upotrebu društvenih mreža za zabavu i dopisivanje sa jedne, i za poslovanje, sa druge strane.	3,86
6.	Korisno je koristiti društvene mreže za promociju vojnog poziva.	3,62
7.	Pratim aktivnosti stranice Ministarstva odbrane i Vojske Srbije na Fejsbuku.	3,18
8.	Pratim aktivnosti Ministarstva odbrane i Vojske Srbije na Tviteru.	1,78

9.	Pratim aktivnosti Ministarstva odbrane i Vojske Srbije na Jutjub kanalu.	2,66
10.	Pratim sajt Ministarstva odbrane.	3,04
11.	Pratim sajt Vojske Srbije.	2,96
12.	Podatke koji su objavljeni na društvenim mrežama smatram relevantnim.	2,76
13.	Podatke koji su objavljeni od strane državnih institucija smatram relevantnim.	3,16
14.	Smatram da korišćenje društvenih mreža može narušiti ugled Ministarstva odbrane i Vojske Srbije.	3,2
15.	Zaposleni u Ministarstvu odbrane i Vojsci Srbije ne treba da poseduju lične profile na društvenim mrežama.	1,94
16.	Korišćenje društvenih mreža može doprineti jačanju ugleda Ministarstva odbrane i Vojske Srbije.	3,58
17.	Ministarstvo odbrane i Vojska Srbije je dovoljno aktivno na društvenim mrežama.	3,22
18.	Smatram da bi društvene mreže bile korisne Ministarstvu odbrane i Vojsci Srbije u kriznim situacijama (poplave, požari, nemiri...)	3,68
19.	Pripadnici Ministarstva odbrane i Vojske Srbije treba da vode računa o podacima koje postavljaju na društvene mreže.	4,42
20.	Potrebno je sagledati nove mogućnosti primene društvenih mreža.	4,02

Tabela 1. Prvi deo ankete sa prosečnim ocenama

Rezultati istraživanja i prethodna zapažanja, potvrdili su da pripadnici Ministarstva odbrane i Vojske Srbije smataju da jednostavnost pristupa i bogastvo mogućnosti koje nude društvene mreže mogu dragoceno da doprinesu ovoj državnoj instituciji. Kako prethodni podaci beleže, virtuelna interakcija je u svakodnevnom porastu. Stoga je neophodno nastaviti sa strpljivom onlajn interakcijom. Ispitani naglašavaju i postojanost izazova u sferi sajber bezbednosti. Upozorava se da deljenje naizgled trivijalnih informacija može biti pogubno za profesionalne pripadnike Vojske. Sa ovim upozorenjem treba biti upoznati svi zaposleni u Ministarstvu odbrane i Vojsci Srbije.

## 6. ANALIZA KORIŠĆENJEM ALATA GEPHI

Za analizu podataka iz drugog dela ankete korišćen je softverski alat *Gephi*. Od ispitanika se tražilo da navedu jednu osobu koja najviše odgovara datim konstatacijama. Na osnovu dobijenih grafova možemo uočiti koje su

najuticajnije osobe u sistemu Ministarstva odbrane i Vojske Srbije, kao i one koje najbolje obavljaju svoju dužnost.

Na slici 1. predstavljen je graf osoba za koje ispitanici smatraju da treba najviše da prezentuju Ministarstvo odbrane i Vojsku Srbije u javnosti.



Slika 1. Graf 1

Slika 2. daje prikaz grafa osoba za koje ispitanici smatraju da najbolje prezentuju Ministarstvo odbrane i Vojsku Srbije u javnosti.



Slika 2. Graf 2

Na slici 3. predstavljen je graf osoba za koje ispitanici smatraju da je najstručniji predstavnik MO i VS.



Slika 3. Graf 3

Osobe za koje ispitanici smatraju da treba da se uključe u korišćenje društvenih mreža za potrebe Ministarstva odbrane i Vojske Srbije nalaze se prikazane na sledećem grafu.



Slika 4. Graf 4

Na slici 5. predstavljen je graf osoba za koje ispitanici smatraju da treba da kontroliše korišćenje društvenih mreža za vojne potrebe.



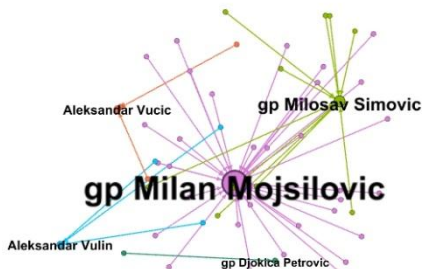
Slika5. Graf 5

Slika 6. Predstavlja graf osoba za koje ispitanici smatraju da je najbolji za saradnju u Ministarstvu odbrane i Vojsci Srbije.



Slika 6. Graf 6

Na slici 7. predstavljen je graf osoba za kojima ispitanici najviše veruju kada iznosi podatke o Ministarstvu odbrane i Vojsci Srbije.



Slika 7. Graf 7

Osobe za koje ispitanici smatraju da najbolje obavljaju svoju dužnost u sklopu MO i VS prikazane su na sledećem grafu.



Slika 8. Graf 8

Na slici 9. predstavljen je graf osoba sa kojima bi ispitanici najviše voleli da rade ili saraduju u MO i VS.



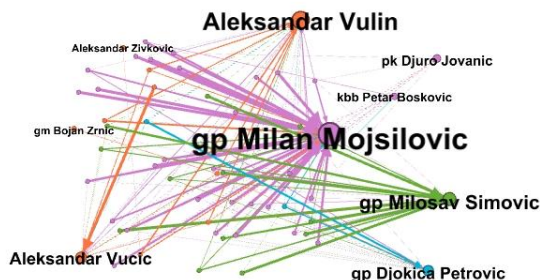
Slika 9. Graf 9

Osobe koje čine život i rad u MO i VS boljim i modernijim predstavljene su na sledećem grafu.



Slika 10. Graf 10

Sledeći graf koji je prikazan na slici 11. je sumarni. U izradi ovoga grafa korišćeni su podaci iz svih pitanja drugog dela ankete.



Slika 11. Graf 11

Na osnovu dobijenih rezultata zaključujemo da ispitanici najviše navode osobe koje u sklopu Ministarstva odbrane i Vojske Srbije imaju najviše činove. Poverenje ispitanika imaju i najviši civilni funkcioneri koji imaju uloge u Ministarstvu odbrane i Vojsci Srbije. Kroz neprestano istraživanje, izveden je zaključak da su karakteristika ovih veza dinamičnost, merljivost i da su bazirane na zajedničkim percepcijama obe strane i uključuju protok resursa i informacija. Ove transakcije omogućavaju međusobni benefit, a odnos između pretpostavljenih i potčinjenih postaje čvršći i opstaje. Rezultati istraživanja pokazuju da odnos među predstavnicima Ministarstva odbrane i Vojske Srbije kvalitetan, a da je primarni cilj zadržavanje postojećeg kadra i pridobijanje novog.

## 7. ZAKLJUČAK

Prisustvo na društvenim mrežama je poseban izazov za profesionalne komunikatore. Čudesan svet društvenih mreža, spoj interpersonalnog i masovnog komuniciranja, van vremena i prostora, donosi široku lepezu mogućnosti. Vojska Srbije ne treba da ostane izvan tokova i

mogućnosti koje nudi Internetom posredovana komunikacija.

Navedeno istraživanje potvrdilo je da je prisustvo Ministarstva odbrane i Vojske Srbije na društvenim mrežama značajno kako za njihove pripadnike, tako i za javnost, što se posebno videlo na primerima kriznih situacija. Svaka državna institucija donosi samostalnu odluku o tome koliko želi da učestvuje u aktivnostima na društvenim mrežama. Stoga je neophodno razmišljati o neophodnosti uređenog onlajn nastupa, poštujući pravo javnosti da zna.

U radu je predstavljen i softverski alat *Gephi* koji se koristi za analizu podataka sa društvenih mreža, otkrivajući najuticajnije članove i proučavajući veze i interakcije među članovima jedne grupe. Analizirajući dobijene grafove otkrili smo način komunikacije između nadređenih starešina i profesionalnih pripadnika Ministarstva odbrane i Vojske Srbije.

Na osnovu dobijenih rezultata možemo zaključiti da je korisno koristiti društvene mreže za promociju vojnog poziva, uz poštovanje svih odredbi koje su sprovedene od strane Ministarstva odbrane i Vojske Srbije kao zatvorenog sistema. Činjenica da se na jednoj strani nalazi hijerarhijska struktura nastala radi ostvarivanja komandovanja, a na drugoj protok informacija i sva sloboda interaktivne komunikacije, dovodi do pitanja na osnovu kojih je došlo do ovog istraživanja. Ulazak u virtuelni prostor je veliko iskušenje kredibilitetu Ministarstva odbrane i Vojske Srbije, ali su njeni pripadnici spremni za taj put.

## LITERATURA

[1] Gajić, T. „Analiza društvenih mreža u elektronskom obrazovanju“, Master rad, Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2018.

[2] Šidanin, I. „Menadžment socijalnih medija i medijsko okruženje“, Pregledni rad, Škola biznisa Br. 4/2012, Novi Sad, 2012.

[3] Dabbagh, N., Reo, R., Impact of Web 2.0 on higher education. In D. W. Surry, T. Stefurak, R. Gray (Eds.), *Technology integration in higher education: Social and organizational aspects*, Hershey, PA: IGI Global, 2011.

[4] Labus, A. „Učenje kroz igru u elektronskom obrazovanju“, Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2012.

[5] Boyd, D. M., Ellison, N. B., Social network sites: Definition, history and scholarship, *Journal of Computer-Mediated Communication*, ISSN 1083-6101, 2007.

[6] Mayer, A., *Oline social networks in economics*, Decision Support Systems, 2009.

[7] DeAndrea, C. D., Ellison, B. N., LaRose, R., Steinfield, C., Fiore, A., *Serous social media: On the use of social media for improving students' adjustment to college*, The Internet and Higher Education, 2011.

[8] Bojović, M. „Vojska pred očima javnosti“, NIC Vojska, Beograd, 1999.

[9] Randelović, S. „Uvod u informisanje“, NIC Vojska, Beograd, 2003

[10] Milošević, H. „Mogućnosti i značaj korišćenja društvenih mreža posredovanih Internetom za unapređenje odosa s javnošću Vojske Srbije“, Doktorska disertacija, Univerzitet „Džon Nezbit“, Fakultet za kulturu i medije, Beograd, 2017.

[11] Đurić-Atanasievski, K., Bobar, Z. „Društveni mediji i sistem odbrane“, *Vojno delo*, 3/2013, Beograd, 2013.

[12] Nedeljković, S., Forca, B. „Evropska strategija bezbednosti i sajber pretnje – značaj za Srbiju“, *Vojno delo*, 3/2015, Beograd, 2015

[13] CARNet, „Sigurnosi rizici društvenih mreža“, CCERT-PUBDOC-2009-08-273, 2009.

[14] Musladin, M. „Utjecaj društvenih mreža na nacionalnu sigurnost“, *Medianali*, Vol. 6/11, 2012.

[15] Jovanović, J., Analiza društvenih mreža, prezentacije za predmet *Softverska analiza društvenih mreža*, Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2017.

[16] Newman, M. E. J., *Networks an Introduction*, Oxford University Press, Oxford, New York, 2010.

[17] Radenković, B., Despotović-Zrakić, M., Bogdanović, Z., Barać, D., Labus, A., *Elektronsko poslovanje*, udžbenik za Elektronsko poslovanje, Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2015.

# Hardverska implementacija i analiza algoritama za pridruživanje podataka

## Hardware implementation and analysis of algorithms for data association

Filip Ilić, Marko Antonijević, Davorin Mikluc  
Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu

**Sadržaj** – U ovom radu je izvršena analiza rada dva algoritma za pridruživanje podataka, koji su često u primeni u sistemima za praćenje više ciljeva. Upotrebjeni su algoritam globalno najbližeg suseda i algoritam sa  $n$  najboljih rešenja kroz hardversku realizaciju. Algoritmi su implementirani uz pomoć četrdesetopinskog Atmelovog ATmega32 mikroprocesora i razvojne ploče EasyAVRv7. Rad predstavlja potpuni skup koji sadrži primenu informacionih tehnologija, hardverske realizacije i matematičkih aparata.

**Abstract** – In this paper the analysis of two data association algorithms was conducted. They are commonly used in multi target tracking (MTT) systems. Global nearest neighbor algorithm (GNN) and  $n$ -best assignments algorithm (NBA) were processed through hardware realisation. Algorithms were implemented using forty-pin Atmel's Atmega32 microprocessor and EasyAVRv7 development board. The project represents the union of hardware realisation, usage of information technologies and mathematical operations.

### 1. UVOD

Današnji sistemi, čiji su osnovni zadaci praćenje više ciljeva, su veoma rasprostranjeni. Njihova kompleksnost se sastoji u složenim matematičkim algoritmima i operacijama, koje su potrebne u cilju što kvalitetnije procene obeležja ciljeva koji se prate [1]. Najpre se treba fokusirati na senzor koji formira merenje na osnovu kojeg se može govoriti o sistemima sa pasivnim ili aktivnim senzorima. Sistemi sa aktivnim senzorima, često imaju male šumove merenja što ima za posledicu nižu grešku procene. S druge strane, sistemi za praćenje sa pasivnim senzorima su u prednosti jer je teško odrediti njihovu lokaciju, ali su metode za procenu često nelinearne i kompleksne. Drugi bitan blok ovakvih sistema je estimator. Kada se govori o linearnim modelima procesa koristi se optimalni estimator, a to je Kalmanov filter, dok se u nelinearnim procesima upotrebljeva prošireni Kalmanov filter, čestični filter ili neki od adaptivnih algoritama estimacije [2].

Problem opisanih sistema je dodatno usložen ukoliko se razmatra problem pridruživanja podataka [3]. Estimator ima osnovnu ulogu da proceni stanja slučajnog procesa, odnosno kada se govori o sistemima za praćenje tada je uloga u proceni položaja cilja koji se prati. Informacije koje su potrebne estimatoru su merenje i prethodna estimacija kako bi formirao novu procenu. Sad se može videti problem koji nastaje u sistemima za praćenje više

ciljeva a to je odluka o dodeljivanju merenja prethodno formiranim procenama. Kvalitet odluke o dodeljivanju značajno utiče ne samo na kvalitet procene već i na to da li će se zameniti procene praćenih ciljeva. Ovo konkretno znači da se može desiti da pogrešno dodeljivanje vodi do zamene praćenih ciljeva.

Algoritmi koji su razvijani u prethodnim istraživanjima se nazivaju algoritmi za pridruživanje podataka, čiji zadatak je da podatke dodeli klasama kojima ti podaci pripadaju. U ovom radu su odabrana dva algoritma koji su najčešće u upotrebi kod jednostavnijih sistema. To su algoritam globalno najbližeg suseda i algoritam sa  $n$  najboljih rešenja. Osim međusobne analize osnovna ideja ovog rada je njihova hardverska implementacija primenom četrdesetopinskog Atmelovog ATmega32 mikroprocesora i razvojne ploče EasyAVRv7. Na ovaj način bi se jedan deo sistema za praćenje više ciljeva realizovao hardverski i mogao bi biti upotrebljen u praktične svrhe.

### 2. ALGORITMI ZA PRIDRUŽIVANJE PODATAKA

U ovom radu su implementirani algoritmi globalno najbližeg suseda i  $n$  najboljih rešenja [4, 5]. Generalno algoritam najbližeg suseda (Global nearest neighbor - GNN) pripada metodama dodeljivanja '1-1', gde se tačno jednoj ulaznoj veličini dodeljuje samo jedna izlazna veličina. Ovo problem se zato rešava matrično, čiji elementi predstavljaju određene kriterijumske uslove. Vrednosti elemenata matrice se mogu proračunati na različite načine a jedan od njih je u zavisnosti od inovacije i kovarijacione matrice estimatora.

Algoritam najboljih  $n$  rešenja takođe pripada klasi '1-1' i kao takav takođe se primenjuje na matricu asocijacije. Osnovna razlika između dva navedena algoritma je u broj izvedenih operacija, sabiranja i množenja, što govori o potrebnom procesorskom vremenu. U tom smislu je GNN algoritam optimalan u broju izvršenih operacija, ali rezultati dobijeni njegovom primenom su nešto lošiji nego upotrebom algoritma sa najboljih  $n$  rešenja.

#### 2.1 Algoritam najbližeg suseda

Nakon formiranja matrice asocijacije, primena GNN algoritam se može opisati kroz nekoliko matematičkih koraka. Ti koraci su sledeći:

1. Ukoliko je neka opservacija jedina u prozoru nekog traga, dodeliti je tom tragu u čijem se prozoru nalazi.
2. Ukoliko prozor traga obuhvata samo jednu opservaciju, dodeliti trag oko kojeg je formiran prozor.

3. Ukoliko nema jedinstvenih operacija u nekom prozoru ili da prozor jednog traga obuhvata samo jednu opservaciju, pronaći poziciju minimalnog elementa u matrici asocijacije i upravo na osnovu određene pozicije dodeliti opservaciju tragu.

4. Vratiti se na korak broj 1, sve dok se ne dodele sve opservacije ili svi tragovi.

Primer rada algoritma je prikazan u tabeli 1 i tabeli 2, koja predstavlja konačnu odluku o pridruživanju podataka.

Tragovi	Opservacije		
	O1	O2	O3
T1	3	8	7
T2	6	9	2
T3	4	1	5

Tabela 1. Matrice asocijacije 3x3

Tragovi	Opservacije		
	O1	O2	O3
T1	1	0	0
T2	0	0	1
T3	0	1	0

Tabela 2. Matrica odluke 3x3

Na prikazanom primeru vidi se da je dodela izvršena na sledeći način:  $T_1 - O_1$ ,  $T_2 - O_3$  i  $T_3 - O_2$ . Ovako dobijen rezultat bi se preneo prema bloku za formiranje merenja koji generiše odgovarajuće ulaze u estimator, što će biti tema daljih istraživanja.

## 2.2 Algoritam sa $n$ najboljih rešenja

Ponekad se moraju uvoditi određena ograničenja pri dodeli opservacija tragovima [2], te nije dovoljno odrediti samo jedno rešenje i proglasiti ga optimalnim. U takvim slučajevima se najčešće odrede sve moguće dodele, a zatim sortiraju na osnovu kriterijuma minimuma, odnosno maksimuma sume elemenata. Takav pristup podacima se u literaturama sreće kao algoritam sa  $n$  najboljih rešenja (n-best Assignments). U slučaju da imamo veliki broj ciljeva i tragova, to bi predstavljalo veliki zahtev kapacitetu memorije kao i radu procesora usled velike kombinatorike, zbog toga se u praksi algoritam sa  $n$  najboljih rešenja koristi u kombinaciji sa nekim drugim algoritmima kao što je algoritam najbližih suseda. Algoritam se može opisati u tri koraka:

1. Pronaći optimalno rešenje koje će sadržati  $M$  dodela, nekim od jednostavnijih algoritama, gde  $M$  predstavlja manji broj između broja opservacija i broja tragova.
2. Koriste se ograničenja, a to znači da se određeni elementi matrice asocijacije odstranjuju, ili pretvaraju u velike, odnosno male brojeve, a zatim se dobijaju nova rešenja.
3. Sortiranje svih dobijenih rešenja i odstranjivanje rešenja koja su po kriterijumu niža od prvih  $n$ .

Primer rada algoritma je prikazan u tabeli 3. Kao primer usvaja se matrica asocijacije iz Tabele 1.

Tragovi	Opservacije		
	O1	O2	O3
T1	1	0	0
T2	0	1	0
T3	0	0	1
Suma 1:	17		
Tragovi	Opservacije		
	O1	O2	O3
T1	1	0	0
T2	0	0	1
T3	0	1	0
Suma 2:	6		
Tragovi	Opservacije		
	O1	O2	O3
T1	0	1	0
T2	1	0	0
T3	0	0	1
Suma 3:	19		
Tragovi	Opservacije		
	O1	O2	O3
T1	0	0	1
T2	1	0	0
T3	0	1	0
Suma 4:	14		
Tragovi	Opservacije		
	O1	O2	O3
T1	0	1	0
T2	0	0	1
T3	1	0	0
Suma 5:	14		
Tragovi	Opservacije		
	O1	O2	O3
T1	0	0	1
T2	0	1	0
T3	1	0	0
Suma 6:	20		

Tabela 3. Sve moguće dodele

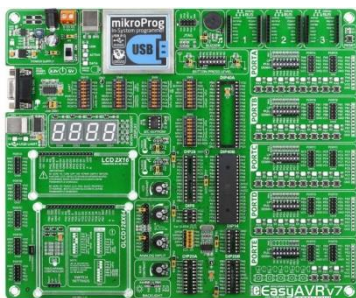
Na primeru matrice asocijacije dimenzije 3x3 postoji 6 mogućih dodela na osnovu kombinatorike a to je 6!

kombinacija. Sve dodele su ilustrovane na primeru u tabeli 3. Algoritam sa  $n$  najboljih rešenja kao najbolje rešenje uzima dodelu sa minimalnom sumom, što je u ovom primeru drugi slučaj kada je suma vrednosti 6.

Može se zaključiti da su i algoritam globalno najbližeg suseda i algoritam sa  $n$  najboljih rešenja istog rešenja za obrađeni primer, s tim što je algoritam sa  $n$  najboljih rešenja izvršio veći broj operacija. U nekim slučajevima gde su dimenzije matrice asocijacije veće, a samim tim i broj operacija veći, vrlo je moguće da rešenje o dodeli neće biti istovetna.

### 3. HARDVERSKA REALIZACIJA ALGORITAMA

Hardverska implementacija algoritama za pridruživanje podataka je urađena sa četrdesetopinskim Atmel ATmega32 mikropocesorom, koji se nalazi platformi EasyAVRv7. Mikrokontrolerska platforma EasyAVRv7 predstavlja razvojno okruženje za programiranje i testiranje programa za AVR mikrokontrolere, slika 1. Ova razvojna platforma je korišćena prilikom programiranja algoritama za pridruživanje podataka. Na njoj se nalazi mikrokontroler ATmega32 kompanije Atmel [6]. Radi se o osmobicnom kontroleru iz familije AVR (Advanced RISC), sa naprednom arhitekturom procesora i smanjenim brojem instrukcija. AVR jezgro poseduje 32 registra opšte namene. Svi registri su direktno povezani sa ALU (Aritmetic Logic Unit). Svaki od registara može imati ulogu ACC-a (akumulatora) pri obavljanju aritmetičkologičkih operacija. Podržan je od strane mnoštva paketskih programa, sistema, razvojnih alata kao na primer C kompajler i programa za otklanjanje grešaka odnosno simulatora. Memorijske performanse su znatno poboljšane kombinovanim korišćenjem fleš i EEPROM memorije. AVR mikroprocesore odlikuje velika brzina izvršenja, oko 1 MIPS po MHz, odnosno 16 MIPS-a, ako radi na 16 MHz, što je oko 12 puta više nego kod standardnih osmobicnih mikroprocesora.



Slika 2. EasyAVR v7

Upravo zbog svojih preformansi Atmelov ATmega32 mikropocesor je izabran za hardversku realizaciju algoritma globalno najbližeg suseda (GNN) i  $n$  najboljih rešenja ( $n$ -best Assignments). Obzirom da obradu podataka vrši sam mikroprocesor sa sopstvenim resursima kao nezavistan blok celokupnog sistema, kao što je sistem za praćenje vise ciljeva, upotreba algoritma sa  $n$  najboljih rešenja ne predstavlja problem procesoru koji koristi sistem usled velike kombinatorike.

Složenost algoritma je mera koja procenjuje redosled brojanja operacija koje se obavljaju datim ili algoritmom kao funkcija veličine ulaznih podataka [7]. Složenost je gruba procena broja koraka neophodnih za izvršenje algoritma. U kompjuterskoj nauci, složenost algoritma je način da se klasifikuje koliko je efikasan algoritam u poređenju sa alternativnim. Predstavlja se asimptotskom notacijom  $T(n)$  i govori o tome koliko se algoritam izvodi brzo ili sporo.

Složenost algoritma globalno najbližeg suseda je:

$$T_{GNN}(n) = O(n^3) \quad (1)$$

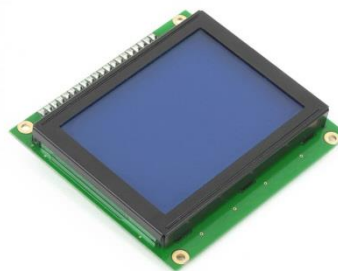
Složenost algoritma sa  $n$  najboljih rešenja je takođe:

$$T_{NBA}(n) = O(n^3) \quad (2)$$

U ovom radu je implementiran algoritam sa  $n$  najboljih rešenja kada se očekuje matrica asocijacije  $3 \times 3$ . Za matricu asocijacije većih dimenzija složenost algoritma je daleko veća.

Kako je ovaj blok osmišljen tako da na ulazu prima već generisanu matricu asocijacije, za potrebe simulacije na mikrokontroleru je implementiran dodatni deo koda koji generiše random elemente matrice asocijacije. Iskorišćen je pin PORT-a A1 za generisanje matrice sve dok je pin pod naponom.

Eksterni moduli (click module) pružaju mogućnost proširenja funkcionalnosti samog mikrokontrolera. Za potrebe ovog rada korišćen je Graphic LCD 128x64 module prikazan na slici 2.



Slika 2. Graphic LCD 128x64 module

### 4. REZULTATI

Nakon generisanja matrice asocijacije, njene obrade i stvaranja matrice odluke, matrice se prikazuju na displeju, tako da korisnik može uvek proveriti rad algoritma koji je implementiran na mikrokontroleru kao što je prikazano na slikama 3. i 4.

Na slikama 3 i 4 su prikazani primeri matrice asocijacije dimenzija  $3 \times 3$ . Može se zaključiti na osnovu rezultata na slici 4, da je GNN algoritam u svakoj iteraciji pronašao minimalni element matrice i zatim tako pronađenu opservaciju dodelio odgovarajućem tragu, gde redovi predstavljaju tragove, a vrste opservacije.





Slika 3. Prikaz rada algoritma globalno najbližeg suseda na Graphic LCD 128x64



Slika 4. Prikaz rada algoritma sa  $n$  najboljih rešenja na Graphic LCD 128x64

Na slici 4 se može videti da je algoritam sa  $n$  najboljih rešenja (n-best Assignments - NBA), odredio prvo najbolje rešenje po kriterijumu minimuma i zatim takve opservacije dodelio odgovarajućim tragovima.

## 5. ZAKLJUČAK

Izbor algoritma u skladu sa raspoloživim računarskim sredstvima važan je faktor u sistemima koji ih koriste i zavisi od namene sistema. U procesu asocijacije podataka, kada se obrađuje više od jedne opservacije, predložen je i ispitan algoritam najbližeg suseda (GNN). On je odabran zbog jednostavnosti i male potrošnje procesorskog vremena. Ono što se može zapaziti prilikom upotrebe ovih algoritama, zbog svojih karakteristika kao što su:

jednostavnost algoritma, visoka preciznost, visoka memorijska potreba. Korisno je implementirati ih u mikroprocesorskim sistemima upravo zbog mogućnosti iskorišćenja sopstvenih resursa nezavisno od sistema.

U ovom radu su implementirana dva osnovna algoritma za pridruživanje podataka zasnovana na klasifikaciji podataka po jednoj hipotezi. Ono što se predlaže u daljim istraživanjima jeste da se na mikroprocesorskim sistemima implementiraju daleko složeniji algoritmi koji se zasnivaju na klasifikaciji podataka prema višestrukim hipotezama.

## 6. LITERATURA

- [1] Blackman, S., Popoli, R.: Design and Analysis of Modern Tracking Systems, Artech House, 1999.
- [2] Shalom, Y. Bar, Blair, W. D.: Multitarget-Multisensor Tracking: Applications and Advances-Volume III, Artech House, Norwood, MA 02062, 2000.
- [3] Blackman, S.: Multiple-Target Tracking with Radar Applications, Artech House, Dedham, 1986.
- [4] Konstantinova, Pavlina, Alexander Udwarev, and Tzvetan Semerdjiev. "A study of a target tracking algorithm using global nearest neighbor approach." *Proceedings of the International Conference on Computer Systems and Technologies (CompSysTech '03)*. 2003.
- [5] Danchick, R., and G. E. Newnam. "Reformulating Reid's MHT method with generalised Murty K-best ranked linear assignment algorithm." *IEE Proceedings-Radar, Sonar and Navigation* 153.1 (2006): 13-22.
- [6] ATmega32 Datasheet, ATMEL. <http://www.atmel.com/images/doc2503.pdf>
- [7] Schmidhuber, Jürgen. "A fixed size storage  $O(n^3)$  time complexity learning algorithm for fully recurrent continually running networks." *Neural Computation* 4.2 (1992): 243-248.

# Estimacija trajektorije i karakterističnih obeležja cilja obradom snimka infracrvene kamere

## Trajectory and parameter estimation of moving target in mono infrared sensor system

Marko Antonijević, Filip Ilić, Davorin Mikluc  
Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu

**Sadržaj** – U radu je izvršena uporedna analiza tri metode za određivanje praga nivoa sivog na video sekvenci i njihov uticaj na procenu obeležja i daljine do cilja. Video sekvenca je snimljena sistemom za praćenje cilja sa infracrvenim senzorom slike. Analizirane metode su Kapur, Tsai i Otsu i njihov kvalitet je predstavljen kroz kriterijum greške procene daljine do cilja. U radu su predstavljene procene obeležja cilja kao što su trajektorija, intenzitet, stav, dimenzije i težište cilja.

**Abstract** – In this paper three methods of gray image threshold establishing were compared on the video sequence and their influence on the distance and target parameter estimation. Video sequence was filmed using mono infrared tracking system. The analysed methods were Kapur, Tsai and Otsu and their efficiency was presented through noise criteria and distance to target. The target parameters such as trajectory, centroid, target dimensions were also calculated.

### 1. UVOD

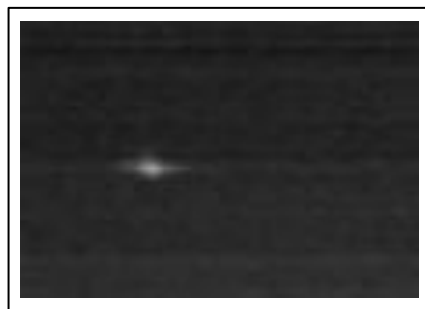
Pasivni senzori koji su sastavni deo sistema za praćenje ciljeva se mogu koristiti u različitim primenama, npr. video nadzor i sigurnost, kontrola brzine kretanja ciljeva, kontrola vazdušnog saobraćaja, vođenje projektila, otkrivanje prepreka, robotika i sl.

U uslovima moderog ratovanja pogotovo raste potreba za sistemima za praćenje i prepoznavanje ciljeva. Pored konvencionalnih radarskih sistema moguće je koristiti i sisteme sa infracrvenom kamerom.

U ovom radu upoređene su metode izdvajanja cilja sa snimka, a na osnovu izdvojene površine je estimirana daljina, karakteristična obeležja cilja i trajektorija.

### 2. IZDVAJANJE CILJA

U početnom trenutku snimka bira se prozor koji sadrži cilj sa neposrednom okolinom (slika 1).

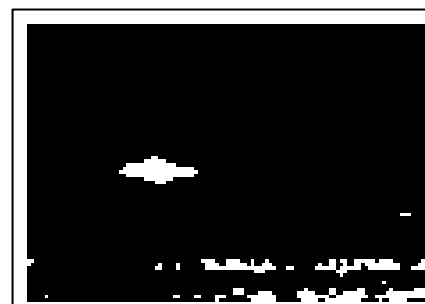


Slika 1. Prozor iz prve slike video sekvence

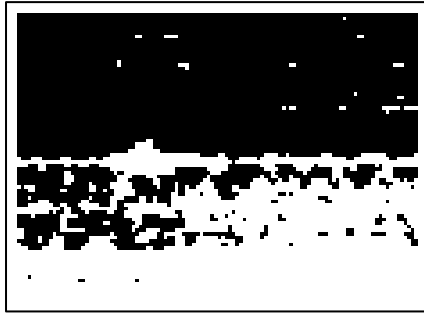
Slika se zatim obrađuje korišćenjem Kapur [1], Tsai [2], Otsu [3] metode. Ovim metodama se određuje prag intenziteta. Svaki piksel koji ima veći intenzitet od određenog praga predstavlja cilj. Broj piksela koji su prešli prag predstavlja površinu cilja (Slika 2, Slika 3, Slika 4).



Slika 2. Binarna slika nakon primene metode Kapur



Slika 3. Binarna slika nakon primene metode Tsai



Slika 4. Binarna slika nakon primene metode Otsu

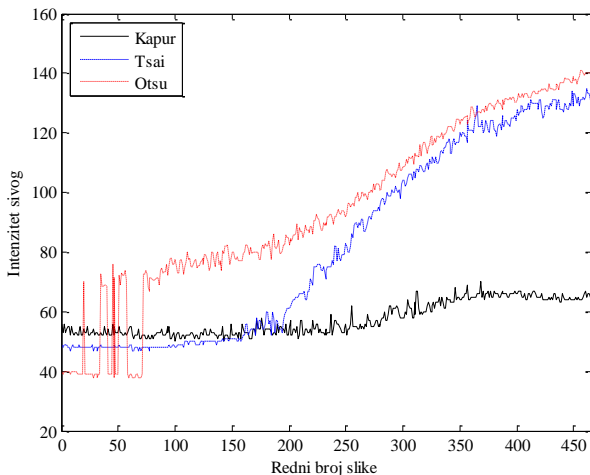
Sa slika se uočava da je cilj u početnom trenutku najtačnije izdvojen metodom "Kapur", dok je kod ostalih metoda u velikoj meri prisutan šum zato što prag nije prilagođen.

### 3.1 PROCENA POVRŠINE I DALJINE

Procena daljine primenom sistema sa pasivnim se sensorima se može proceniti na više načina. Neki od pristupa za procenu daljine su dati u [4-7], gde je pokazano da daljina do cilja direktno zavisi od procenjene površine. Relacija koja to opisuje je sledeća:

$$D_e(k) = D_0 \sqrt{\frac{S_0}{S_e(k)}} \quad (1)$$

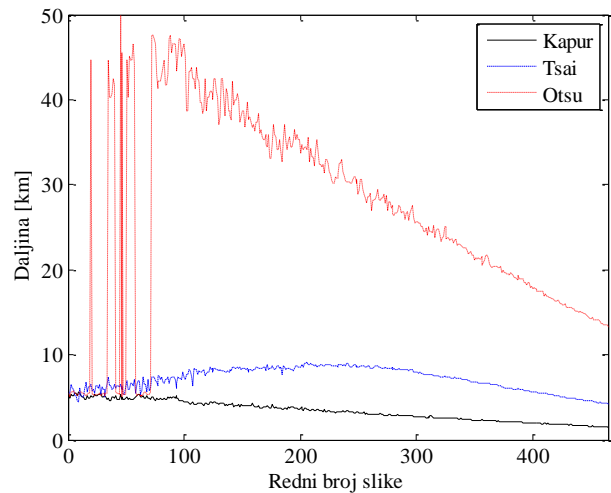
gde su:  $D_e(k)$  procenjena daljina do cilja,  $S_e(k)$  procenjena površina cilja na  $k$ -toj slici, a  $D_0$  i  $S_0$  daljina do cilja i površina na prvoj slici.



Slika 5. Promena praga sa približavanjem cilja

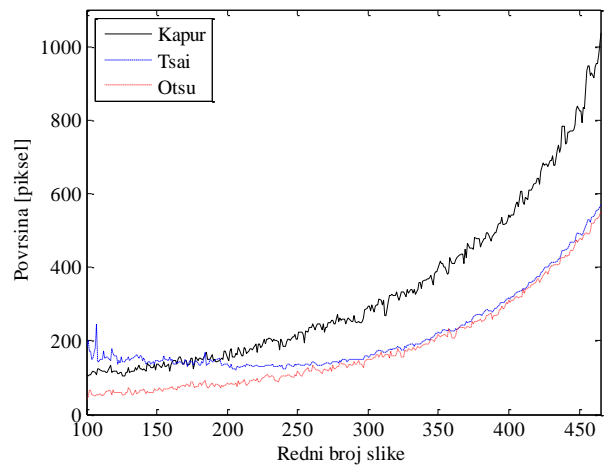
Pošto je izdvajanje cilja neposredno povezano sa veličinom cilja, analizom slike 5 se može zaključiti da upotreba metode Tsai i Otsu nije opravdana na slikama gde je cilj znatno manji od prozora u kome se računa prag. Posledica loše proračunatih pragova za intenzitet prouzrokuje veliku promenu procenjene površine cilja a time sledi i da su procene daljine do cilja sa velikim greškama (Slika 6.). Šum okoline raste zbog niskog praga

piksela pozadine koji nisu sastavni deo cilja pridružuju se cilju.



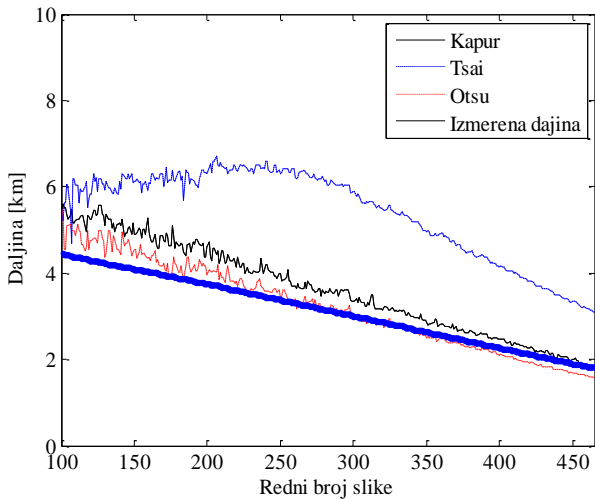
Slika 6. Procenjene daljine ciljeva na osnovu izdvojene površine cilja.

Analizom grafika koji prikazuje površine cilja izdvojene različitim metodama (Slika 7.) uočava se da grafici Tsai i Otsu metode ipak dobijaju očekivani oblik, ali tek nakon 100-te slike kada su pragovi viši u odnosu na početni trenutak.



Slika 7. Procena površine cilja

Ako se za početni trenutak izdvajanja cilja uzme 100-ta slika dobijaju se znatno bolje estimacije Tsai i Otsu metodom (Slika 8.)



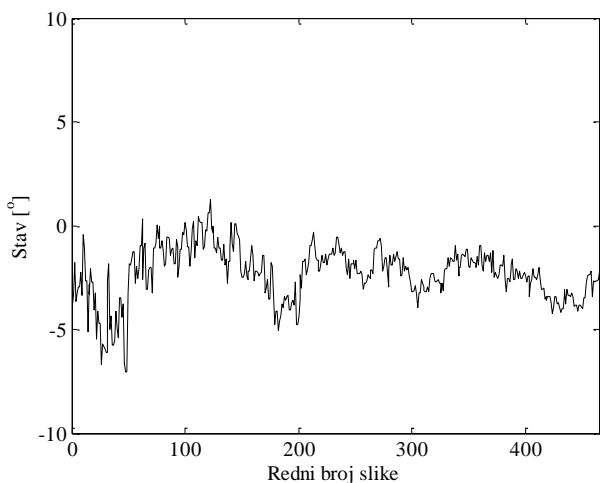
Slika 8. Estimacija Daljine ukoliko se za početni trenutak uzme 100-ta slika

Računanjem srednje kvadratne greške estimacije daljine do cilja potvrđuje se da bolju estimaciju daljine sada daje Otsu metod u odnosu na Kapur i Tsai metodu. Odnosno da je Otsu metoda pogodnija za krupnije ciljeve.

Pošto za celu dužinu snimka metod Kapur daje najbolje rezultate u daljem tekstu će se estimacije površine ovom metodom koristiti za sve grafike.

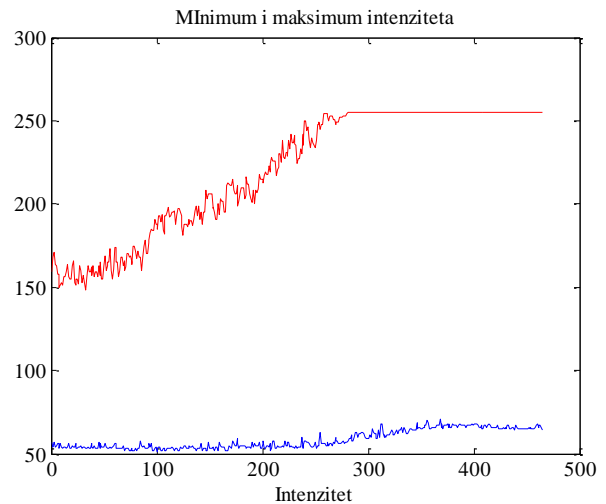
### 3.2 PROCENA OBELEŽJA CILJA

Nakon izdvajanja cilja moguće je odrediti i druge karakteristične parametre cilja kao što su stav cilja, dimenzije cilja, minimalni i maksimalni intenzitet, koji se mogu koristiti u daljoj analizi.



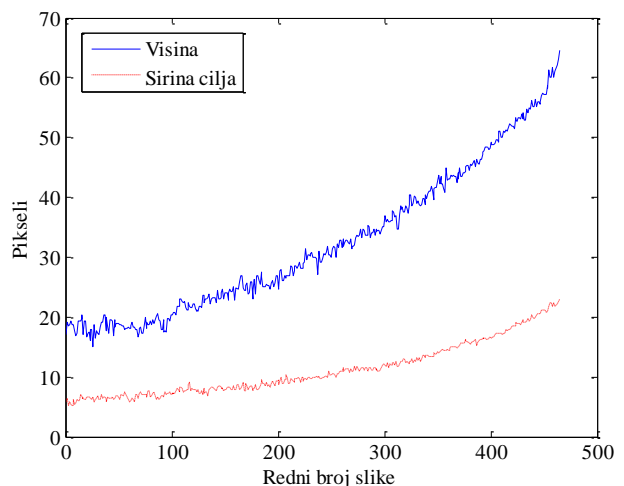
Slika 9. Stav cilja

Stav cilja (Slika 9.) tokom cele dužine nema velike varijacije stava cilja iz čega se zaključuje da cilj leti, horizontalno bez manevra.



Slika 10. Minimum i maksimum intenziteta cilja

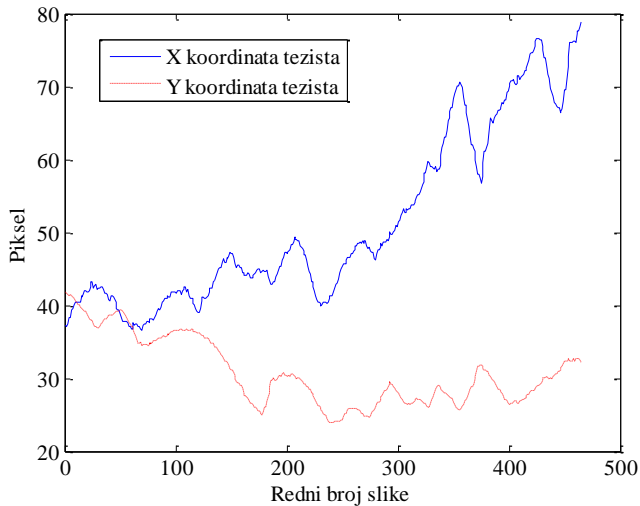
Na osnovu grafika minimuma i maksimuma cilja (Slika 10) zaključuje se na 281-oj slici ulazi u saturaciju jer maksimalni intenzitet uzima vrednost od 255.



Slika 11. Grafik dimenzija cilja

Dimenzije cilja (Slika 11.) se povećavaju bez naglih promena što potvrđuje da se cilj približava ravnomerno bez manevra.

Jedno od obelježja cilja su i širina i visina cilja (Slika 12). Sa slike se uočava da porast širine i visine odgovara porastu površine.



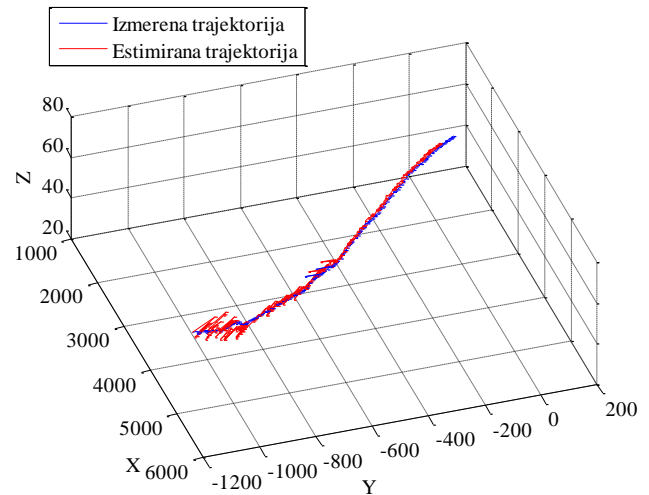
Slika 12. Koordinate težišta cilja

Težište cilja pokazuje koordinate centra cilja u odnosu na ivicu početnog prozora (Slika 12). Na osnovu njih može napraviti adaptivni prozor umesto fiksnog pri čemu bi centar prozora bio u koordinatama težišta cilja, što će biti tema daljih istraživanja.

### 3.3 PROCENA TRAJEKTORIJE CILJA

Procenjena obeležja cilja se mogu koristiti za procenu trajektoriju cilja u prostoru. Sistemi za praćenje ciljeva sa aktivnim sensorima, kao što je RADAR, imaju zahvalniju ulogu u praćenju i proceni pozicije cilja u prostoru.

Ovo osobinu nemaju sistemi sa pasivnim senzorom, ali navedeni nedostatak se može nadoknaditi različitim matematičkim aparatima ali i fuzijom različitih procenjenih obeležja. Na slici XX je dat prikaz izmerene trajektorije, dobijene rezultatom triangulacije sa realnog sistema, i procenjene trajektorije, na osnovu procenjene daljine i pozicije senzora. Iz prethodnih rezultata je zaključeno da metoda Kapur daje najmanju grešku procene od tri upotrebene metode zbog čega je na slici 13. prikazana procenjena trajektorija primenom metode Kapur.



Slika 13. Procenjena i izmerena trajektorija

## 4. ZAKLJUČAK

U ovom radu su analizirane primene tri metoda Kapur, Tsai, Otsu za za izdvajanje cilja na slici.

Rezultati primene tih metoda su pokazani kroz procene površine cilja daljine do cilja dimenzije cilja intenzitet cilja. Pokazano je da metoda Kapur daje najbolje rezultate ako je veličina cilja na slici mnogo manja u odnosu na prozor u kome se proračunava prag intenziteta dok metoda Otsu daje je kvalitetnija kada cilj na slici veći. Sa tim dobijenim podacima moguće je estimirati trajektoriju cilja u prostoru. Na osnovu karakterističnih obeležja mogu se izvesti zaključci o ponašanju cilja. Sa ciljem izdvojenim na ovaj način moguće je estimirati trajektoriju cilja.

Dalja istraživanja bi trebala da idu u pravcu prilagođavanja detekcije sitnim i sporim ciljevima, koji se teško mogu detektovati konvencionalnim radarskim sistemima, a koji su prisutni u savremenoj oružanoj borbi kao što su dronovi. To se može postići optimizacijom metoda izdvajanja ciljeva i primenom adaptivnih prozora.

## LITERATURA

- [1] Kapur, J. N., Sahoo, P. K., & Wong, A. K. (1985). A new method for gray-level picture thresholding using the entropy of the histogram. *Computer vision, graphics, and image processing*, 29(3), 273-285.
- [2] Wang, C. M., Wu, N. I., Tsai, C. S., & Hwang, M. S. (2008). A high quality steganographic method with pixel-value differencing and modulus function. *Journal of Systems and Software*, 81(1), 150-158.
- [3] Jianzhuang, Liu, Li Wenqing, and Tian Yupeng. "Automatic thresholding of gray-level pictures using two-dimension Otsu method." *Circuits and Systems, 1991. Conference Proceedings, China., 1991 International Conference on.* IEEE, 1991.

- [4] B. P. Bondžulić, S. T. Mitrović, Ž. P. Barbarić, M. S. Andrić, "A comparative analysis of three monocular passive ranging methods on real infrared sequences", *Journal of Electrical Engineering* 64(5), pp. 305–310, (2013), doi:10.2478/jee-2013-0044. [9] Atherton, Tim J., Darren J. Kerbyson, and Graham R. Nudd, *Passive estimation of range to objects from image sequences*, BMVC91. Springer London, 1991. 343-346.
- [5] S. T. Mitrović, B. P. Bondžulić, M. S. Andrić, Ž. P. Barbarić, The statistical approach for overcoming the sensor saturation effect in passive ranging, *Elektronika ir Elektrotechnika* 20(2), pp. 52–57, (2014), doi:10.5755/j01.eee.20.2.3788.
- [6] Z. P. Barbaric, B. P. Bondzulich, S. T. Mitrovic, Passive ranging using image intensity and contrast measurements, *Electronics Letters*, 48(18), pp. 1122–1123, (2012), doi:10.1049/el.2012.0632.
- [7] Mikluc, D. L., Andrić, M. S., Mitrović, S. T., & Bondžulić, B. P. (2017). Improved method for passive ranging based on surface estimation of an airborne object using an infrared image sensor. *Optica Applicata*, 47(3), 383-394

# Značaj i primena vizualizacije podataka pametnih zgrada

## The Importance and Usage of Visualisation of Smart Buildings' Data

Stefan Božanić<sup>1</sup>, Stefan Sretenović<sup>2</sup>, Vladimir Kekić<sup>3</sup>

Centar za komandno informacione sisteme i informatičku podršku, Vojska Srbije<sup>1</sup>

Centar za primenjenu matematiku i elektroniku, Vojska Srbije<sup>2</sup>

250. Raketna brigada, Vojska Srbije<sup>3</sup>

**Sadržaj** – U radu se prikazuje osnovni koncept pametne zgrade i njegova primena u današnje vreme. Pored toga objašnjen je značaj vizualizacije podataka dobijenih korišćenjem uređaja i senzora pametnih zgrada i analizirane su mogućnosti njegove primene u praksi.

**Abstract** – This scientific work shows the basic concept of smart buildings and its usage nowadays. Besides that, the importance of visualization of data gotten by using smart buildings' devices and sensors are explained and the possibilities of its practical usage are analysed.

### 1. UVOD

Brzi napredak tehnologija otvorio je vrata sve lakšoj integraciji računarskih komponenti u svakodnevni život sa ciljem povećanja produktivnosti. Jedna od primena upotrebe umreženih uređaja koje neprekidno komuniciraju preko LAN-a, WiFi-a ili Interneta i kontrolišu se sa udaljenim lokacijama su pametne zgrade [1]. Pametne zgrade koriste informacione tehnologije tokom rada kako bi povezale različite podsisteme koji obično funkcionišu nezavisno, tako da ovi sistemi mogu deliti informacije kako bi optimizovali ukupne performanse zgrade.

Namena pametnih zgrada je da omogući stanarima daljinski nadzor [2] i upravljanje aparatima i sistemima, kako što su osvetljenje, grejanje, lift, ulazna vrata, ventilacija [3] i klimatizacija. Pametne zgrade pružaju i korisne usluge koje korisnicima omogućavaju uštedu vremena i automatizaciju [4] (npr. samostalno kontrolisanje osvetljenja, toplotnog komfora, kvaliteta vazduha, fizičke sigurnosti, sanitarije i mnogo toga) sa najmanje energetske i finansijske resursa. Korisnik dobija više slobodnog vremena jer uređaje koje je morao ranije sam da kontroliše sistem će odraditi umesto njega kao što su na primer uključivanje svetala na pokret [5], podizanje ili spuštanje roletni u zavisnosti od osvetljenosti stana, ulazak u zgradu i u stan uz pomoć mobilnog telefona, pozivanje lifta iz stana, uključivanje i kontrolisanje brzine aspiratora za vreme spremanja jela u kuhinji. U slučaju požara, alarm se oglašava i svi izlazi će biti otvoreni i vatrogasci će automatski biti pozvani.

### 2. POJAM PAMETNE ZGRADE

Pametne zgrade su objekti kod kojih se u izgradnji koriste materijali i sistemi koji će doprineti što manjoj potrošnji energije i što jednostavnijem rukovanju svim sadržajima. Zgrada je pametna jer se prilagođava trenutnoj aktivnosti, raspoloženju, navikama i životnom stilu svakog ukućana, a pritom ostvaruje energetske uštede. Pametne zgrade se

moгу definisati kao boravište koje integriše komunikacionu mrežu u svrhu povezivanja ključnih električnih uređaja, te omogućava da se njima daljinski upravlja, prati i pristupa (Slika 1.).



Slika 1. Ilustrativna šema pametne zgrade [6]

U izgradnji se posebno vodi računa o kvalitetno projektovanim i ugrađenim materijalima, termoizolaciji objekta koji su osnova racionalnog korišćenja sistema hlađenja i grejanja.

Na uštedu celog sistema bitno utiče i integracija svih sistema koja se postiže BMS-om (*Bulidnig Menagment System*). Takvi sistemi omogućuju da integrišete rasvetu, elektropotrošače, termodinamiku, kontrolu pristupa i prisustva u prostorijama, bezbednosne sisteme, tende, žaluzine, roletne.

Što se tiče komunikacije između korisničkih aplikacija i servera treba voditi računa o zaštiti (kriptovanju) poruka kao jedan vid zaštite [7]. Ako se koristi mobilni uređaj kao korisnička aplikacija treba voditi o zaštiti fizičkog telefona od pristupa nedozvoljenim korisnicima. To potencijalno može biti nedostatak u slučaju gubitka ili krađe mobilnog telefona i njegove zloupotrebe. Dati problem je moguće prevazići upotrebom biometrijskih podataka prilikom identifikacije korisnika [8].

### 3. ANALITIKA I VIZUALIZACIJA PODATAKA

U modernom poslovanju informacije predstavljaju ključni resurs kojim se generiše konkurentna prednost. Međutim, definisati informaciju kao resurs neke organizacije, ili kao robu na tržištu, je vrlo teško. Resursi se obično preciziraju kao dobra koja nose merljivu ili potencijalnu korist korisniku. Informacija se može smatrati vrstom nematerijalnog dobra, iako i ona sama ima materijalne karakteristike. Kada se informacija kombinuje sa ostalim informacijama, može imati daleko veću vrednost od inicijalne.

Poslovni subjekti ulažu napore u svrhu pronalaska načina organizacije i razumevanja mnoštva podataka koji su generisani kroz njihovo poslovanje [9]. Mogućnost i brzina prikupljanja informacije utiče direktno na poslovne odluke, a samim time i na boljitak organizacije. Potreba za brzim prikupljanjem informacije, ali i analizom tih podataka, su mogućnosti kojom teže poslovni subjekti. Informacije u bazama podataka i skladištima podataka trebalo bi da se prikazuju u nekom jednostavnom vizuelnom obliku jer on pruža daleko jasniji pogled od brojčanog tabelarnog prikaza. Brojni proizvođači softverskih poslovnih rešenja prepoznali su potrebu za vizualizacijom podataka, pa su u svoje poslovne sisteme uvrstili funkcionalnosti vizualizacije kroz komandne table (eng. *dashboard*). Daljim razvojem poslovnih sistema vizualizacija je postala jedna od važnijih funkcionalnosti da bi se na kraju razvili posebni alati koji služe isključivo za vizualizaciju podataka. Upravo jedan od tih alata se može koristiti za virtualni prikaz podataka pametne zgrade.

Alati koji se mogu koristiti za virtualni prikaz podataka u svrhu pametnih zgrada spadaju u napredna rešenja za vizualizaciju. Složena rešenja, prema tome, moraju raditi na principu nekog upitnog jezika (npr. SQL-a) kako bi navedeni upiti bili mogući. Korisnici moraju imati opciju odabira između mnoštva različitih grafičkih prikaza (za razliku od jednostavnih rešenja koja se uglavnom temelje na bar i linijskim grafikonima). Kontrolne table su mogućnosti koje bi softver trebao imati kako bi se smatrao ozbiljnim, složenim rešenjem za vizualizaciju.

Analizom tržišta naprednih alata za vizualizaciju podataka pronađena su najpopularnija rešenja: Tableau, SAP Lumira, QlikView, Power BI, Looker itd. Jedan od najzastupljenih na tržištu je softver Tableau [10], kao definitivni tržišni predvodnik i moderno rešenje za poslovnu inteligenciju. Ovo rešenje izabrano je prema iskustvima i preporukama korisnika alata za vizualizaciju podataka. U ovom radu biće objašnjeni osnovni pojmovi vezani za vizualizaciju podataka (informacija, podatak, poslovna inteligencija), navedeni i objašnjeni tipovi grafikona koji se koriste za vizualno prikazivanje.

Informacija se u modernom poslovanju smatra resursom koji je podjednako važan kao konvencionalni resursi. Informacija kao resurs je osnovni parametar u procesu odlučivanja. Podatak se često pogrešno navodi kao sinonim informacije. Podatak se označava kao ulaz sistema njegove obrade koji stvara informaciju. Slikovito prikazano, podatak je moguće objasniti kao sirovinu čijom se obradom dobije gotov proizvod. Jedan od pojmova koje se sreću u poslovnim procesima je poslovna inteligencija. Poslovna inteligencija je proces prikupljanja relevantnih internih i dostupnih eksternih podataka, njihove konverzije u korisne informacije koje mogu pomoći poslovnim korisnicima u odlučivanju.

Poslovna inteligencija sve važniji je segment modernog poslovanja s obzirom na tržišne okolnosti (velika konkurencija, zahtevni kupci, ubrzan tempo života i tehnološkog napretka). Sve navedeno otežava poslovno

odlučivanje što poslovnu inteligenciju postavlja na poziciju osnovnih konkurentskih prednosti. Osnovni cilj poslovne inteligencije je podrška u odlučivanju.

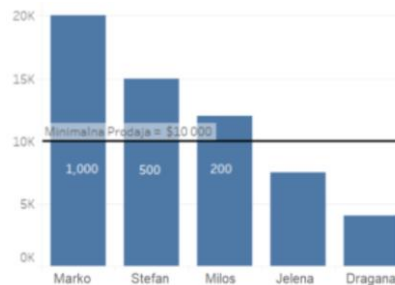
Upiti na bazu podataka vrše se u *Query* jezicima. Ovi jezici osmišljeni su isključivo za navigaciju kroz baze podataka, bilo da se radi o upitima izdvajanja ili akcijskim upitima. SQL (*Structured Query Language*) je najrašireniji *Query* jezik. Jezik datira još iz 1974 pojavom Codovog relacijskog modela (1970). Od tada pa do danas SQL se koristi u brojnim poslovnim rešenjima za upravljanje bazama podataka. Postoji i MySQL platforma za upravljanje relacionim bazama podataka koja je temeljena na SQL tehnologiji. MsSQL Majkrosoftovo je rešenje za menadžment bazama podataka. Za razliku od MySQL-a, MsSQL je privatni softver čije korištenje nije besplatno. Oracle je također popularno rešenje za upravljanje bazama koje je bazirano na SQL tehnologiji.

U modernom poslovnom okruženju informacija ima veliku važnost. Mogućnost i brzina saznanja određene informacije direktno utiče na poslovne odluke. Strukture sa više dimenzija mogu biti izuzetno kompleksne za razumevanje, a rezultati dobijeni analizama često generišu više novih pitanja nego što daju odgovora. Podaci prikazani numerički u tabelama, kao i rezultati sprovedenih analiza, egzaktni su, ali ih čovek sporo (i teško) percipira. Vizualizacija podataka i vizualna analiza podataka pomažu korisniku saznati esenciju nekog modela podataka gotovo momentalno.

Zaposleni	Prodaja	Minimalna prodaja	Bonus
Milos	\$ 12,000.00	\$ 10,000.00	\$ 200.00
Marko	\$ 20,000.00	\$ 10,000.00	\$ 1,000.00
Jelena	\$ 7,500.00	\$ 10,000.00	
Stefan	\$ 15,000.00	\$ 10,000.00	\$ 500.00
Dragana	\$ 4,000.00	\$ 10,000.00	

Slika 2. Tabelarni primer podataka

Vizualizacija podataka ne predstavlja samo statički grafički izveštaj. Naglašava se važnost na interakciji korisnika sa vizualnim prikazom. Jedino kroz interaktivnost korisnik može prikupiti ključne informacije i prikazati koja će na kraju postati ulaz u donošenju poslovnih odluka.



Slika 3. Grafički primer podataka

Na grafikonu (slika 3) je prikazan skup podataka (eng. *dataset*) iz table (slika 2) nad istim podacima iz baze podataka. Vidljivo je koji zaposleni je ostvario najvišu



prodaju, koji najmanju, i može se proceniti i odnos obima prodaje svakog zaposlenika. Takođe je vidljivo koji zaposleni su „prešli“ liniju minimalno propisane prodaje i za koliki iznos. Bitne informacija unutar tabele vidljive su gotovo momentalno u grafičkom prikazu. Isplaćeni bonusi numerički su izraženi unutar stubova zaposlenika koji su ostvarili. Posmatrani skup podataka sadrži čak četiri dimenzije: Zaposleni; Prodaja; Minimalna prodaja i Bonus. Na 2D grafikonu uspešno su prikazane sve četiri dimenzije. Vizualna percepcija čoveku je jača strana, ali ona ima svoja ograničenja.

U smislu prikaza podataka u poslovnom okruženju, može se reći da postoje dva ekstrema. Prvi je prikaz podataka kroz tekst, brojeve i tabela, a takav prikaz može biti zamoran i težak. Drugi ekstrem je prikaz podataka u raznim bojama i oblicima. Kao najbolje rešenje, potrebno je pronaći određenu sredinu. Vrlo je važno da se osnova svake vizualizacije, a to je prenošenje informacija, ne izgubi zbog neadekvatnog prikaza.

Kada se grafički žele prikazati podaci iz tabela, onda se koriste grafici. Vrste grafika koji se najčešće koriste su:

- Tačkasti grafikon (eng. *Scatter plot*) - prikazuju korelacijski odnos dve promenljive;
- Stepnasti grafikon (eng. *Bar chart*) - kod upoređivanja vrednosti diskretnih podataka ili prikaz trendova kroz vreme;
- Linijski grafikon - sličan je tačkastom grafikonu, koristi se i u upotrebi više promenljivih;
- Histogram - podvrsta stepenastog grafikona na kojem se prikazuju podaci o učestalosti pojavljivanja;
- Tortica grafikon (eng. *Pie chart*) - najpogodniji je za jednostavne grafikone, isključivo radi se o dva, najviše tri posmatrane vrednosti;
- Hijerarhijski ugnježden grafikona (eng. *Treemap*) - nudi hijerarhijski prikaz podataka i olakšava prepoznavanje uzoraka.

#### 4. PREDLOG REŠENJA

Koristeći softversko rešenje Tableau za vizualizaciju podataka biće prikazani grafikoni nad test podacima. Tumačenje grafikona je jednostavno, brzo za razumevanje, što bi podsetklo stanare, upravnika zgrade i druge aktere da ih koriste redovno, a što pospešuje kvalitetniji život u zgradama, štednju energije i druge željene ishode.



Slika 4. Linijski grafikon za potrošnju električne energije po mesecima

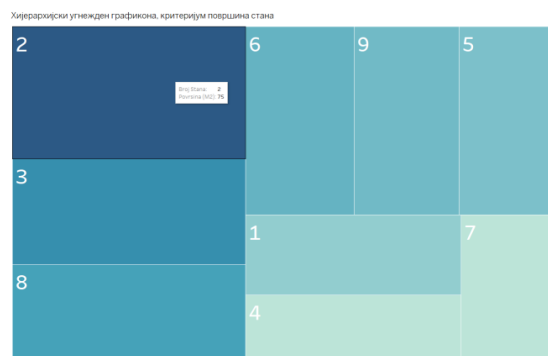
Na slici 4. prikazana su dva linijska grafikona koja pokazuju potrošnju električne energije po mesecima za

stan broj 2. Oba grafikona pokazuju isto, samo je razlika u načinu generisanja linijskog oblika grafika.



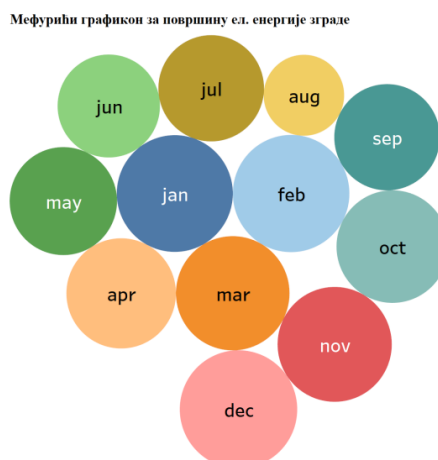
Slika 5. Linijski grafikon za potrošnju električne energije po mesecima

Na slici 5. prikazano je spisak devet stanova sa površina. Desno od tabele je prikazana pitica grafikon gde se vizuelno prikazuju podaci iz tabele. Namerno je uzet ovaj primer jer, kao što je napomenjeno u prethodnom podglavlju, pitica grafikon se ne koristi ako postoje više od tri podatka, zbog preglednosti. U toj situaciji se koristi hijerarhijski ugnježden grafikona (slika 6.).



Slika 6. Treemap grafikon za površinu stana u zgradi

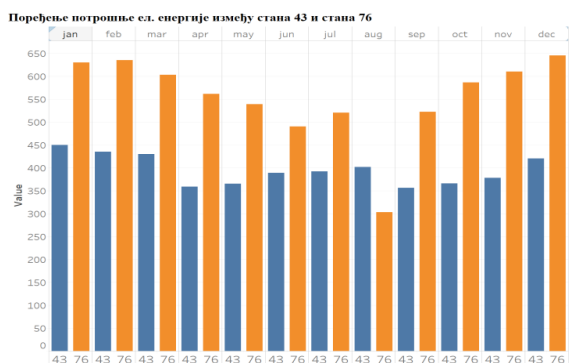
Postoji mogućnost i filtriranja podataka. Pored navedenih standardnih grafikona koji su objašnjeni, Tableau nudi i mehuriće grafikon. Na slici 7. prikazano je jedan primer mehurića grafikona gde je prikazana potrošnja električne energije cele zgrade po mesecima.



Slika 7. Mehurići grafikon za potrošnju električne energiju zgrade

Lako se uočava da je najveća potrošnja zimi, dok je ubedljivo najmanja u avgustu kada je period godišnjih

odmora. Tableau nudi i mogućnost upoređivanja grafikona, vrednosti. Slika 8. prikazuje poređenje potrošnje električne energije po mesecima između dva stana.



**Slika 8.** Stepenasti grafikon za upoređivanjem dva grafikona

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je dat osnovni koncept rada pametnih zgrada. Da bi ceo primer bio “pametan”, trebalo bi da se koriste senzori koji bi bili u neprestanoj komunikaciji sa servisom gde bi se beležile sve promene u sistemu. Zadatak rada nije krajni proizvod koji bi mogao odmah da se koristi u praksi, već prikazivanje osnovnog koncepta pametne zgrade koji je modularan i “jednostavan” za nadogradnju po zahtevima korisnika i objašnjen je značaj upotrebe vizualizacije dobijenih podataka.

Prikupljanje podataka je jako bitno za kasniju analizu. U današnje vreme vizualizacija tih prikupljenih podataka ima sve veći uticaj za odlučivanje. Preciznije, za slučaj pametne zgrade namene se mogu naći u raznim oblicima života i interesovanja. Jedna od osnovnih primena se može naći za kućepazitelje. Sa ovim sistemom kućepazitelji mogli bi da imaju stanje svakog stana, cele zgrade, a ako je umreženo, i stanje svih zgrada jednog grada ili čak zemlje. Te informacije pomogle bi da se lakše donose odluke šta je najbolje za svaku zgradu.

Analizom podataka najviše bi se pomoglo samim korisnicima. Korisnici bi imali uvid u stanje svakog uređaja, koliko je radilo vremenski i koliko je električne energije potrošeno u određenom periodu. Samim tim, mogli bi da utiču na sebe, da nešto ne koriste ako nema potrebe ili da neki uređaj zamene za uređaj koji je ekonomičniji.

Arhitektama i građevinskim firmama koje su učestvovala u izgradnji zgrada dosta bi pomogle informacije za buduće projekte jer bi se moglo uvideti da li određena rešenja imaju energetske i materijalne koristi. Analizom podataka nad tim “eksperimentalnim” zgradama uvidelo bi se jasno da li određeni način gradnje i korišćenje određenog građevinskog materijala ima efekta kao što je planirano.

Analizom podataka lakše bi se uvidelo da li neki stan ima lošiju izolaciju i da dolazi do neželjenih gubitaka toplotne energije, samim tim bi se brzo intervenisalo i rešio problem. Slično je i sa potrošnjom vode i električne struje. Ako se uoči nagli skok potrošnje vode, jednostavno bi se moglo detektovati gde je kvar.

U jeku je “rudarenje” digitalnog novca koje zahteva povećanu potrošnju električne struje. Ovim sistemom bi se lako detektovao stanar koji je zlonameran i koji koristi električnu struju zajedničkih prostorija za svoje potrebe.

Ovako implementiran sistem pomogao bi roditeljima za kontrolu upotrebe uređaja, npr. računara. U svakom trenutku bi roditelji znali da li računar deteta uključen i koliko je vremenski korišćen. Mogli bi roditelji da isključe uređaj iako nisu fizički prisutni kraj računara.

U krajnjem slučaju analizom podataka pametnih zgrada pomoglo bi se zdravstvu. Lekarima bi bila olakšana procena bolesti ako se uvidi način života pacijenta, na kojem spratu pacijent živi, da li je stan na sunčanoj strani zgrade, koliko je dnevno u stanu, koliko je vreme korišćenja televizora i računara i slično.

Spektar korišćenja dobijenih podataka je širok jer upotreba informacije na ispravan način predstavlja moć budućnosti.

## 6. LITERATURA

- [1] S. Božanić, M. Antonić, “Daljinsko upravljanje i nadzor uređajima preko interneta”, Kopaonik, Yu info, March 2017, pp. 242-247
- [2] S. Božanić, S. Sretenović, V. Kekić, “Connecting Android Application with Arduino through MQTT Protocol”, Kopaonik, Yu info, 2018, pp. 230-233
- [3] S. Sretenović, S. Božanić, “Monitoring Air Quality from Location”, Bucharest, CERC, May 2017.
- [4] J. Höller, V. Tsiatsis, C. Mulligan, S. Karnouskos, S. Avesand, D. Boyle: From Machineto-Machine to the Internet of Things: Introduction to a New Age of Intelligence Waldemar Nawrocki, Measurement Systems and Sensors, 2005.
- [5] S. Božanić, S. Sretenović, “ Laboratory Example for Controlling Devices in Smart Homes”, Bukurešt, CERC, 2017
- [6] <http://brooksinbeta.com/6687/smart-building-market-to-increase-to-36-0-billion-by-2020/> Pristupljeno 30.01.2019
- [7] S. Božanić, D. Mikluc and S. Sretenović, "An example of encrypting communication in smart houses", Obrenovac, ICMNEE, September 2017.
- [8] M. Trikos, D. Savic, D. Simic, M. Veinovic , “Zaštita biometrijskih šablona”, Kopaonik, Yu info, 2017.
- [9] Kosara R, Mackinlay J. Storytelling: The next step for visualization. Computer. 2013 May;46(5):44-50.
- [10] Heer J, Mackinlay J, Stolte C, Agrawala M. Graphical histories for visualization: Supporting analysis, communication, and evaluation. IEEE transactions on visualization and computer graphics. 2008 Nov;14(6).

# UTICAJ VIŠESTRUKIH DISTORZIJA NA OBJEKTIVNU PROCENU KVALITETA SLIKE IMPACT OF MULTIPLY DISTORTIONS ON OBJECTIVE IMAGE QUALITY ASSESSMENT

Davorin Mikluc<sup>1</sup>, Nenad Stojanović<sup>1</sup>, Boban Bondžulić<sup>1</sup>, Vladimir Petrović<sup>2</sup>

*Univerzitet odbrane u Beogradu, Vojna akademija<sup>1</sup>  
Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka<sup>2</sup>*

**Sadržaj** - Koristeći tri javno dostupne baze slika, koje se sastoje od velikog broja slika sa jednom i dve distorzije, dok u jednoj od korišćenih baza ima slika i sa tri i četiri distorzije, izvršeno je testiranje velikog broja mera za objektivnu procenu kvaliteta slike. Mere su analizirane kroz korelaciju sa subjektivnim skorovima kvaliteta. Pomoću dijagrama rasipanja izvršena je gruba analiza degradacije kvaliteta usled višestrukih distorzija.

**Abstract** - Using three public available image datasets, which consist of large number of images with one or two distortion, while in one of three datasets there are images with three and four distortion, great number of objective image quality assessment measures are tested. Measures are analyzed through correlation with subjective scores. Multiply degradation impact on image quality is roughly analyzed using scatter plots.

## 1. UVOD

Potreba za multimedijalnim sadržajem je sve veća. Multimedijalni signali su razvojem mobilnih sistema prenosa postali dostupni u svakom trenutku i na svakom mestu. U praksi, slike, kao jedna vrsta multimedijalnog signala, često prolaze kroz procese prikupljanja, kompresije, prenosa i skladištenja, pri čemu se lako mogu javiti višestruke degradacije kao što su šum i zamrljanje (*blurring*) tokom prikupljanja podataka, efekti kompresije tokom skladištenja i neposredno pre prenosa, kao i greške tokom samog prenosa. Da bi izvršili evaluaciju višestrukih degradacija, prirodno je da se najpre proceni svaka degradacija zasebno, a nakon toga na osnovu dobijenih vrednosti i kompletan kvalitet multimedijalnog sadržaja. Kako bi se primenio ovaj pristup, neophodno je poznavati tipove distorzija koji se javljaju, što je u praksi često nedostupno. Takođe, ovakvim pristupom su zanemareni efekti koje distorzije izazivaju međusobno. Stoga, razvoj objektivnih metoda procene kvaliteta slika sa višestrukim distorzijama je veoma važan u cilju obezbeđenja što kvalitetnijeg servisa krajnjim korisnicima.

Istraživačima je dostupan veliki broj algoritama za objektivnu procenu kvaliteta slike. U analizi uticaja višestrukih degradacija na kvalitet slike u ovom radu korišćeno je 28 metrika sa potpunim referenciranjem na izvorni signal (Full-Reference, FR), tj. prilikom procene kvaliteta vrši se poređenje nekih od karakteristika originalne i degradirane slike.

Pored nezaobilazne PSNR mere (*Peak Signal to Noise Ratio*), korišćene su UIQI (*Universal Image Quality Index*) [1], SSIM (*Structural Similarity Index*) [2] i mere

koje su nastale njihovim proširenjem MS-SSIM (*Multiscale SSIM*) [3] i IW-SSIM (*Information Content Weighted SSIM*) [4].

Dalje su analizirane najčešće korišćene mere kao što su GMSD (*Gradient Magnitude Similarity Deviation*) sa izvedenom GSMC vrednošću (*Gradient Magnitude Similarity Mean*) [5], FSIM (*Feature Similarity*) i njena verzija za slike u boji FSIMc (*FSIM Color*) [6], GSM (*Gradient Similarity Metric*) [7], ADM (*Additive Impairments and Detail Losses Metric*) [8], VIF (*Visual Information Fidelity*) i njena pojednostavljena verzija VIFp [9], MAD (*Most Apparent Distortion*) [10], VSI (*Visual Saliency-Induced Index*) [11], MDSI (*Mean Deviation Similarity Index*) [12], CVSSI (*Contrast and Visual Saliency Similarity-Induced Index*) [13], MCSD (*Multiscale Contrast Similarity Deviation*) [14], SR-SIM (*Spectral Residual Based Similarity*) [15], SFF (*Sparse Feature Fidelity*) [16], SCDM (*Structural Contrast Distortion Metric*) [17], PAMSE (*Perceptual-Fidelity Aware Mean Squared Error*) [18], RVSIM (*Riesz Transform and Visual Contrast Sensitivity-Based Feature Similarity*) [19] i RSEI (*Rectangular-Normalized Superpixel Entropy Index*) [20].

Pored navedenih, korišćene su i mere razvijene od strane autora. Mera koja se zasniva na analizi promene kontrasta pomoću diskretne kosinusne transformacije (označenu sa  $C$ ) [21] i mere koje se zasnivaju na očuvanju amplituda i orijentacija gradijenta, gde se krajnje vrednosti kvaliteta dobijaju usrednjavanjem lokalnih skorova kvaliteta, (označenu sa  $Q$ ), ili uvođenjem mapa značaja (označenih sa  $Q_{w1}$  i  $Q_{w2}$ ) [22].

U drugom delu rada dat je opis korišćenih baza slika sa višestrukim degradacijama. Najznačajniji rezultati i zaključci dati su u trećem i četvrtom delu rada.

## 2. OPIS KORIŠĆENIH BAZA SLIKA

Za analizu objektivnih mera procene kvaliteta slika korišćene su tri javno dostupne baze slika sa višestrukim distorzijama: LIVE MD [23], IVL [24, 25] i MDID [26].

### A. LIVE MD baza slika

LIVE MD (*Multiply Distorted*) baza slika je razvijena u LIVE laboratoriji (*Laboratory of Image and Video Engineering*) Univerziteta u Teksasu (*University of Texas at Austin*). Izvedena je na osnovu 15 izvornih slika visokog kvaliteta, rezolucije 1280x720 piksela. Slike su odabrane tako da obuhvataju širok spektar sadržaja, boja i nivoa osvetljaja. Korišćena su tri tipa distorzija za

generisanje baze slika i to zamrljanje, JPEG kompresija i aditivni Gausov šum. Baza je organizovana kroz dva scenarija. Prvi scenario predstavlja simulaciju skladištenja slika, gde su slike najpre zamrljane, a nakon toga i komprimovane JPEG tipom kompresije. Drugi scenario predstavlja snimanje slike fotografskim aparatom, gde su slike najpre zamrljane i u takve slike je dodat beli Gausov šum kako bi se simulirao šum senzora. Ova dva scenarija su organizovana kroz dve studije.

Korišćena su četiri nivoa svakog tipa distorzije označenih od 0 do 3, gde 0 označava nepostojanje distorzije, dok 3 označava najviši stepen distorzije. Slike su kreirane tako što su kombinovani nivoi distorzija i na taj način je kompletirana baza slika. Tako se od 15 referentnih slika, za jednu studiju, generiše 240 slika, od čega je 135 slika sa dve distorzije, a po 45 slika je sa jednostrukom distorzijom. S obzirom da postoji slučaj da su obe distorzije označene stepenom 0, preostalih 15 slika su identične izvornim slikama. U drugoj studiji slike se generišu na isti način, ali različitim degradacijama. Ukupan broj slika na kojima je vršeno subjektivno testiranje je 450, po 225 u obe studije (180 slika sa jednostrukom distorzijom i 270 slika sa dve distorzije). Zbog načina kreiranja slika u bazi, javljaju se identične slike kada je zamrljanje jedina degradacija primenjena na slikama. Iz tog razloga baza se sastoji od 405 degradiranih slika, uz neznatnu razliku subjektivnih ocena identičnih slika.

U evaluaciji kvaliteta je učestvovalo 37 posmatrača, u prvoj studiji 19, a u drugoj 18. Subjektivne impresije kvaliteta date su kroz vrednosti DMOS (*Differential Mean Opinion Score*) skorova (niže DMOS vrednosti odgovaraju boljem kvalitetu slike).

#### B. IVL baza slika

Korišćena baza slika je sastavljena od dve baze, SD-IVL (*Single Distorted*) i MD-IVL (*Multiply Distorted*) nastale u IVL laboratoriji (*Imaging and Vision Laboratory, University of Milan-Bicocca*). Slike su dimenzija 886x591 piksela i prikazuju različite sadržaje.

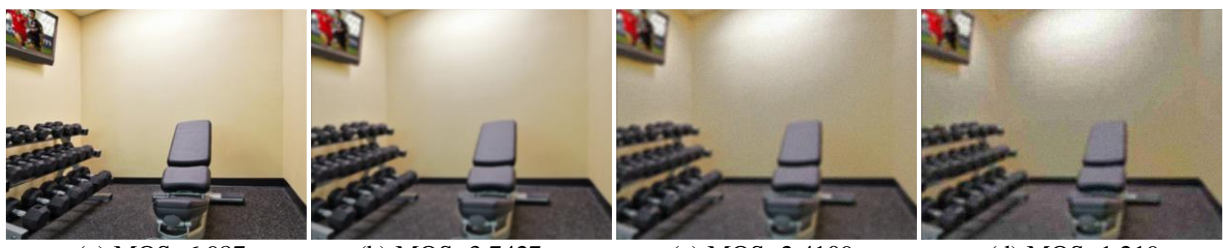
SD-IVL baza se sastoji iz 380 slika sa dve različite degradacije, Gausovog šuma i JPEG kompresije. Degradirane slike su dobijene od 20 izvornih slika i to 200 slika sa Gausovim šumom (svaka referentna slika je degradirana sa 10 različitih nivoa šuma) i 180 komprimovanih slika (svaka referentna slika je komprimovana sa 9 različitih nivoa kompresije).

Za generisanje MD-IVL baze korišćeno je 10 izvornih slika iz SD-IVL baze. Baza se sastoji iz dva dela. Prvi deo čine slike degradirane zamrljanjem koje su nakon toga komprimovane JPEG tipom kompresije. Od svake od 10 izvornih slika, generisano je sedam zamrljanih slika sa različitim stepenom Gausovog zamrljanja. Na taj način je dobijeno 70 slika koje su komprimovane sa pet različitih nivoa JPEG kompresije, čime je konačno dobijeno 350 slika. Drugi deo baze se sastoji od slika koje su degradirane Gausovim šumom i JPEG kompresijom. Od svake od 10 izvornih slika dobijeno je najpre 10 novih slika degradiranih sa 10 različitih nivoa Gausovog šuma, a takve slike su dodatno degradirane sa četiri nivoa JPEG kompresije, čime je dobijeno 400 degradiranih slika.

Subjektivni skorovi su dati kroz MOS (*Mean Opinion Score*) gde više vrednosti predstavljaju bolji kvalitet slike.

#### C. MDID baza slika

Baza slika MDID (*Multiply Distorted Image Database*) je generisana od 20 izvornih slika koje su izabrane iz nekoliko različitih već postojećih baza, ali tako da budu zastupljeni različiti motivi, količina detalja, tekstura, stepen jasnoće ivica objekata, različiti nivoi i količina boja, prostorne informacije itd. Sve izabrane slike su isečene na veličinu 512x384 piksela. Za generisanje baze slika korišćeno je pet različitih tipova distorzija i to Gausov šum, Gausovo zamrljanje, promena kontrasta, JPEG kompresija i JPEG2000 kompresija. Na slikama se javljaju od jedne do četiri različite distorzije tako da se dva tipa kompresije nikad ne pojavljuju zajedno. Svaka od degradacija se pojavljuje u pet različitih nivoa, od 0 do 4, gde 0 predstavlja odsustvo neke od degradacija, a 4 predstavlja maksimalan stepen degradacije. Od svake od 20 referentnih slika kreirano je 80 degradiranih slika, što ukupno čini 1600 slika u kompletnoj bazi. U bazi nema slika bez degradacija. Sa jednom degradacijom ima 275 slika, a sa višestrukim degradacijama 1325 slika (415 slika sa dve degradacije, 444 slike sa tri degradacije i 466 slika sa četiri degradacije). Izbor broja distorzija i stepen svake od njih je vršen slučajno, uz vođenje računa da se u slikama degradacije javljaju redosledom kojim se obrađuju signali u jednom telekomunikacionom sistemu. Najpre se uvek pojavljuju zamrljanje i promena kontrasta koji se javljaju tokom akvizicije, nakon toga kompresija i na kraju šum koji se javlja u kanalu za prenos.



(a) MOS=6.987 (b) MOS=3.7427 (c) MOS=2.4109 (d) MOS=1.219  
Slika 1. Primeri degradiranih slika sa jednom (a), dve (b), tri (c) i četiri (d) distorzije iz MDID baze slika

U subjektivnoj evaluaciji kvaliteta slika učestvovalo je 192 ispitanika. Ispitivanje je vršeno metodom poređenja, pri čemu su ispitanici imali tri mogućnosti izbora prilikom poređenja dve slike, "bolja", "lošija" i "jednaka", za razliku od ranijih metoda gde nije bilo mogućnosti izbora "jednaka". Daljim poređenjem vršeno je sortiranje slika prema subjektivnom kvalitetu i određivan MOS. Subjektivni skorovi imaju vrednosti od 0 do 8, pri čemu niže vrednosti predstavljaju lošiji kvalitet slike.

Na slici 1 je dat primer degradiranih slika iz MDID baze slika sa odgovarajućim MOS vrednostima. Slike su degradirane sa jednom, dve, tri i četiri degradacije. Vrednosti MOS opadaju sa povećanjem broja degradacija na slici. Slika 1(a) je zamrljana, slika 1(b) pored zamrljanja degradirana je i promenom kontrasta. Dalje je na slici 1(c) dodat i Gausov šum. Na kraju, na slici 1(d) je pored navedene tri degradacije slika i komprimovana JPEG kompresijom. S obzirom da prikazana slika nema puno detalja, jasno se uočava postepena degradacija slike višestrukim distorzijama. Vrednosti MOS se značajno menjaju u zavisnosti od tipa, broja i stepena degradacija.

### 3. PERFORMANSE OBJEKTIVNIH MERA PROCENE KVALITETA SLIKA

Performanse objektivnih mera su analizirane kroz stepen slaganja sa subjektivnim procenama kvaliteta i to pomoću korelacije rangova (*Spearman Rank Order Correlation Coefficient*, SROCC). Koeficijenti korelacije rangova subjektivnih i objektivnih skorova kvaliteta za 28 testiranih objektivnih mera za sve tri korišćene baze slika dati su u tabeli 1. Rezultati su prikazani zasebno za slike sa jednostrukom degradacijom, višestrukom degradacijom i za kompletnu bazu. Za svaki podskup slika, u okviru sve tri baze, kao i za kompletne baze, osenčeni su najbolji rezultati – najbolje slaganje subjektivnih i objektivnih skorova kvaliteta.

Kod LIVE MD baze slika, najbolje performanse ima mera IW-SSIM kada se posmatra celokupna baza slika, dok je to za zasebne podskupove slika mera CVSSI. Obe mere imaju slične rezultate kako za podskupove slika tako i za kompletnu bazu.

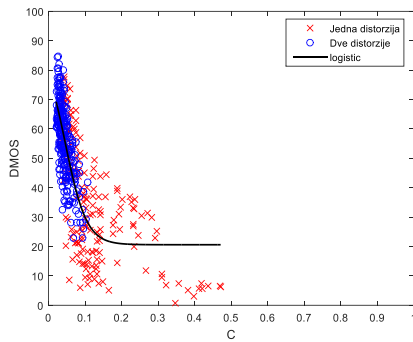
IVL baza slika se pokazala nesto složenijom jer gotovo sve mere imaju lošije performanse. Mera MAD dala je najbolje rezultate za kompletnu bazu i za deo baze sa slikama sa dve distorzije, dok je mera SFF pokazala najbolje performanse za slike sa jednostrukom degradacijom.

Tabela 1 – Koeficijenti korelacije rangova subjektivnih i objektivnih skorova kvaliteta na opisanim bazama slika

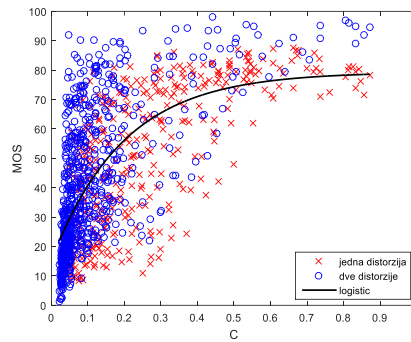
Redni broj	SROCC	LIVE MD			IVL			MDID		
		Jednostruke degradacije	Višestruke degradacije	Kompletna baza	Jednostruke degradacije	Višestruke degradacije	Kompletna baza	Jednostruke degradacije	Višestruke degradacije	Kompletna baza
1	PSNR	0.8039	0.4469	0.6771	0.8675	0.6136	0.7218	0.5113	0.4858	0.5784
2	UIQI	0.8612	0.6697	0.8149	0.7016	0.7312	0.7312	0.7706	0.7624	0.8182
3	SSIM	0.9102	0.7381	0.8604	0.8457	0.7966	0.8176	0.8592	0.7832	0.8328
4	MS-SSIM	0.9061	0.6941	0.8363	0.8515	0.8274	0.8357	0.8181	0.7830	0.8296
5	IW-SSIM	0.9220	0.7804	<b>0.8836</b>	0.8846	0.8588	0.8493	0.8321	0.8621	0.8910
6	GMSD	0.9152	0.7144	0.8448	0.8905	0.8210	0.8207	0.8770	0.8193	0.8613
7	GMSM	0.9119	0.6980	0.8378	0.8873	0.8602	0.8521	0.8519	0.7922	0.8414
8	FSIM	0.9081	0.7465	0.8635	0.8714	0.8585	0.8415	0.8636	0.8538	0.8872
9	FSIMc	0.9095	0.7517	0.8665	0.8865	0.8613	0.8434	0.8697	0.8576	0.8904
10	GSM	0.9086	0.7152	0.8454	0.8821	0.8485	0.8468	0.8038	0.7597	0.8137
11	ADM	0.9152	0.7883	0.8815	0.8708	0.8490	0.8352	0.8212	0.7730	0.8186
12	VIF	0.8963	0.7793	0.8823	0.9367	0.8381	0.8254	0.8715	<b>0.9102</b>	<b>0.9306</b>
13	VIFp	0.8911	0.6919	0.8367	0.8895	0.7711	0.8097	0.8298	0.8435	0.8770
14	MAD	0.9096	0.7618	0.8646	0.8998	<b>0.8644</b>	<b>0.8587</b>	0.6623	0.6529	0.7249
15	VSI	0.9061	0.7045	0.8413	0.9366	0.8268	0.8335	0.8705	0.8121	0.8569
16	MDSI	0.9159	0.7370	0.8586	0.9100	0.8376	0.8412	0.8645	0.7858	0.8359
17	CVSSI	<b>0.9276</b>	<b>0.7901</b>	0.8782	0.8910	0.8489	0.8331	0.8472	0.8215	0.8636
18	MCSD	0.9193	0.7347	0.8517	0.9107	0.8370	0.8324	0.8651	0.8001	0.8451
19	SRSIM	0.9098	0.7583	0.8666	0.9035	0.8347	0.8339	0.8135	0.8121	0.8521
20	SFF	0.8941	0.7609	0.8700	<b>0.9375</b>	0.8535	0.8436	0.8122	0.7967	0.8396
21	SCDM	0.8930	0.6099	0.7873	0.9028	0.7938	0.8123	0.8773	0.7749	0.8245
22	RVSIM	0.9162	0.7541	0.8687	0.8952	0.8517	0.8395	<b>0.8810</b>	0.8516	0.8835
23	PAMSE	0.8629	0.4557	0.7413	0.9010	0.7575	0.7945	0.1931	0.4985	0.5717
24	RSEI	0.7013	0.4035	0.6095	0.8283	0.5302	0.6617	0.5838	0.4450	0.5619
25	Q	0.8788	0.6240	0.7948	0.8271	0.7792	0.6915	0.8053	0.7821	0.8356
26	Q <sub>w1</sub>	0.8924	0.7042	0.8355	0.8630	0.7790	0.6986	0.8481	0.8152	0.8600
27	Q <sub>w2</sub>	0.8923	0.6720	0.8224	0.8431	0.7649	0.6920	0.8370	0.7994	0.8472
28	C	0.6708	0.7089	0.8029	0.7049	0.7126	0.6946	0.7275	0.8457	0.8767

Mera VIF je pokazala veoma visok stepen slaganja sa subjektivnim skorovima slika iz MDID baze slika, gde je značajna razlika u odnosu na ostale mere kada se posmatraju samo slike sa višestrukim degradacijama. Nešto niži stepen slaganja sa subjektivnim skorovima mera VIF je pokazala na slikama sa jednostrukom degradacijom, gde je mera RVSIM pokazala za nijansu bolje performanse.

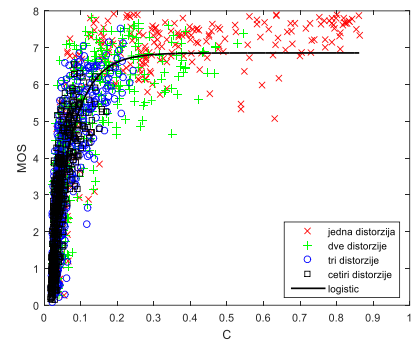
Mera RSEI pokazala je najlošije performanse na sve tri korišćene baze slika, kako na globalnom planu tako i na slikama sa višestrukim degradacijama. Pored toga što je mera RSEI pokazala nizak koeficijent korelacije sa subjektivnim skorovima ova mera je značajno računarski zahtevnija od svih ostalih testiranih objektivnih metrika.



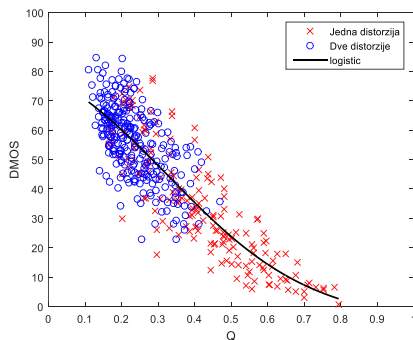
(a) LIVE MD



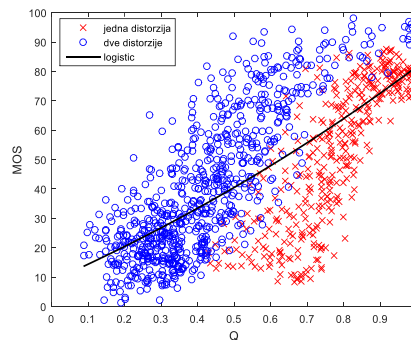
(b) IVL



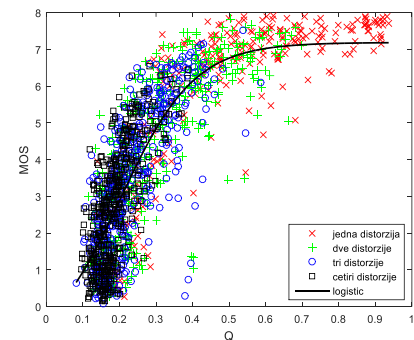
(c) MDID



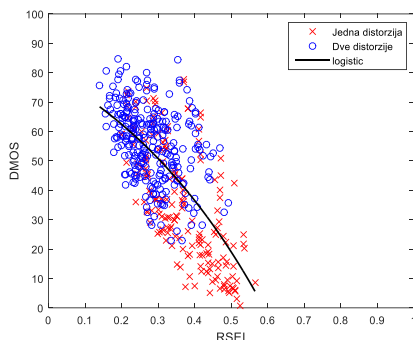
(d) LIVE MD



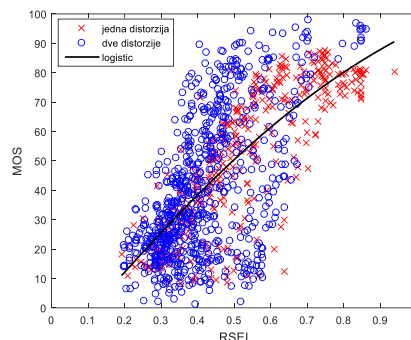
(e) IVL



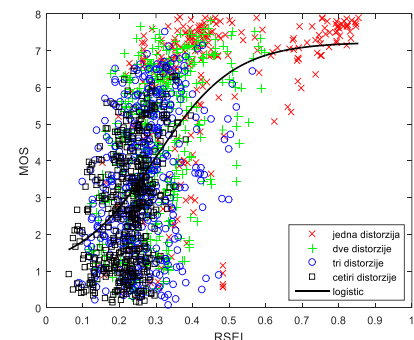
(f) MDID



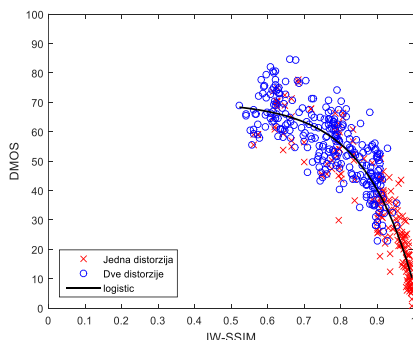
(g) LIVE MD



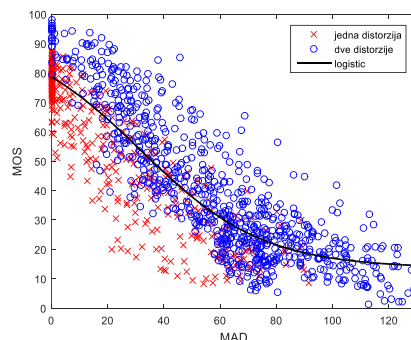
(h) IVL



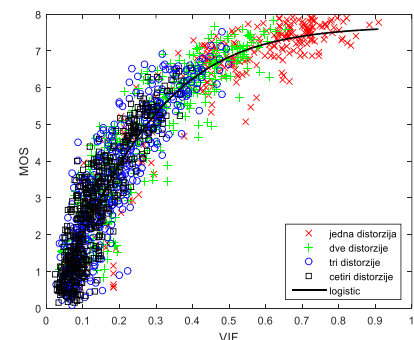
(i) MDID



(j) LIVE MD



(k) MAD



(l) MDID

Slika 2. Dijagrami rasipanja subjektivnih i objektivnih skorova kvaliteta na sve tri baze slika

Na slici 2 su prikazani dijagrami rasipanja subjektivnih i objektivnih skorova za nekoliko objektivnih mera (svaka tačka predstavlja jednu test sliku). Za sve tri korišćene baze, prikazani su rezultati za meru sa najboljim performansama (slike (j), (k) i (l)), meru sa najlošijim performansama (slike (g), (h) i (i)) i mere  $C$  (slike (a), (b) i (c)) i  $Q$  (slike (d), (e) i (f)). Na slikama (a), (d), (g) i (j) dati su rezultati dobijeni na bazi LIVE MD, slike (b), (e), (h) i (k) ilustruju rezultate na IVL bazi i na slikama (c), (f), (i) i (l) su prikazani dijagrami za bazu MDID. Očigledno je veće rasipanje skorova kod RSEI mere na sve tri baze slika u odnosu na ostale prikazane mere. Manje je rasipanje skorova u odnosu na logističku krivu kada se posmatraju mere koje imaju najbolje performanse na sve tri baze slika. Kod mera  $C$  i  $Q$  rasipanje skorova je između najbolje i najlošije mere što potpuno odgovara dobijenim numeričkim rezultatima. Generalno, rasipanje skorova je veće kod IVL, nego kod preostale dve baze slika.

Posmatrajući dijagrame rasipanja na slici 2, može se uočiti određena pravilnost u rasporedu skorova u odnosu na broj degradacija koje se javljaju na jednoj slici. Kod LIVE MD baze slika, slike sa dve distorzije (plave tačkice) imaju vrednosti koje odgovaraju lošijem kvalitetu slike i kada se te vrednosti posmatraju u odnosu na slike sa jednom distorzijom (crvene tačkice) jasno je da višestruke degradacije značajno utiču na kvalitet slike. Slično se uočava i na dijagramima rasipanja kod MDID baze slika. Sa povećanjem broja degradacija skorovi se sve više pomeraju ka vrednostima sa lošijim kvalitetom slike. Tako su slike sa četiri degradacije (crne tačkice) koncentrisane oko vrednosti sa lošijim kvalitetom slike i kako se smanjuje broj degradacija na slikama skorovi se blago pomeraju ka vrednostima sa boljim kvalitetom (najpre grupe plavih tačkica, pa zelenih i crvenih sa vrednostima najboljeg kvaliteta slika). Kod IVL baze slika navedena pravilnost nije izražena, pa se i tu može tražiti razlog nešto niže korelacije sa subjektivnim ocenama na nivou kompletne baze u odnosu na LIVE MD i MDID bazu.

Mere  $C$  i  $Q$  su pokazale prosečne rezultate kada se posmatraju sve analizirane metrike. Slični rezultati su dobijeni u sve tri analizirane baze i na podskupovima slika sa jednom i više distorzija u odnosu na ostale mere. Mera  $C$  je pokazala jednu zanimljivu osobinu u sve tri testirane baze koju nijedna druga mera nije pokazala, a to

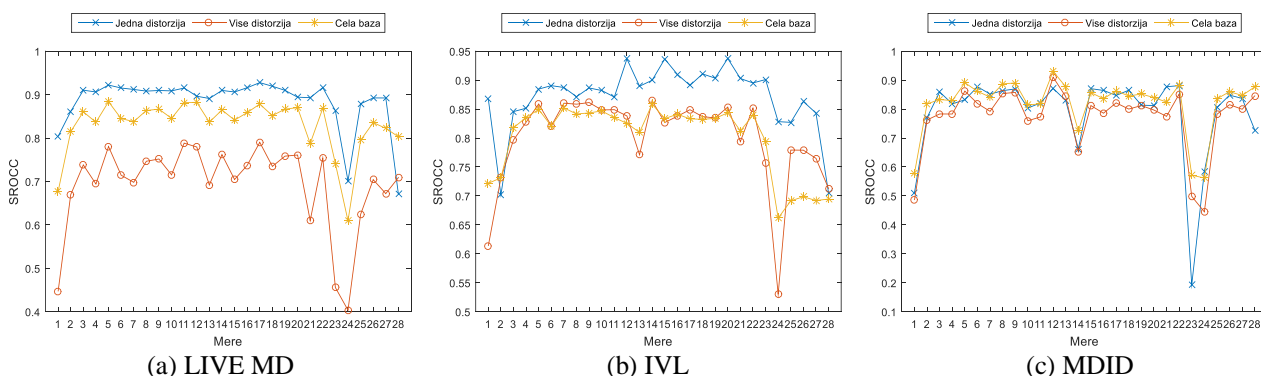
je da je u svim slučajevima stepen slaganja sa subjektivnim skorovima veći na slikama sa više degradacija u odnosu na slike sa jednom degradacijom. Poboljšanje stepena slaganja subjektivnih skorova i skorova dobijenih merom  $C$  moguće je dobiti promenom dimenzije bloka prilikom izračunavanja koeficijenta diskretne kosinusne transformacije [21], s obzirom da je u radu korišćena samo dimenzija bloka 8x8 piksela.

Na slici 3 su prikazani odnosi koeficijenta korelacije rangova subjektivnih i objektivnih procena kvaliteta za slike sa jednostrukom degradacijom, višestrukim degradacijama i na globalnom nivou za sve tri korišćene baze slika. Redni brojevi na  $x$  osi na graficima sa slike 3 odgovaraju rednim brojevima mera iz tabele 1.

Slika 3(a) ilustruje odnos korelacija subjektivnih i objektivnih estimacija za LIVE MD bazu. Jasno se uočava da je kod svih mera najveći stepen slaganja subjektivnih i objektivnih skorova na podskupu slika sa jednom distorzijom, koji je znatno niži za slike sa dve degradacije, dok su rezultati dobijeni za kompletnu bazu između navedena dva rezultata. Jedino odstupanje daje mera  $C$  koja ima najmanju korelaciju sa subjektivnim skorovima za podskup slika sa jednostrukom degradacijom u odnosu na slike sa dve degradacije i na celokupnu bazu.

Kod IVL baze slika, čiji su odnosi koeficijenta korelacije prikazani na slici 3(b), nisu jasno razdvojeni svi podskupovi slika. I dalje je gotovo za sve mere najviši stepen slaganja za slike sa jednom degradacijom, dok su rezultati za kompletnu bazu i za slike sa dve degradacije dosta ujednačeniji za razliku od baze LIVE MD. Pored mera  $C$  koja na sve tri baze ima bolju korelaciju za slike sa više degradacija u odnosu na jednu, kod IVL baze to je slučaj i za meru pod rednim brojem dva, UIQI.

Na slici 3(c) su prikazani rezultati dobijeni na MDID bazi slika. Za razliku od rezultata na dve preostale baze, ovde nema jasnog razdvajanja koeficijenta korelacije za određene podskupove slika, već sve mere imaju približne rezultate za sva tri podskupa slika. S obzirom da kod ove baze postoje slike koje su degradirane sa dve, tri i četiri degradacije, za očekivat je da se rezultati razlikuju u odnosu na druge dve baze slika. Međusobni uticaji degradacija na kvalitet slika u ovoj bazi još više dolaze do izražaja [27].



Slika 3. Korelacija subjektivnih i objektivnih skorova kvaliteta na podskupovima slika sa jednom i sa više distorzija

#### 4. ZAKLJUČAK

Značajan je uticaj višestrukih degradacija na kvalitet slika što su pokazale procene dobijene i subjektivnom i objektivnom evaluacijom. Sve testirane objektivne mere su razvijane i optimizovane u odnosu na baze slika koje imaju slike degradirane samo jednom degradacijom pa su stoga njihove performanse na slikama sa višestrukim degradacijama nešto slabije. Sa povećanjem broja degradacija na jednoj slici još je veći značaj utvrđivanja međusobnog uticaja koje degradacije izazivaju međusobno, kao i redosled dodavanja degradacija u sliku.

U daljem radu planira se dalje poboljšanje mera za procenu kvaliteta slika sa višestrukim degradacijama, koristeći osobine diskretne kosinusne transformacije i uvođenjem predfiltracije i skaliranja u već razvijane mere korišćene u ovom radu.

#### ZAHVALNICA

Ovo istraživanje je deo projekta VA-TT/1-17-19, podržanog od strane Ministarstva odbrane Republike Srbije.

#### LITERATURA

[1] Wang, Z. and Bovik, A.C., "A universal image quality index." *IEEE Signal Processing Letters*, Vol. 9, No. 3, pp. 81-84, March, 2002.

[2] Wang, Z., Bovik, A.C., Sheikh, H.R. and Simoncelli, E.P., "Image quality assessment: from error visibility to structural similarity." *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 13, No. 4, pp. 600-612, 2004.

[3] Wang, Z., Simoncelli, E.P. and Bovik, A.C., "Multiscale structural similarity for image quality assessment." *Conference Record of the 37<sup>th</sup> Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers*, pp. 1398-1402, November 2004.

[4] Wang, Z. and Li, Q., "Information content weighting for perceptual image quality assessment." *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 20, No. 5, pp. 1185-1198, 2011.

[5] Xue, W., Zhang, L., Mou, X. and Bovik, A.C., "Gradient magnitude similarity deviation: A highly efficient perceptual image quality index." *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 23, No. 2, pp. 684-695, 2014.

[6] Zhang, L., Zhang, L., Mou, X. and Zhang, D., "FSIM: A feature similarity index for image quality assessment." *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 20, No. 8, pp. 2378-2386, 2011.

[7] Liu, A., Lin, W. and Narwaria, M., "Image quality assessment based on gradient similarity." *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 21, No. 4, pp. 1500-1512, 2012.

[8] Li, S., Zhang, F., Ma, L. and Ngan, K.N., "Image quality assessment by separately evaluating detail losses and additive impairments." *IEEE Transactions on Multimedia*, Vol. 13, No. 5, pp. 935-949, 2011.

[9] Sheikh, H.R. and Bovik, A.C., "Image information and visual quality." *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 15, No. 2, pp. 430-444, 2006.

[10] Larson, E.C. and Chandler, D.M., "Most apparent distortion: A dual strategy for full-reference image quality assessment." *International Society for Optics and Photonics*, Vol. 7242, pp. 72420S, January 2009.

[11] Zhang, L., Shen, Y. and Li, H., "VSI: A visual saliency-induced index for perceptual image quality assessment." *IEEE*

*Transactions on Image Processing*, Vol. 23, No. 10, pp. 4270-4281, 2014.

[12] Nafchi, H.Z., Shahkolaei, A., Hedjam, R. and Cheriet, M., "Mean deviation similarity index: Efficient and reliable full-reference image quality evaluator." *IEEE Access*, Vol. 4, pp. 5579-5590, 2016.

[13] Jia, H., Zhang, L. and Wang, T., "Contrast and visual saliency similarity-induced index for assessing image quality." *IEEE Access*, Vol. 6 pp. 65885-65893, 2018.

[14] Wang, T., Zhang, L., Jia, H., Li, B. and Shu, H., "Multiscale contrast similarity deviation: An effective and efficient index for perceptual image quality assessment." *Signal Processing: Image Communication*, Vol. 45, pp. 1-9, 2016.

[15] Zhang, L. and Li, H., "SR-SIM: A fast and high performance IQA index based on spectral residual." *Proc. of the 19th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, pp. 1473-1476, 2012.

[16] Chang, H. W., Yang, H., Gan, Y. and Wang, M. H., "Sparse feature fidelity for perceptual image quality assessment." *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 22, No. 10, pp. 4007-4018, 2013.

[17] Bae, S.H. and Kim, M., "A novel image quality assessment with globally and locally consistent visual quality perception." *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 25, No. 5, pp. 2392-2406, 2016.

[18] Xue, W., Mou, X., Zhang, L. and Feng, X., "Perceptual fidelity aware mean squared error." *Proc. of the IEEE International Conference on Computer Vision*, pp. 705-712, 2013.

[19] Yang, G., Li, D., Lu, F., Liao, Y. and Yang, W., "RVSIM: a feature similarity method for full-reference image quality assessment." *EURASIP Journal on Image and Video Processing*, 2018(1), 6, 2018.

[20] Lu, T., Wang, J., Zhou, H., Jiang, J., Ma, J. and Wang, Z., "Rectangular-normalized superpixel entropy index for image quality assessment." *Entropy*, 2018, 20(12), 947.

[21] Stojanović, N., Bondžulić, B. and Mikluc, D., "Procena kvaliteta slike analizom promene kontrasta," XXI naučna i biznis konferencija YUINFO 2015, Zbornik radova, str. 200-205, Kopaonik, Srbija, 2015.

[22] Bondžulić, B. and Petrović, V., "Edge-based objective evaluation of image quality." *18th IEEE International Conference on Image Processing*, pp. 3305-3308, 2011.

[23] Jayaraman, D., Mittal, A., Moorthy, A.K. and Bovik, A.C., "Objective quality assessment of multiply distorted images," *Conference Record of the 46<sup>th</sup> Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers*, pp. 1693-1697, November, 2012.

[24] Corchs, S. and Gasparini, F., "A multidistortion database for image quality," *International Workshop on Computational Color Imaging*, Springer, Cham, pp. 95-104, March, 2017.

[25] Corchs, S., Gasparini, F. and Schettini, R., "Noisy images-JPEG compressed: subjective and objective image quality evaluation," *Image Quality and System Performance XI*, vol. 9016, pp. 90160V, International Society for Optics and Photonics. February, 2014.

[26] Sun, W., Zhou, F. and Liao, Q., "MDID: A multiply distorted image database for image quality assessment," *Pattern Recognition* 61, pp. 153-168, 2017.

[27] Stojanović, N., Bondžulić, B., Stojanović, I. and Petrović V., "Procena kvaliteta zamrljanih i JPEG komprimovanih slika," 62. Konferencija za elektroniku, telekomunikacije, računarstvo, automatiku i nuklearnu tehniku, ETRAN 2018, Zbornik radova, str. 219-224, Palić, Srbija, 2018.



# POREĐENJE ALGORITAMA MAŠINSKOG UČENJA NA PRIMERU KLASIFIKACIJE VOZAČA

## A COMPARISON OF MACHINE LEARNING ALGORITHMS ON THE EXAMPLE OF DRIVER CLASSIFICATION

Valentina Ljubisavljević<sup>1</sup>, Mladen Lukić<sup>1</sup>, Pavle Milošević<sup>1</sup>, Aleksandar Rakićević<sup>1</sup>, Mihailo Stupar<sup>1</sup>  
*Fakultet organizacionih nauka<sup>1</sup>*

**Sadržaj** – U ovom radu prikazano je poređenje različitih algoritama mašinskog učenja na primeru klasifikacije vozača prema tipu vozila kojim su upravljali prilikom. Problem ispitivanja ponašanja vozača je problem koji je tema mnogobrojnih naučnih istraživanja. Neka od ovih istraživanja se fokusiraju na poboljšanje bezbednosti u saobraćaju i prevenciju nezgoda, dok se druga bave identifikacijom vozača i sprečavanjem prevare u korišćenju osiguranja od autoodgovornosti. Pritom, neophodni podaci su prikupljeni na različite načine. U ovom istraživanju obrađivali smo podatke prikupljene putem senzora u pametnim telefonima, kako bismo izvršili klasifikaciju vozača pomoću izabranih algoritama. Naš glavni cilj jeste da uporedimo rezultate koje su različiti algoritmi mašinskog učenja postigli, kako bismo izabrali najbolji algoritam za rešavanje ovoga problema.

**Abstract** – In this paper, we present the comparison of different machine learning algorithms on the example of driver classification regarding the vehicle type the driver operates. The problem of identifying driver behavior is one of the problems which found its place in many various scientific researches. Some of researches focus on securing the safety in the traffic and the prevention of traffic accidents, while the others concentrate on preventing fraudulent actions during using the automobile liability insurance by identifying individual drivers as such. The research data has been collected in various ways. In our research, we processed the data collected using sensors in smart telephones adequately, thus being able to classify drivers with the use of the chosen algorithms. Our main goal here is to be able to compare the results achieved by these algorithms, in order to select the best algorithm for the solution of this kind of problem.

### 1. UVOD

Od povreda zadobijenih prilikom saobraćajnih nesreća godišnje strada preko 1,2 miliona ljudi širom sveta. One su vodeći uzrok smrti mladih između 15 i 29 godina i koštaju države čak 3% bruto domaćeg proizvoda [1]. Kako pitanje bezbedne vožnje predstavlja jedno od popularnijih pitanja u istraživačkoj zajednici već decenijama unazad, svedoci smo sve češće upotrebe savremenih tehnologija (npr. različitih pametnih uređaja sa sensorima poput žiroskopa i akcelerometra) prilikom rešavanja problema vezanih za vožnju [2]. U poslednje vreme primetan je trend sve veće upotrebe tehnika mašinskog učenja u ovoj oblasti [3].

Iako je ovo pitanje interesantno kako za kompanije, tako i za akademsku zajednicu, nedostatak adekvatnih podataka o samim vožnjama donekle onemogućava velike napretke na tom polju [4]. Podaci o vožnjama se najčešće skupljaju putem različitih upitnika o iskustvima prilikom vožnje koje popunjavaju sami vozači, zatim putem simulatora vožnje, ili prikupljanjem podataka prilikom vožnje u realnim vozilima, što se naziva Naturalističkom studijom vožnje [4]. Ekspanzija upotrebe pametnih telefona i mobilnih uređaja koji sadrže različite tipove senzora omogućila je jeftin i lak način za pribavljanje podataka tokom vožnje [4]. Tome doprinosi sve veća popularnost koju internet stvari (eng. *Internet of Things, IoT*) tehnologija ima u akademskom, ali i industrijskom svetu [5].

Pristupi analiziranju karakteristika vozača se razlikuju po načinu prikupljanja podataka, korišćenim tehnikama, kao i po samim ciljevima koje ova istraživanja imaju. Ciljeviovih istraživanja su vrlo raznovrsni i kreću od identifikovanja određenih situacija koje nastaju u saobraćaju, do identifikovanja samih vozača na osnovu njihovih karakteristika. U radu [6] obrađivan je problem klasifikacije vozača u realnim scenarijima vožnje upotrebom *CAN-Bus (Controller Area Network)* vozila. U [7], autori se bave problemom klasifikacije vozača na početnike i profesionalne vozače upotrebom dubokih neuronskih mreža na podacima prikupljenim preko simulatora vožnje. U [8] se predlaže fazi neuronska mreža za pronalaženje individualnih pravila vožnje vozača koja karakterišu njegovo ponašanje. Sve je češća primena pametnih telefona za prikupljanje podataka putem senzora sa ciljem da se prepozna vozilo kojim je vozač upravljao. Nad tako prikupljenim podacima se koriste različiti algoritmi za klasifikaciju, npr. u [9] koristi se algoritam slučajnih šuma, a u [10] se pored njega koristi i metoda potpornih vektora, kao i naivni Bajesov klasifikator. Metoda potpornih vektora nad podacima prikupljenim mobilnim telefonima korišćena je i u [11] na klasifikovanje šetnje i trčanja. U [12] se vozači klasifikuju po njihovim stilovima vožnje pomoću podataka prikupljenih preko inercionih senzora mobilnih telefona, dok se u [13] vrši klasifikacija vožnje autobusom na normalnu i agresivnu pomoću metode potpornih vektora i podataka koje nam daje akcelerometar senzor iz pametnih telefona.

Cilj ovog rada je poređenje rezultata različitih mašinskih algoritama za binarnu klasifikaciju vožnji automobilom i vožnji autobusom. Za prikupljanje podataka korišćena je android aplikacija. Sami podaci prilikom vožnje prikupljeni su putem senzora u pametnim telefonima

(akcelerometar, žiroskop, GPS i magnetometar), a potom su dodatno obrađeni na odgovarajući način kako bi se omogućilo samo klasifikovanje. Tehnike mašinskog učenja koje su korišćene za klasifikaciju su veštačka neuronska mreža, metoda potpornih vektora i stablo odlučivanja. Kako su njihove prirode različite, smatramo da je moguće adekvatno uporediti njihov učinak kada je problem klasifikacije vozača u pitanju.

Rad je organizovan na sledeći način: u 2. poglavlju dat je kratak opis korišćenih algoritama, kao i načina na koji dolaze do rešenja; u 3. poglavlju prikazan je sam tok eksperimenta, kao i šta svaka faza eksperimenta podrazumeva; 4. poglavlje zaključuje ovaj rad i u njemu su dati glavni zaključci.

## 2. METODE

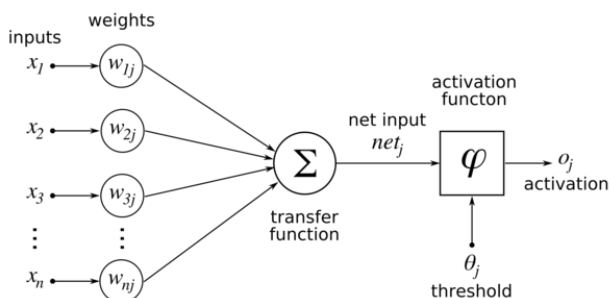
Veštačka neuronska mreža predstavlja sistem povezanih elemenata u programu (čvorova, neurona), koji obrađuju podatke na način koji imitira operacije koje obavljaju neuroni u mozgu [14].

### 2.1. Veštačka neuronska mreža

Neuronska mreža (NM) se sastoji od neurona, koji su raspoređeni u slojeve. Svaka mreža sadrži jedan ulazni sloj koji prima ulaze mreže i jedan izlazni sloj iz kog se dobija konačni izlaz mreže. Pored ulaznog i izlaznog sloja, mreža može da sadrži i jedan ili više skrivenih slojeva, gde svaki od njih može da sadrži različit broj neurona. Prilikom obučavanja, ulazni vektor  $X=[x_1, \dots, x_n]$  se množi vektorom težinskih koeficijenata  $W_j=[w_{1j}, \dots, w_{nj}]$ , i tako dobijena konstrukcija se šalje u sabirač. Neuronu može biti pridružena i određena pristrasnost  $b_j$ , koja je zadužena za pomeranje transformacione funkcije udesno ili ulevo, kako bi mreža uspešno učila na datom problemu [14]. Izlaz iz sabirača  $net_j$  se potom procesira transformacionom funkcijom  $\varphi$ , koja produkuje skalarni neuronski izlaz  $o_j$  tako što poredi izlaz mreže sa određenim pragom  $\theta_j$ . Izlaz same mreže dobija se na sledeći način:

$$a = \varphi(W_j \cdot X + b_j) \quad (1)$$

gde  $\varphi$  predstavlja transformacionu funkciju koja može biti logistička ili sigmoidna funkcija, zatim hiperbolička tangens funkcija, kao i rektifikovana linearna funkcija. Na Slici 1 možemo videti prikaz jedne ovakve mreže.



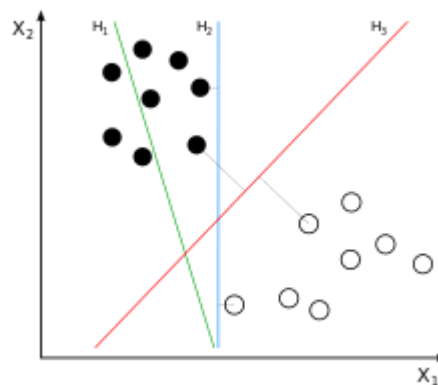
Slika 1: Veštački neuron

U procesu obučavanja mreže vrednosti vektora težina i pristrasnosti se menjaju na osnovu pravila učenja mreža [14]. Pravilo učenja korišćeno u ovom radu naziva se pravilo propagacije signala unazad (eng. *backpropagation rule*), pomoću kog mreža uči tako što menja težine na osnovu greške koja se iz izlaznog sloja prenosi u skrivene slojeve [7].

### 2.2. Metoda potpornih vektora

Metoda potpornih vektora (SVM) je jedna od metoda nadgledanog učenja koja se može koristiti za probleme klasifikacije i regresije. Ovaj algoritam je prvobitno nastao za rešavanje problema binarne klasifikacije [15].

Formalno, metoda potpornih vektora konstruiše jednu ili više hiper-ravni u višedimenzionalnom prostoru, pri čemu je cilj pronaći hiper-ravan koja ima najveću udaljenost od najbližih tački bilo koje klase. Ukoliko se posmatra margina kao udaljenost najbližih elemenata dve različite klase, optimalna hiper-ravan prolazi kroz sredinu takve margine. Postoji dve vrste margine, tvrda i meka. Kod tvrde margine nije dozvoljeno pojavljivanje elemenata druge klase u prvoj i obrnuto. To znači da ovakva margina može da se koristi samo kod potpuno linearno-separabilnih problema [15]. Meka margina je način da se prevaziđe ovo ograničenje uz što manji procenat greške prilikom deljenja skupa podataka [16]. Na Slici 2 prikazan je primer binarne klasifikacije, gde linija  $H_3$  ima najveću marginu i vrši najbolju klasifikaciju. S druge strane, linija  $H_2$  takođe uspešno klasifikuje instance, ali sa mnogo manjom marginom.



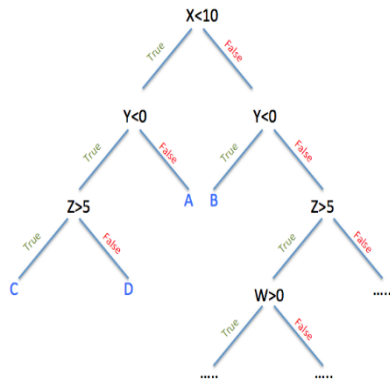
Slika 2: Metoda potpornih vektora

Parametar koji se može optimizovati u ovom modelu je funkcija jezgra (eng. *kernel*). Funkcija jezgra se koristi za transformaciju podataka u drugu dimenziju radi lakšeg pronalazanja optimalne hiper-ravni. Najznačajnije funkcije jezgra su linearna, polinomijalna i gausova funkcija.

### 2.3. Stablo odlučivanja

Stablo odlučivanja (SO) je metoda za podršku odlučivanju koja koristi grafikon u obliku stabla za modelovanje i prikazivanje algoritama. U mašinskom učenju, ova metoda se može koristiti pri rešavanju problema klasifikacije i regresije. Glavna ideja je da se

odabrani atributi prikazu kao grane stabla, a zatim i pretvore u zaključke koji su prikazani listovima stabla [17]. Pravila odlučivanja su najčešće u formi ako-onda pravila i generišu se na osnovu ulaznih podataka. Što je stablo dublje, pravila postaju kompleksnija. Na Slici 3 prikazan je primer jednog takvog stabla.



Slika 3: Stablo odlučivanja

Stablo odlučivanja koje se koristi za binarnu klasifikaciju najčešće se naziva klasifikaciono stablo odlučivanja. Kod ovih stabala vrednost u listu pripada diskretnom skupu podataka. U čvorovima stabla nalazi se uslov za podelu podataka [17]. Na osnovu tog uslova rekursivno se kreira podstablo koje vrši dalju klasifikaciju. Parametar ovog algoritma koji se može optimizovati jeste funkcija kojom se meri kvalitet podela. Najčešće se koriste dve funkcije: džini (eng. *gini*) koeficijent i entropija. Takođe, može se optimizovati i dubina do koje će stablo ići, odnosno maksimalni nivo na kom se može naći list određenog stabla.

### 3. EKSPERIMENT

#### 3.1. Podaci

Izrada ovog projekta počela je fazom prikupljanja podataka putem android aplikacije razvijene u okviru kompanije *msg global solutions*. Faza prikupljanja podataka je trajala mesec dana. Prikupljeni podaci čuvani su delom u samim telefonima – podaci direktno prikupljeni sa senzora (25 promenljivih), a delom na serveru firme – određene izvedene promenljive (120 promenljivih). Konkretno, snimljeni su podaci za 55 vožnji od čega 26 vožnji autobusa, i 29 vožnji automobila. Ceo skup podataka sadrži 1.123.442 linije podataka.

Sledeća faza rada bila je pretprocesiranje i analiza podataka, kako bi se dobio pravi uvid u njihovu strukturu i prirodu. Takođe, primenjene su različite metode za vizuelizovanje podataka. U ovu svrhu korišćen je programski jezik MATLAB. Prvi problem sa kojim smo se u ovoj fazi suočili bio je postojanje nedostajućih vrednosti kod promenljivih prikupljenih pomoću GPS senzora. Ove promenljive su prikupljane jednom u sekundi, dok su se sa svih ostalih senzora uzorkovani 20 puta u sekundi. Da ne bi došlo do gubitka velikog dela

skupa podataka, odlučeno je da se nedostajuće vrednosti popune linearnom interpolacijom. Obzirom da je brzina kretanja najbitnija promenljiva prikupljena pomoću GPS senzora, zaključeno je da u okviru jedne sekunde ne može da dođe do naglog ubrzanja, pa naglog usporjenja, pa samim tim se uvodi pretpostavka da odabrani metod popunjavanja podataka nema negativan uticaj na buduće rezultate.

Na osnovu svih prikupljenih podataka, ekspertski je odabran skup od 18 atributa koje smo koristili kao ulazne promenljive za klasifikatore. Odabrani atributi se tiču brzine (minimalna, maksimalna i varijansa brzine), zatim ubrzanja po  $x$  i  $y$  osi, procenta prekoračenja brzine (prekoračenje od 10, 20 i 30 km/čas), kao i procenta vremena provedenog u stajanju i broja stajanja po kilometru i minutu. Određen broj atributa je izveden na osnovu dve ili više promenljive iz početnog skupa podataka. Zatim je, korišćenjem statističkih tehnika, ocenjena vrednost svakog atributa tako da ima jednu vrednost za jednu vožnju, čime smo naš skup podataka sveli na 55 instanci sa 18 promenljivih, odnosno po liniju za svaku vožnju koju želimo da klasifikujemo.

Ovaj skup promenljivih je potom dodatno obrađen, kako bi se uklonile moguće redundantne promenljive. Redukcija broja promenljivih vršena je na osnovu matrice korelacije ulaznih promenljivih. Od promenljivih čija je apsolutna vrednost koeficijenta korelacije veća od 0.8, odabrana je jedna koja će biti dalje korišćena u modelu. Izdvajaju se dve grupe promenljivih koje imaju visoku međusobnu korelaciju. To su grupa promenljivih koja opisuje brzinu i grupa promenljivih koja pokazuju različite nivoe prekoračenja preko dozvoljene brzine. Iz prve grupe zadržana je maksimalna brzina, dok je iz druge grupe zadržana promenljiva koja opisuje bilo kakvo postojanje prekoračenja brzine. Redukovani skup podataka se sastoji od 13 promenljivih.

#### 3.2. Parametri

Po završetku rada na pripremi podataka, instance su slučajno podeljene u odnosu 70:30 na skup podataka za obučavanje algoritama i skup podataka za testiranje. Dalji koraci u eksperimentu rađeni su u programskom jeziku *python*.

Cilj prvog dela eksperimenta je odabrati najbolju postavku parametara za svaki klasifikator. Ovo je rađeno na skupu podataka za treniranje pomoću petostruke unakrsne validacije (eng. *5-fold cross-validation*).

Za samu optimizaciju parametara modela korišćeni su parametrmodela i isprobane su različite kombinacije kako bismo došli do najboljeg rešenja. Ti parametri za neuronsku mrežu jesu broj skrivenih slojeva i neurona u njima (1-3 skrivena sloja, sa po 5-30 neurona u njima), kao i različite transformacione funkcije (logistička, tangens hiperbolička (*tanh*) i rektifikovana linearna (*relu*) funkcija). Kod metode potpornih vektora isprobane su različite funkcije jezgra (linearna, polinomijalna, gausova funkcija). Pri primeni stabla odlučivanja optimizovana je

funkcija kojom se meri kvalitet podele (džini i entropija). Algoritmi su obučavani sa svakom kombinacijom ovih parametara, uz upotrebu petostruke unakrsne validacije za određivanje najboljih kombinacija parametara.

### 3.3. Obučavanje odabranih algoritama i optimizacija vrednosti parametara

U Tabeli 1 prikazani su rezultati dobijeni prilikom optimizacije algoritama pomoću petostruke unakrsne validacije. Kada je u pitanju neuronska mreža, zbog velikog broja kombinacija parametara izabran je prikaz od po 2 arhitekture mreže koje imaju najveću tačnost za svaku od transformacionih funkcija. Ove kombinacije su birane na osnovu postignute tačnosti, ali i po jednostavnosti arhitekture sa kojom je data tačnost postignuta.

Tabela 1: Rezultati obučavanja radi optimizacije parametara na celom skupu podataka

Metoda	Parametri		Tačnost
SVM	<i>funkcija jezgra</i>		
	<b>linearna</b>		<b>0.9</b>
	polinomijalna		0.87
	gausova		0.79
SO	<i>funkcija kvaliteta podele</i>		
	<b>džini</b>		<b>0.93</b>
	entropija		0.93
NM	<i>broj neurona</i>	<i>transformaciona funkcija</i>	
	10x10x10	relu	0.9
	20x20x20	relu	0.87
	20	tanh	0.91
	30x30	tanh	0.93
	5x5	logistička	0.9
	<b>15</b>	<b>logistička</b>	<b>0.91</b>

Pri Analizi rezultate primećeno je da funkcija jezgra kod metode potpornih vektora pravi veliku razliku u tačnosti na podacima za treniranje algoritama. Najbolji rezultati su dobijeni pri primeni linearne funkcije jezgra, koja je na delu podataka za treniranje imala tačnost od 90%, pa je tako odabrana za testiranje. Polinomijalna funkcija je takođe dala zavidne rezultate, dok se gausova funkcija jezgra pokazala znatno lošije. Što se tiče stabla odlučivanja, izbor funkcija koja određuje kvalitet podele skupa podataka nije imala uticaj na rezultate modela, obrzirom da su obe funkcije na delu podataka za treniranje dale tačnost od 93%. Teoretski, ove dve funkcije prave razliku u performansama stabla odlučivanja kod 2% slučajeva. S obzirom da entropija zahteva računanje logaritamske funkcije koja je računarski zahtevna, odabrali smo da koristimo džini funkciju na podacima za testiranje [19]. Kada je u pitanju neuronska mreža, pokazalo se da se rezultati tačnosti kreću oko 90% za sve funkcije i različite kombinacije broja skrivenih slojeva i neurona u njima. Interesantno je primetiti da su se rezultati pokazali bolje kod jednostavnijih arhitektura mreže. Tako je na podacima za testiranje odabrana da se koristi arhitektura koja sadrži

samo jedan skriveni sloj sa 15 neurona u njemu i koristi logističku transformacionu funkciju. Neuronska mreža sa ovakvom topologijom je na skupu podataka za obučavanje postigla tačnost od 91%. Ovo nije maksimalna tačnost postignuta u eksperimentu, ali smo se odlučiti za ovu mrežu pre svega zbog njene jednostavnosti.

U Tabeli 2 prikazani su rezultati dobijeni prilikom optimizacije algoritama pomoću petostruke unakrsne validacije na redukovanom skupu podataka na osnovu korelacione matrice. Kombinacije parametara za neuronsku mrežu su birane na isti način kao i prilikom rada na celom skupu podataka.

Tabela 2: Rezultati obučavanja radi optimizacije parametara na redukovanom skupu podataka

Metoda	Parametri		Tačnost
SVM	<i>funkcija jezgra</i>		
	<b>linearna</b>		<b>0.95</b>
	polinomijalna		0.88
	gausova		0.80
SO	<i>funkcija kvaliteta podele</i>		
	<b>džini</b>		<b>0.87</b>
	entropija		0.87
NM	<i>broj neurona</i>	<i>transformaciona funkcija</i>	
	5	relu	0.88
	<b>20</b>	<b>relu</b>	<b>0.91</b>
	5	tanh	0.88
	10	tanh	0.88
	5	logistička	0.85
30	logistička	0.91	

Najpre se mora istaći da su rezultati na redukovanom skupu podataka istog reda veličine kao i u slučaju korišćenja celog skupa podataka. Time se potvrđuje ispravnim ideja, kao i način smanjenja broja ulaza u modele.

Može se primetiti da su rezultati postignuti prilikom treniranja na redukovanom skupu podataka kod neuronske mreže i stabla odlučivanja za nijansu slabiji od onih na celom skupu. Kod metode potpornih vektora tačnost se povećala u slučaju linearne jezgarne funkcije, pokazujući nešto veću osetljivost ove metode u odnosu na podatke. Ove tačnosti su i dalje zadovoljavajuće i prelaze prag od 85% u najvećem broju slučajeva. Primećuje se da sve izabrane kombinacije parametara neuronske mreže podrazumevaju izuzetno jednostavne arhitekture mreže, sa po jednim skrivenim slojem. Modeli koji su izabrani kao najbolji za dalje testiranje izabrani su na isti način kao i kod celokupnog skupa podataka. U slučaju metode potpornih vektora odabran je linearna funkcija jezgra. Kao i pri primeni celog skupa podataka, džini funkcija kvaliteta podele je odabrana za primenu algoritma stabla odlučivanja. Tačnost od 91% ostvarile su dve neuronske mreže. I u prethodnom slučaju, za dalju primenu biramo jednostavniju: mrežu sa jednim slojem od 20 neurona i rektifikovanom linearnom funkcijom.

### 3.4. Rezultati na delu podataka za test

U Tabeli 3 prikazani su rezultati koje su izabrani algoritmi postigli prilikom testiranja na celom skupu podataka. Dobijene tačnosti iznose oko 90% za svaki od njih. Kao što se da primetiti, rezultati ne odskaku mnogo od rezultata koji su algoritmi imali na skupu podataka za treniranje, što nam govori o kvalitetu modela koji su napravljeni.

Iz ovoga možemo zaključiti da se neuronska mreža najbolje pokazala prilikom testiranja, postizući tačnost od 94%. Međutim, ne treba zanemariti ni rezultat od 89% koje je imalo stablo odlučivanja, koje se, pre svega zbog svoje interpretabilnosti, može smatrati izuzetno pogodnom metodom za rešavanje ovog problema. Metoda potpornih vektora takođe pokazuje zavidnu tačnost od 88%, ali se zbog pomenute nestabilnosti njenih rezultata smatra za najslabiju od ovih metoda.

Tabela 3: Rezultati testiranja na celom skupu podataka

Metoda	Parametri		Tačnost
SVM	funkcija jezgra		0.88
	linearna		
DT	funkcija kvaliteta podele		0.89
	džini		
NM	broj neurona	transformaciona funkcija	0.94
	15	logistička	

U Tabeli 4 prikazani su rezultati koje su algoritmi postigli prilikom testiranja na redukovanom skupu podataka. I ovde se može primetiti da rezultati ne odskaku mnogo od rezultata na skupu podataka za treniranje.

Tabela 4: Rezultati testiranja na redukovanom skupu podataka

Metoda	Parametri		Tačnost
SVM	funkcija jezgra		0.88
	linearna		
DT	funkcija kvaliteta podele		0.89
	džini		
NM	broj neurona	transformaciona funkcija	0.88
	20	relu	

Sva tri algoritma su ovom prilikom imala rezultate od skoro 90%. Kako su postignute tačnosti algoritama skoro potpuno jednake, ovde kao najbolji algoritam možemo označiti stablo odlučivanja iz prethodno pomenutih razloga stabilnosti i interpretabilnosti.

Kada uporedimo postignute rezultate prilikom testiranja na celom i redukovanom skupu podataka, možemo primetiti da su oni u potpunosti isti kada su u pitanju metoda potpornih vektora i stablo odlučivanja. Jedino su kod neuronske mreže rezultati slabiji na redukovanom skupu podataka, ali je zato sa većom sigurnošću izbegnuta mogućnost pretreniranja (eng. *overfitting*) mreže. Time

potvrđujemo pretpostavku o potrebi redukovanja skupa podataka i uklanjanja redundantnih promenljivih.

### 4. ZAKLJUČAK

Kada je u pitanju rad na ovakvom problemu, sama adekvatnost podataka koji su neophodni za rad sa algoritmima mašinskog učenja predstavljaju najveći problem. Ipak, smatramo da smo na uspešan način uspeli da dođemo do potrebnog skupa podataka i tako i do izgradnje modela koji su u stanju da uspešno rade sa njima i čiji se rezultati mogu uporediti.

Sam problem klasifikacije vozača upotrebom ovih algoritama pokazao se kao relativno trivijalan problem za njih. Sve metode su bile u stanju da u dovoljnoj meri ispravno klasifikuju vozače i da se pokažu dobro prilikom testiranja, postizući tačnost od oko 90%, kako na celom, tako i na redukovanom skupu podataka. Kao što je već rečeno, neuronska mreža i stablo odlučivanja su se pokazali približno jednako po pitanju tačnosti i same stabilnosti rezultata, mada se stablo odlučivanja pokazalo bolje prilikom rada sa manjim brojem promenljivih. S obzirom na interpretabilnost koje stablo odlučivanja ima, zaključujemo da je ono najpogodniji algoritam za rešavanje ovog tipa problema.

### NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Ovo istraživanje je proisteklo iz saradnje sa kompanijom *msg global solutions*.

### LITERATURA

- [1] World Health Organization, Global Status Report on Road Safety, World Health Organization, Geneva, 2015.
- [2] Fazeen, M., Gozick, B., Dantu, R., Bhukhiya, M. and M. Gonzalez, "Safe Driving Using Mobile Phones", IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 13, No. 3, pp. 1462-1468, 2015.
- [3] Samuel, A. "Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers", IBM Journal of Research and Development, Vol 3, No. 3, pp. 210-229, 1959.
- [4] Romero, E., Bergasa, L. and R. Arroyo, "Need Data for Driver Behaviour Analysis? Presenting the Public UAH-DriveSet", Proceedings of the 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems Conference, pp. 387-392, Rio de Janeiro, 2016.
- [5] Atzori, A., Iera, A. and G. Morabito, "The Internet of Things: A survey", Computer Networks, Vol. 54, No. 15, pp. 2787-2805, 2010.
- [6] Choi, S. W., Kim, J. H., Kwak, D. G., Angititrukul, P. and J. Hansen, "Analysis and Classification of Driver behaviour using In-Vehicle CAN-Bus Information", Proceedings of the 3rd Biennial Workshop on DSP for In-vehicle and Mobile Systems, pp. 1-7, Istanbul, 2007.
- [7] Kim, J. H. Classifying Human Driving Behaviour via Deep Neural Networks, Thesis, Drexel University, 2017.

- [8] Chong, L., Abbas, M., Medina Flintsch, A. and B. Higgs, "A rule-based neural network approach to model driver naturalistic behaviour in traffic", *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol. 32, pp. 207-223, 2013.
- [9] Awais Shafique, M. and E. Hato, "Travel Mode Detection with Varying Smartphone Data Collection Frequencies", *Sensors*, Vol. 16, No. 5, 2016. doi:10.3390/s16050716
- [10] Bedogni L., Di Delice, M., and L. Bononi, "By Train or By Car? Detecting the User's Motion Type through Smartphone Sensors Data", *Proceedings of the 2012 IFIP Wireless Days Conference*, pp. 1-6, Dublin, 2012.
- [11] Nham, B., Siangliulue, K. and S. Yeung, Predicting mode of transport from iPhone accelerometer data, *Machine Learning Final Project*, Stanford University, 2008.
- [12] Van Ly, M., Martin, S., and M. M. Trivedi, "Driver classification and driving style recognition using inertial sensors", *Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, pp. 1040-1045, City of Gold Coast, 2013.
- [13] Vaitkus V., Žylius, G., and P. Lengvenis, "Driving Style Classification using Long-Term Accelerometer Information", *Proceedings of the 19th International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics*, pp. 641-644, Międzyzdroje, 2014.
- [14] Hagan, M. T., Demuth, H. B., and M. Beale, *Neural Network Design*, China Machine Press, Beijing, 2002.
- [15] Boser, B. E., Guyon, I. M., and V. N. Vapnik, "A training algorithm for optimal margin classifiers", *Proceedings of the 5th Annual ACM Workshop on Computational Learning Theory*, pp. 144-152, Pittsburgh, 1992.
- [16] Cortes, C. and V. Vapnik, "Support-vector networks", *Machine Learning*, Vol. 20, No. 3, pp. 273-297, 1995.
- [17] Quinlan, J. R. "Induction of decision trees", *Machine Learning*, Vol. 1, No.1, pp. 81-106, 1986.
- [18] InvenScience Inc. "Motion Sensors Introduction", 2018.
- [19] Raileanu, L. E. and K. Stoffel, "Theoretical comparison between the gini index and information gain criteria", *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*, Vol. 41, No. 1, pp. 77-93, 2004.

# PRIMENA BIG DATA KONCEPTA U CILJU PREVENCIJE KRIMINALNIH AKTIVNOSTI

## IMPLEMENTATION OF THE BIG DATA CONCEPT IN PREVENTION OF CRIMINAL ACTIVITIES

Aleksandra Vukmirović<sup>1</sup>, Jovanka Vukmirović<sup>2</sup>, Nebojša Dragović<sup>3</sup>, Stefan Radojičić<sup>4</sup>, Sofija Vukmirović<sup>2</sup>

*Beogradska poslovna škola Visoka škola strukovnih studija<sup>1</sup>*

*Fakultet organizacionih nauka Univerzitet u Beogradu<sup>2</sup>*

*Ministarstvo unutrašnjih poslova Republike Srbije<sup>3</sup>,*

*Ministarstvo pravde Republike Srbije<sup>4</sup>*

**Sadržaj** – Razvoj savremenih tehnologija i Big Data analitike omogućio je policijskim službenicima proaktivnu ulogu u prevenciji i otkrivanju budućih kriminalnih aktivnosti (po mestu i vremenu). Pojava savremenih informatičkih alata za obradu, pre svega, nestrukturiranih podataka otvorila je mogućnost primene metoda poslovne analitike u svakodnevnoj policijskoj praksi. Da bi se Big Data koncept u potpunosti implementirao u Republici Srbiji neophodno je sprovesti određeni broj aktivnosti na državnom nivou, počev od donošenja određenih strateških i pravnih akata. U radu se ukazuje na potencijal savremenih informaciono-komunikacionih rešenja u prevenciji i rešavanju kriminalnih radnji kroz analizu najuspešnijih primera iz prakse koji treba da ukažu donosiocima odluka na neophodnost što veće i hitnije primene Big Data tehnologija u savremenoj policijskoj praksi.

**Abstract** - The development of modern technology and Big Data analytics allowed the police officers playing a proactive role in the prevention and detection of future criminal activity (in place and on time). The emergence of modern information-communication tools, primarily unstructured data has opened the possibility of use of business analytics in everyday police practice. To Big Data concept is fully implemented in Republic of Serbia, it is necessary to implement a number of activities at the national level, starting from the adoption some strategic and legal documents. The potential of modern information and communication solutions in the prevention and resolution of criminal activity through analysis of the most successful examples of practices that should demonstrate to decision-makers on the necessity of greater and urgent implementation of Big Data technologies in modern policing practices are presented.

### 1. UVOD

Razvoj savremenih informacionih tehnologija (IKT) i Big Data analitike omogućio je policijskim službenicima proaktivnu ulogu u prevenciji i otkrivanju budućih kriminalnih aktivnosti (po mestu i vremenu) na bazi analize, kako strukturiranih tako i nestrukturiranih podataka. Mnogo je primera koji ukazuju na ogroman potencijal za implementaciju Big Data u ovoj oblasti. Policije širom sveta uveliko koriste alate kao što su Hadoop Spark da analiziraju različite postove koji se objavljuju na društvenim medijima za šta postoji veliki broj primera. Mobilna telefonija, odnosno GPS tehnologije je omogućila

da se analizom kretanja svakog pojedinca utvrdi njegov identitet, itd.

Da bi se Big Data koncept implementirao u svakodnevnoj policijskoj praksi neophodno je sprovesti određeni broj aktivnosti na državnom nivou, počev od donošenja određenih strateških i pravnih akata. Npr, Južna Koreja je još 2013. godine usvojila Nacionalni master plan za korišćenje Big Data, u kome je kao jedan od prvih prioriteta upravo primena Big Data u prevenciji kriminala. U radu su predstavljeni najuspešni primeri iz prakse koji treba da ukažu donosiocima odluka na značaj i potencijal primene Big Data tehnologija u savremenoj policijskoj praksi, kao i postupci za njihovu implementaciju.

Cilj rada je prezentacija metodološkog postupka za implementaciju Big Data rešenja u domenu prevencije kriminalnih aktivnosti. U tu svrhu ukazaće se na osnovne rezultate postignute u ovoj oblasti, predložiti izmena osnovnih instrumenata u dosadašnjoj praksi prevencije i otkrivanja kriminalnih aktivnosti i predložiti strateški pravci razvoja u ovoj oblasti.

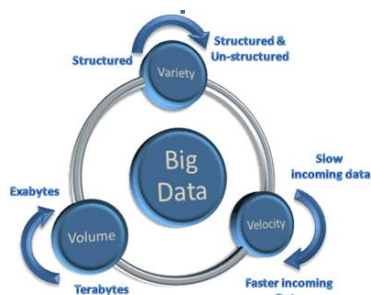
### 2. BIG DATA

Iako u direktnom prevodu znači „velika količina podataka“, Big Data predstavlja kompleksniju pojavu. Ukoliko bi smo ovaj doslovni prevod uzeli kao definiciju napravili bi smo grešku, obzirom da ni podaci koji su prikupljeni u prethodnom periodu nisu „mali“, a još više zbog činjenice da Big Data nije samo tehnologija već da u sebi sadrži određeni inovativni potencijal.

Menja se i način sprovođenja istraživanja. Podaci koje treba da prikupe i obrade u formi informacija radi dalje analize, verovatno već negde postoje. Većina podataka je neupotrebljiva sa stanovišta kvaliteta i pravovremenosti, ali njihova dostupnost imperativno navodi kompanije je da: pronađu prave podatke (Big Data), sačuvaju ih (Cloud), obrađuju (Map Reduce) i na kraju analiziraju (Data Scientists), u realnom vremenu. Faktor vreme ima ključnu ulogu iz razloga što su današnji klijenti veoma dobro povezani (onlajn) i informisani (social media) i međusobno komuniciraju u realnom vremenu (smart phones, tablets).

Ipak, ono što je zajedničko za većinu definiciju Big Data je upotreba u nekom obliku tri “ V“, koja predstavljaju početna slova od engleskih reči: Volume (obim), Variety (raznovrsnost) i Velocity (brzina) (slika 1). Neretko se dodaju i još dva „V“ koja se odnose na Veracity (tačnost) i

Value (vrednost). Ovu definiciju uveo je još 2001, analitičar iz IT industrije Dag Lani (Doug Laney).



Slika 1. Definicija Big Data, preko 3V

Razvoj informacionih tehnologija, pre svih doveo je do pojave različita vrsta podataka koji se mogu prikupiti. Jedna od osnovnih podela je na nestruktuirane, polustrukturirane i strukturirane podatke. Ključni segment razvoja Big Data koncepta predstavlja Big Data analitika, odnosno sposobnost da se analizira velika količina informacija u realnom ili približno realnom vremenu.

Za razliku od deskriptivne analitike i poslovne interligencije koja se bavi analizom prošlosti, prediktivna analitika predstavlja predviđanje u smislu verovatnoće koliko je neki događaj izvesta i predstavlja naredni korak koji dolazi posle analitike koji se bavi prošlošću.

Ono što je sasvim izvesno je da Big Data i softveri za njihovu obradu pružaju ogromne mogućnosti i sve zavisi od onih koji ih koriste. Mogućnost primene zahvatila je mnoga područja; na primer, nadzor procesa proizvodnje korišćenjem informacija koje generišu senzori; naučna istraživanja obradom ogromnih skupova podataka u fizici, genetici ili astronomiji; ili čak u politici, analizom podataka o ponašanju i javno dostupnim mišljenjima birača s ciljem kreiranja efikasnih izbornih kampanja. U nastavku rada prikazana je aplikativna strana Big Data analitike u domenu ministarstva unutrašnjih poslova, prvenstveno u prevenciji i borbi protiv kriminala.

### 3. PRAVNI ASPEKT PRIMENE BIG DATA KONCEPTA

Članom 7. Povelje o osnovnim pravima Evropske unije (Povelja) propisano je pravo na privatni i porodični život, odnosno da svako ima pravo na poštovanje privatnog i porodičnog života, nepovredivost stana i komunikacija. Članom 8. Povelje, propisano je pravo na zaštitu podataka o ličnosti, odnosno da svako ima pravo na zaštitu sopstvenih ličnih podataka. Takvi podaci moraju biti obrađeni pošteno za [unapred] određenu svrhu i na osnovu informisanog pristanka osobe ili na nekom drugom legitimnom osnovu uređenom zakonom. Svako ima pravo da pristupi prikupljenim podacima o svojoj ličnosti i ima pravo da zatraži njihovu ispravku. Imajući u vidu da je Povelja obavezujući pravni akt, ona postavlja temelje zaštite navedenih prava, a ostali pravni dokumenti koji se donose na nivou EU, moraju biti u skladu sa Poveljom.

Ključni instrument za zaštitu podataka na nivou EU je Direktiva o zaštiti podataka 95/46/EC (eng. Data Protection Directive), koju su EP i Savet doneli 1995. godine, sa ciljem da obezbedi privatnost i zaštitu ličnih podataka građana EU, prilikom obrade, upotrebe i razmene tih podataka.

Pod „ličnim podacima” Direktiva podrazumeva bilo koju informaciju koja se odnosi na identifikovano fizičko lice, ili fizičko lice koje može da se identifikuje direktno ili indirektno. Za razmenu podataka u policijskoj i pravosudnoj saradnji u krivičnim stvarima, veoma je značajna Okvirna odluka Saveta o zaštiti ličnih podataka, obrađivanih u svrhu policijske i pravosudne saradnje br. 2008/977/JHA iz 2008. godine. EK je 2012. godine predložila reformu pravnih instrumenata koji se bave zaštitom ličnih podataka, u cilju jačanja prava na privatnost u digitalnom prostoru, sa idejom da građani EU povrate kontrolu nad svojim ličnim podacima i omoguće jačanje digitalne ekonomije EU.

### 4. PRIMENA BIG DATA TEHNOLOGIJA U PREVENCIJI KRIMINALNIH AKTIVNOSTI

Tim britanskih stručnjaka iz policije, predvođenih od strane dr Pitera Langmid-Dzonsa koristio je Big Data tehnologje kako bi predvideli lokacije budućih zločina u cilju efikasnijeg raspoređivanja policijskih resursa, a sve u cilju njihovog sprečavanja. Oni su procenjivali efikasnost policijskih službi analizirajući policijske evidencije u prethodnih sedam godina prateći rad 14 različitih službi na bazi od preko 1.200 varijabli vezanih za nivo statističkog popisnog kruga (mala geografska područja specijalno dizajnirana za statističke svrhe u Velikoj Britaniji).

Zaključci se uglavnom svode na primenu principa geo-demografije – sličnosti susedstava na bazi popisnih krugova, kombinovanjem popisnih – zvaničnih statističkih podataka, podataka iz ostalih administrativnih izvora sa sa podacima iz Big Data izvora.

Na konkretnom primeru prevencije nasilja u porodici korišćeni su sledeći modaliteti geo-demografije u kombinaciji sa Big Data resursima:

- Podaci o lokacijama bankomata radi dobijanja potpunije geo-prostorne slike nego što je to slučaj kada se koriste isključivo podaci o gustini naseljenosti
- Procena rizika za žene koje su u visokom riziku od nasilja u porodici, kroz statističku analizu uticaja (rezultata fudbalskih utakmica, temperaturnih promena i izostanaka sa posla).

Prema podacima policijskih službi Los Anđelesa upotreba Big Data predikcije dovela je do smanjenja od 21% nasilnih zločina i smanjenja od 12% u oblasti imovinskog kriminala. LAPD koristi skup podataka za prikazivanje područja u Los Anđelesu koji su označena kao žarišta kriminala. Ova informacija, međutim, samo ukazuje na događaje iz prošlosti – mesto gde se dogodilo kriminal.

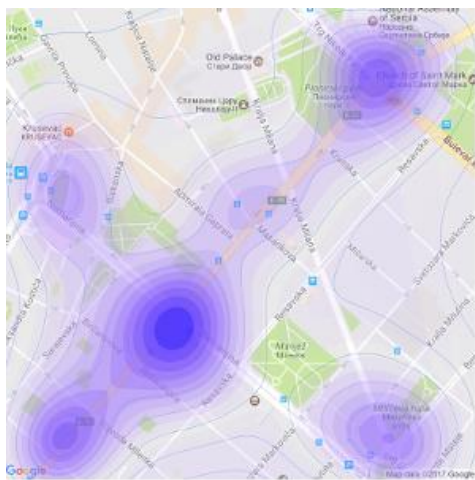


Korišćenje Big Data analitike omogućava predviđanje mesta i vremena eventualne kriminalne radnje.

U testnoj fazi implementacije modela, policajcima je dodeljeno geografskom područje od 500 kvadratnih stopa, gde je algoritam predvideo da će se dogoditi kriminalna radnja do koje će doći u smeni od 12 sata. Za to vreme vršen je monitoring u realnom vremenu u centrali policije. Podaci su ubrzo pokazali da se broj krivična dela značajno smanjio, što je ukazivalo na efikasnost modela. Model se i dalje konstantno ažurira sa podacima novih kriminalnih radnja što uvećava bazu podataka i znanja, tako da su i predviđanja još preciznija.

Prema podacima Svetske zdravstvene organizacije, svake godine, skoro 1,3 miliona ljudi pogine, uz dodatnih 20 do 50 miliona, kao posledica saobraćajnih nezgoda. Prediktivna analitika omogućava saobraćajnoj policiji da donese brze odluke (u skoro realnom vremenu) koje su neophodne da se preusmere vozači na alternativne saobraćajnice kako bi stigli do svojih odredišta na vreme i izbegli stvaranje velikih gužvi.

Big Data izvori koji su na raspolaganju analitičarima, a vezano za praćenje saobraćaja su: Sensorski uređaji, *Global Positioning Systems (GPS)*, Društveni mediji, Mobilne mreže, Sateliti, Kamere (*CCTV*), Sistemi za praćenje vremenske prognoze, Internet, Kamionska diagnostika, razne aplikacije.



Slika 2. Vizuelizacija baze podataka o saobraćajnim nezgodama za teritoriju Grada Beograda

Radovi koji su nastali kao rezultat rada na istraživačkim i drugim projektima, koji su finansirani od strane državnih ili međunarodnih institucija (Ministarstvo nauke, Pokrajinski sekretarijati, EU i sl.), mogu sadržavati zahvalnicu. Zahvalnica se piše iza zaključka u okviru podnaslova napomena, a ispred literature. U zahvalnici se navodi: naziv projekta, evidencioni broj, vremenski period trajanja projekta od – do i pun naziv institucije koja finansira projekat.)

## 5. ZAKLJUČAK

Informaciono – komunikaciona tehnologija (računari, internet, mobilna telefonija, društveni mediji...) su danas nezaobilazan alat svakog analitičara bez obzira na domen njegovog interesovanja. Tradicionalan način obrade podataka, danas dobija sasvim novu dimenziju i postepeno gubi primat u istraživačkoj praksi, prvenstveno zbog potencijala koji nose nove tehnologije. Ujedno, virtuelno okruženje, cyber prostor, se otvorio kao savremen “teren” na kome se, već uveliko, prikupljaju podaci i sprovede istraživanja.

U radu su prikazane osnovne definicije i specifičnosti Big Data tehnologija sa naglaskom na njihovih primenu u oblasti sprečavanja i otkrivanja kriminalnih aktivnosti, naročito kroz prediktivnu analitiku. Analizom najuspešnijih primera iz policijske prakse ukazano je na osnovne prednosti i razlike od tradicionalnog načina postupnja policijskih službenika, prvenstveno u domenu prevencije.

## LITERATURA

- [1] Aquino, J. (2012). Transforming Social Media Data In To Predictive Analytics. *Customer Relationship Management*, 6. (pp. 38-42).
- [2] Baru, C., Bhandarkar, M., Nambiar, R., Poess, M. & Rabl, T. (2013). Benchmarking Big Data Systems and the Big Data Top100 List. *Big Data*. Vol. 1. Iss. 1. (pp. 60-64).
- [3] Brown, B., Sikes J. & Willmott, P. (2013). Bullish On Digital: McKinsley Global Survey Results. *McKinsey&Co*.
- [4] Broussard, G. (2014). A Primer for Defining and Implementing Big Data in the Marketing and Advertising Industry, Council for Research Excellence by Principal, Pre-Meditated Media
- [5] Despotović-Zrakić, M., Milutinović, V. & Belić, A. (2014). High Performance and Cloud Computing in scientific Research and Education. *Hershey*.
- [6] Evans, D. “Social Media Marketing: An Hour a day”, *Wiley Publishing, Inc*, 2008.
- [7] Gold, M., McClarren, R. & Gaughan, C. (2013). The Lessons Oscar Taught Us:. *Big Data*. Vol. 1. Iss. 2. (pp. 105-109).
- [8] Goes, P. B. (2014) Big Data and IS Research, *MIS Quarterly* Vol. 38 No.3/ September 2014
- [9] Greg Mishkin, & Hodson D. (2014) Traditional Market Research and Big Data Integration, *AT&T Mobility & Market Strategies International*, Retrieved from <http://www.insightinnovation.org/> )
- [10] From Online Crowd Surveillance. *Big Data*. Vol. 1. Iss. 3. (pp. 160-167).
- [11] Đorđević, S. (2016) Uvod u međunarodnu policijsku saradnju, Vodič kroz saradnju u unutrašnjim poslovima u

- Evropskoj uniji, Misija OEBS-a u Srbiji, ISBN 978-86-6383-038-7
- [12] Krivokapić, D., A. Petrovski (2016) *Sajber kriminal i policijska saradnja u EU, Vodič kroz saradnju u unutrašnjim poslovima u Evropskoj uniji, Misija OEBS-a u Srbiji*, ISBN 978-86-6383-038-7
- [13] Liddy, E., Stanton, J., Mueller, K. & Farnham, S. (2013). *Educating the Next Generation of Data Scientists*. *Big Data*. Vol. 1. Iss. 1. (pp. 21-27)
- [14] Lon Safko, *The Social Media Bible, Tactics, Tools & Strategies for Business Success*, third edition, John Wiley & Sons, Inc. 2012
- [15] MacSweeney, G., Tabb, L. & Wallace, M. D. (2013). *The Data Management Revolution*. SAS Institute Inc. Economist Intelligent Unit (2012). *Big Data*. The Economist Intelligence Unit Limited.
- [16] Macaulay, T. (2017) *How Big Data is changing the nature of policing from reactive to proactive, computerworlduk*.
- [17] Mihajlović D. „Metodologija naučnih istraživanja“, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2004.
- [18] Minelli, M. & Chambers, M. (2013). *Big Data, Big Analytics: Emerging Business Intelligence and Analytic Trends for Today's Businesses*. Wiley Publishing Inc.
- [19] Mohler, G.O, M. B. Short, P. J. Brantingham, F. P. Schoenberg, and G. E. Tita (2011), *American Statistical Association Journal of the American Statistical Association* March 2011, Vol. 106, No. 493, Applications and Case Studies DOI: 10.1198/jasa.2011.ap09546
- [20] Neff, G. (2013). *Why Big Data Won't Cure Us*. *Big Data*. Vol. 1. Iss. 3. (pp. 117-123).
- [21] (OEBS, 2016) *Vodič kroz saradnju u unutrašnjim poslovima u Evropskoj uniji, Misija OEBS-a u Srbiji*, ISBN 978-86-6383-038-7.
- [22] Provost, F. & Fawcett. T. (2013). *Data Science and It's Relationship to Big Data and Data-Driven Decision Making*. *Big Data*. Vol. 1. Iss. 1. (pp. 51-59).
- [23] Radenković, B., Despotović-Zrakić, M., Bogdanović, Z., Labus, A. & Vulić, M. (2011). *Marketing of educational institution on social networks*. *International Conference on Digitization of Cultural and Scientific Heritage, University Repositories and Distance Learning*
- [24] Tasić, D, B Elek (2016) *Odlučivanja o policijskoj saradnji u EU nakon Lisabonskog ugovora, Vodič kroz saradnju u unutrašnjim poslovima u Evropskoj uniji, Misija OEBS-a u Srbiji*, ISBN 978-86-6383-038-7
- [25] Vukmirović, A.. (2014). *Model infrastrukture za internet marketing istraživanja, Pristupni rad na doktorskim studijama, Fakultet organizacionih nauka, Beograd*
- [26] Vukmirović, J. & Vukmirović, D *Udžbenik "Marketing istraživanja"*, Beogradska poslovna škola, 2015.
- [27] Vukmirović, Dragan Jovanka Vukmirović, Marina Jovanović Milenković, Aleksandra Vukmirović, Marina Brbaklić Tepavac, *Big Data and marketing research, 35th International Conference on Organizational Science Development, Portorož, 2016*
- [28] Wyckoff, A. (2013). *Exploiting Big Data for Statistics: Some Implications for Policy*. Directorate for Science, Technology & Industry Organization for Economic Co-operation and Development.
- [29] William G. Bostic, Jr. (2013). *Big Data for Policy, Development, and Official Statistics*. United States Census Bureau. SAS White Paper (2012). *Big Data Meets Big Data Analytics*, SAS Institute Inc.