

28. IKT konferencija



Z B O R N I K R A D O V A

ISBN 978-86-85525-27-8



Zbornik radova 28. IKT konferencije “YU INFO 2022”

Urednici: Prof. dr Miodrag Ivković, Doc. dr Dražen Drašković

Tehnička priprema: Doc. dr Dražen Drašković, dr Nenad Korolija
(Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu)

Izdavač: Informaciono društvo Srbije

Godina izdanja: 2022

Datum konferencije: 13-16. mart 2022. godine

Sajt konferencije: <http://www.yuinfo.org>

CIP – Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

004 Рачунарство. Рачунарска техника.

004.4 Рачунарски софтвер

004.8 Вештачка интелигенција

005 Менаџмент

ISBN 978-86-85525-27-8

Sadržaj

Reč dobrodošlice.....	1
Programski odbor konferencije.....	2
Program konferencije po sesijama.....	3
Panel A: Jedinstveni informacioni sistem nauke Srbije.....	5
Panel B: Od doktorske disertacije do uspešnog startapa	5
Sesije / tematske oblasti konferencije "YU INFO 2022"	6
YU-S1-VI Veštačka inteligencija - Spisak radova	6
YU-S2-RMTZ Računarske mreže, telekomunikacije, zaštita podataka - Spisak radova.....	7
YU-S3-EDR E-društvo	8
YU-S4-ISRP Internet stvari i računarske primene - Spisak radova.....	9
YU-S5-EBP Računarska edukacija i velike baze podataka - Spisak radova	10
YU-S6-AUT Autonomna vozila	11
YU-S7-VPS Vojne primene i sistemi	12
YU-S8-SAS Softverski alati i simulacije	13
YU-S1-VI Veštačka inteligencija.....	14
YU-S2-RMTZ Računarske mreže, telekomunikacije, zaštita podataka	50
YU-S3-EDR E-društvo.....	87
YU-S4-ISRP Internet stvari i računarske primene.....	133
YU-S5-EBP Računarska edukacija i velike baze podataka	182
YU-S6-AUT Autonomna vozila.....	219
YU-S7-VPS Vojne primene i sistemi.....	235
YU-S8-SAS Softverski alati i simulacije	283
Indeks svih autora konferencije "YU INFO 2022"	321

Reč dobrodošlice

Poštovane kolegice i kolege,

dragi učesnici tradicionalne konferencije YU INFO,

drago nam je da smo nakon perioda svetske pandemije, ponovo okupljeni uživo na Kopaoniku, sa velikim brojem učesnika konferencije, čak 164 autora, i 60 autorskih radova koji su prezentovani. Svi radovi su podeljeni u 8 tematskih oblasti (sesija) koje obuhvataju veštačku inteligenciju, računarske mreže, telekomunikacije i zaštitu podataka, internet stvari i računarske primene, računarsku edukaciju i obrazovni sistem, elektronsko društvo, softverske alate i simulacije, vojne primene i sisteme. Specijalna onlajn sesija posvećena je autonomnim vozilima. Konferenciju ove godine održavamo u hibridnom režimu, što je jedan izazov za organizatore, ali sa željom da svi autori mogu da prezentuju svoje radove, uživo na Kopaoniku ili onlajn, od kuće.

U nadi da ćemo se i naredne godine okupiti u još većem broju na Kopaoniku, uz nova istraživanja, razvijene sisteme i projekte koje ćete prezentovati, uz savremene teme o kojima ćemo diskutovati, a sve to uz lepo druženje i po koju čašu vina, srdačno vas pozdravljamo do sledeće konferencije u martu 2023. godine.

Organizacioni odbor konferencije "YU INFO 2022"

Programski odbor konferencije

Prof. dr Miodrag Ivković, Univerzitet u Novom Sadu

Doc. dr Dražen Drašković, Univerzitet u Beogradu

Prof. dr Milan Zdravković, Univerzitet u Nišu

Prof. dr Zora Konjović, Univerzitet "Singidunum"

Prof. dr Miroslav Trajanović, Univerzitet u Nišu

Program konferencije po sesijama

Termin	nedelja, 13.3.2022.	ponedeljak, 14.3.2022.	utorak, 15.3.2022.	sreda, 16.3.2022.
9:00 - 11:00		Veštačka inteligencija [YU INFO]	Internet stvari (IoT) i računarske primene [YU INFO]	Vojne primene i sistemi [YU INFO]
11:00 - 13:00		Računarske mreže, telekomunikacije, zaštita podataka [YU INFO]	Računarska edukacija i velike baze podataka [YU INFO]	Softverski alati i simulacije [YU INFO]
13:00 - 15:00		E-društvo [YU INFO]	Autonomna vozila [YU INFO]	
15:00 - 17:00			ICIST sesija - Software engineering	
17:00 - 17:30	Svečano otvaranje konferencija YU INFO i ICIST 2022	EPAM prez.	SBS prezent.	
17:30 - 18:30		YU INFO: Panel A Jedinstveni informacioni sistem nauke Srbije	YU INFO: Panel B Od doktorske disertacije do uspehnog startapa	
18:30 - 21:00	YU INFO & ICIST 2022 Wine Track - Vinsko umrežavanje učesnika konferencije	ICIST sesija - Health	ICIST sesija - General IT	ICIST sesija - Applied AI
Od 21:00		YU INFO & ICIST 2022 Karaoke Track	ICIST sesija - ICT for Green Energy	
			Slobodno vreme za učesnike konferencije	

Sala "Pančić" nalazi se na nivou (-1) u hotelu "Grand" na Kopaoniku.

Sale "Kopaonik" i "Karaman" nalaze se na nivou (-2) u hotelu "Grand" na Kopaoniku.

Termin	Sala	NEDELJA, 13. mart 2022.	
17:00	sala "Pančić"	YU INFO 2022 & ICIST 2022 - Svečano otvaranje konferencija Pozdravna reč predsedavajućih: Prof. dr Miodrag Ivković i Prof. dr Milan Zdravković	ONLAJN pristup
17:15		<i>Keynote predavanje 1:</i> Dubravko Čulibrk, AI Research and Development Institute of Serbia, CEO, Serbia <i>Keynote predavanje 2:</i> Fotis Psomopoulos, Principal Investigator at the Institute of Applied Biosciences (INAB), CERTH, Thessaloniki, Greece	
20:00		YU INFO & ICIST <i>Wine track</i> – Vinsko umrežavanje učesnika konferencije	

Termin	Sala	PONEDELJAK, 14. mart 2022.	Link
9:00	sala "Kopaonik"	(YU-S1-VI) Veštačka inteligencija	ONLAJN pristup
11:00		(YU-S2-RMTZ) Računarske mreže, telekomunikacije, zaštita podataka	
13:00		(YU-S3-EDR) E-društvo	
17:00		Prezentacija kompanije <i>EPAM systems</i>	
17:30		Panel A: Jedinstveni informacioni sistem nauke Srbije	
21:00		YU INFO & ICIST <i>Karaoke track</i> - Najbolji glasovi među naučnicima	

Termin	Sala	UTORAK, 15. mart 2022.	
9:00	sala "Kopaonik"	(YU-S4-ISRP) Internet stvari (IoT) i računarske primene	ONLAJN pristup
11:00		(YU-S5-EBP) Računarska edukacija i velike baze podataka	
13:00		(YU-S6-AUT) Autonomna vozila [CELA ONLAJN SESIJA]	
17:00		Prezentacija kompanije <i>Serbian Business Systems</i> i predavanje na temu "Novosti u IBM Storage portfolio"	
17:30		Panel B: Od doktorske disertacije do uspešnog startapa	

Termin	Sala	SREDA, 16. mart 2022.	Link
9:00	sala	(YU-S7-VPS) Vojne primene i sistemi	ONLAJN pristup
11:00	"Kopaonik"	(YU-S8-SAS) Softverski alati i simulacije	

Panel A: Jedinstveni informacioni sistem nauke Srbije

ponedeljak, 14. mart 2022. godine u 17:30

Sadržaj:

Kancelarija za informacione tehnologije i elektronsku upravu Vlade Republike Srbije je započela izradu jedinstvenog informacionog sistema nauke Srbije – eNauka. Učesnici panela će imati prilike da se prvi upoznaju sa ovom platformom čiji je cilj sveobuhvatna digitalizaciju procesa u akademskim i istraživačkim institucijama. Ovaj panel je prilika da se kroz diskusiju čuje mišljenje akademske i istraživačke zajednice o ovom značajnom projektu i da se tako u njegovoj ranoj fazi definišu smernice koje će doprineti da platforma eNauka bude efikasna podrška naučno-istraživačkom radu u Srbiji.

Moderator: Prof. dr Miroslav Trajanović

Učesnici:

- Vukašin Grozdić, savetnik pri Kancelariji predsednika Vlade Republike Srbije
- Biljana Marić, načelnik odeljenja za portal e-Uprava i servise
- Aleksandar Radaković, savetnik za naučnoistraživački sektor, Kancelarija za informacione tehnologije i elektronsku upravu Republike Srbije
- Prof. dr Nenad Filipović, Rektor Univerziteta u Kragujevcu
- Prof. dr Viktor Nedović, direktor projekta Serbia Accelerating Innovation and Growth Entrepreneurship

Panel B: Od doktorske disertacije do uspešnog startapa

utorak, 15. mart 2022. godine u 17:30

Sadržaj:

Kako usmeriti karijeru doktoranda ka startup preduzetništvu - značaj mentorstva, infrastrukture za podršku na univerzitetima i sistema za evaluaciju naučno-istraživačkog rada. Industrijski doktorat i reverzna inovacija. Finansiranje naučnih startupova. Razvoj preduzetničke i startup kulture na univerzitetima.

Moderator: Prof. dr Milan Zdravković

Učesnici:

- Prof. dr Ivan Luković, Univerziteta u Beogradu
- Prof. dr Miodrag Ivković, Univerzitet u Novom Sadu

Sesije / tematske oblasti konferencije "YU INFO 2022"

Oznaka sesije:

YU-S1-VI

14

Naziv sesije:

Veštačka inteligencija [YU INFO]*

Termin:

ponedeljak, 14. mart 2022. u 9:00

R.br.	Autori	Naslov rada	Stranice
1.1.	<u>Dragana Radojičić</u>	Primena mašinskog učenja u modeliranju dinamike knjige limitiranih naloga	15 - 18
1.2.	<u>Dražen Drašković</u>	Primena mašinskog učenja u softverskom alatu za analizu kožnih promena	19 - 23
1.3.	<u>Sandro Radovanović,</u> Miloš Jovanović, Boris Delibašić, Milija Suknović	Učenje fer modela mašinskog učenja uz odsustvo zavisti	24 - 29
1.4.	<u>Zorica Dodevska,</u> Boris Delibašić, Sandro Radovanović, Milija Suknović, Aleksandar Marković	Sprečavanje diskriminacije u rangiranju uz pomoć modifikovane Topsis metode	30 - 35
1.5.	<u>Uroš Radenković,</u> Vladimir Jocović, Marko Mićović, Adrian Milaković, Dražen Drašković	Skup podataka softverskih klonova tipa četiri za obradu matrica	36 - 40
1.6.	<u>Milan Marinković,</u> Uroš Romić, Goran Kvašček, Boško Nikolić	Predikcija prosečne ocene i dužine trajanja studija upotrebom neuralnih mreža	41 - 44
1.7.	<u>Maša Knežević</u>	Prepoznavanje lica pomoću konvolutivne neuronske mreže	45 - 49

***Predsedavajući sesije:** Dražen Drašković (Univerzitet u Beogradu - Elektrotehnički fakultet)*

*U sesijama "Veštačka inteligencija" na konferenciji "YU INFO 2022" i "Applied AI" na internacionalnoj konferenciji "ICIST 2022", IEEE Serbia and Montenegro, Computer Intelligence Section, nagradiće najbolje radove.

Oznaka sesije:

YU-S2-RMTZ

50

Naziv sesije:

Računarske mreže, telekomunikacije, zaštita podataka [YU INFO]

Termin:

ponedeljak, 14. mart 2022. u 11:00

R.br.	Autori	Naslov rada	Stranice
2.1.	<u>Rajko Terzić,</u> <u>Dragorad Milovanović</u>	Uticaj 5G RF-EMP na zdravlje i okruženje: Rezultati studija, regulativa i smernice ograničenog izlaganja	51 - 54
2.2.	<u>Miloš Živadinović</u>	Upotreba blockchain tabela u zaštiti integriteta podataka	55 - 59
2.3.	<u>Valentina Timčenko,</u> Slavko Gajin	Profilisanje mrežnog saobraćaja zasnovano na NetFlow podacima	60 - 65
2.4.	<u>Jana Vugdelija,</u> Nenad Kojić, Natalija Vugdelija	Analiza rizika u oblasti sajber bezbednosti	66 - 71
2.5.	<u>Danijel Čabarkapa,</u> Olivera Pronić Rančić, Dejan Rančić	Detekcija DDoS napada u softverski definisanim mrežama zasnovana na višestrukoj entropiji	72 - 77
2.6.	<u>Vesna Radonjić Đogatović,</u> Sara Bošković, Momčilo Dobrodolac	Istraživanje zadovoljstva korisnika mobilnih mreža u Srbiji	78 - 82
2.7.	<u>Srđan Maričić,</u> Dejan Milić, Dejan Drajić, Nenad Milošević, Jelena Anastasov	Performanse bežičnog diverziti sistema sa složenim EGC SC kombinerom u urbanom okruženju	83 - 86

Predsedavajući sesije: Slavko Gajin (Univerzitet u Beogradu - Elektrotehnički fakultet)

Oznaka sesije:

YU-S3-EDR

87

Naziv sesije:

E-društvo [YU INFO]

Termin:

ponedeljak, 14. mart 2022. u 13:00

R.br.	Autori	Naslov rada	Stranice
3.1.	Anđelina Petrović , Dragan Vukumirović	Uticaj informacione tehnologije na upravljanje komunikacijom u savremenim poslovnim sistemima	88 - 92
3.2.	Vladimir Simeunović, Dragan Stošić , Žarko Mišković, Snežana Pantelić, Sonja Dimitrijević, Filip Todorović, Radivoje Mitrović	Unapređenje sistema održavanja pomoćne mehanizacije i koncept pametnog rudarstva	93 - 98
3.3.	Mladen Đurić, Anđela Mihailović, Jelena Ruso , Slobodan Antić	Odnos menadžmenta kvaliteta, marketinga i preduzetništva u digitalno doba	99 - 105
3.4.	Biljana Đerić, Jovanka Vukmirović, Aleksandra Vukmirović, Ana Zekavica , Milica Branković	Sekundarna statistička istraživanja u domenu medijskog prostora	106 - 110
3.5.	Radomir Prodanović , Dejan Rančić, Olivera Pronić- Rančić, Ivan Vulić	Model za identifikovanje i definisanje zahteva za PKI zasnovan na klasifikacionoj šemi zahteva	111 - 116
3.6.	Anja Pavićević	Uticaj digitalizacije i tehnoloških promena na poslovanje banke u Srbiji	117 - 122
3.7.	Maja Jovanović , Slobodan Antić, Lena Đorđević Milutinović	Razvoj Spređit aplikacije za utvrđivanje prioriteta u postupanju kontrolnih i inspeksijskih organa	123 - 128
3.8.	Saša Soković , Gordana Gačić, Aleksandar Živković, Jelena Špengler, Jelena Stojanović, Milutin Stanković, Siniša Marinkov, Borivoje Milosavljevic, Vidan Marković	Integracioni servisi korišćenjem Message Broker-a i događaja	129 - 132

Predsedavajući sesije: Jelena Ruso (Univerzitet u Beogradu – Fakultet organizacionih nauka)

Oznaka sesije:

YU-S4-ISR

133

Naziv sesije:

Internet stvari (IoT) i računarske primene
[YU INFO]

Termin:

utorak, 15. mart 2022. u 9:00

R.br.	Autori	Naslov rada	Stranice
4.1.	Dejan Vidojević, Vojkan Nikolić	Industrija 4.0 i IoT rešenja za male solarne elektrane	134 - 138
4.2.	Milica Milunović , Slaviša Đukanović, Ivan Košanin, Bogdan Pejčić, Ivan Kolavčić, Veljko Marinković	Primena savremenih softverskih alata u mapiranju bezbednosno interesantnih objekata i pojava	139 - 142
4.3.	Slobodan Aleksandrov , Goran Miodragović, Jelena Erić Obućin, Radica Aleksandrov	Daljinski nadzor i upravljanje sistema zasnovan na PLC-u i GPRS-u	143 - 146
4.4.	Đorđe Petrović , Ilja Stanišević, Ivan Pantelić	Simulacija diskretnih događaja u programskom jeziku Python	147 - 150
4.5.	Katarina Mitrović , Vesna Ružičić, Yigang Cen, Ming Liu	Uticaj IoT na poboljšanje bezbednosti učesnika u saobraćaju primenom veštačke inteligencije i detekcije anomalnih događaja	151 - 156
4.6.	Milica Cvetković, Marko Janković , Raica Milićević, Dejan Dimitrijević	Industrijska revolucija 4.0 u funkciji ekonomskog razvoja	157 - 161
4.7.	Zvonko Petrović , Milan Kolarević, Milica Tufegdžić, Vladeta Jevremović	Razvoj skripta za modeliranje mehaničkog kretanja robotskih sistema u Matlab-u	162 - 166
4.8.	Vladimir Otašević , Biljana Kosanović	Razrešavanje autorstva koristeći ORCID identifikator	167 - 172
4.9.	Nebojsa Andrijević , Vlade Urošević	Razvoj softvera za kontrolu ekosistema pčelinjeg društva sa alarmom	173 - 175
4.10.	Katarina Karić , Katarina Mitrović	Pregled literature iz oblasti pametnih, adaptivnih i personalizovanih okruženja za e-učenje i tehnologija učenja	176 - 181

Predsedavajući sesije: Vladimir Jocović (Univerzitet u Beogradu - Elektrotehnički fakultet)

Oznaka sesije:

YU-S5-EBP

182

Naziv sesije:

Računarska edukacija i velike baze podataka
[YU INFO]

Termin:

utorak, 15. mart 2022. u 11:00

R.br.	Autori	Naslov rada	Stranice
5.1.	Zdravko Ivanković , Dejan Savičević, Saša Sudar	Softverska aplikacija za uključivanje studenata u proces prijavljivanja na projekte	183 - 186
5.2.	Tamara Šekularac, Filip Hadžić, Stefan Tubić , Maja Vukasović	Softver za učenje i testiranje SQL jezika	187 - 191
5.3.	Lazar Stevanović , Ana Andrić, Tamara Gajić	Unapređenje performansi upita u SQL serveru	192 - 194
5.4.	Predrag Grozdanović , Slađana Janković, Ana Uzelac, Snežana Mladenović	Primena MongoDB baze podataka u analizi saobraćajnih nezgoda	195 - 200
5.5.	Luka Ilić , Aleksandar Šijan, Bratislav Predić, Darjan Karabašević	Primena Jupyter Notebook python razvojnog okruženja za mašinsko učenje u obrazovanju	201 - 204
5.6.	Robert Pinter, Sanja Maravić Čisar , Miklós Póth, Attila Kővári	Merenje čitljivosti i razumevanja programskog koda putem tehnike praćenja oka	205 - 208
5.7.	Milorad Murić , Danijela Milošević, Aleksandar Milovanović	Crowdsourcing u visokom obrazovanju	209 - 214
5.8.	Aleksandar Šijan , Luka Ilić, Bratislav Predić, Darjan Karabašević	Analiza kurseva veštačke inteligencije – predlozi za unapređenje	215 - 218

Predsedavajući sesije: Stefan Tubić (Univerzitet u Beogradu - Elektrotehnički fakultet)

Oznaka sesije:

YU-S6-AUT

219

Naziv sesije:

Autonomna vozila
[Self-Driving Robotic Cars: ONLINE SESIJA]

Termin:

utorak, 15. mart 2022. u 13:00

<i>R.br.</i>	<i>Autori</i>	<i>Naslov rada</i>	<i>Stranice</i>
6.1.	<u>Gyula Mester</u>	Autonomous Self-Driving Robotic Cars 2021 [paper in English]	220 - 223
6.2.	<u>Cesar Bautista Toapanta</u>	Simulation scenarios in self-driving cars [paper in English]	224 - 228
6.3.	<u>Namik Delilovic</u>	Implementing Advanced Amazon AWS Authentication Capabilities for the Robot Test-Automation Framework	229 - 234

Predsedavajući sesije: Gyula Mester (University of Szeged, Faculty of Engineering, Laboratory of Robotics)

Oznaka sesije:

YU-S7-VPS

235

Naziv sesije:

Vojne primene i sistemi [YU INFO]

Termin:

sreda, 16. mart 2022. u 9:00

R.br.	Autori	Naslov rada	Stranice
7.1.	Tamara Gajić , Vladan Nikačević, Lazar Stevanović, Ana Andrić	Sajber prostor kao područje za izvođenje vojnih vežbi	236 - 240
7.2.	Milan Miljković , Katarina Miljković	Polazišta za izradu strategije sajber odbrane Republike Srbije	241 - 245
7.3.	Boban Stojanović	Grayloge open source SIEM u računarskim mrežama	246 - 250
7.4.	Rade Pavlović , Vladimir Petrović	Detekcija skrivenog oružja primenom sjedinjavanja slika	251 - 255
7.5.	Charif Aimene , Dimitrije Bujaković, Mileta Žarković	Projektovanje fazi ekspertskog sistema za upravljanje energijom hibridno napajane električne bespilotne letelice	256 - 261
7.6.	Vladimir Ristić , Dimitrije Simić, Boban Bondžulić, Nenad Stojanović	Primena mere održanja ivica u steganografiji	262 - 267
7.7.	Taki Eddine Daikh, Stojadin Manojlović, Momir Stanković	Projektovanje i implementacija na FPGA računaru za vođenje raketa	268 - 272
7.8.	Goran Banjac , Momir Stanković	Autonomno kretanje besposadnog vozila zasnovano na kontroleru sa aktivnim potiskivanjem poremećaja	273 - 277
7.9.	Jordan Atanasijević, Danilo Lazovic	Analiza podataka o Covid-19 korišćenjem sistema poslovne inteligencije	278 - 282

Predsedavajući sesije: Miodrag Ivković (Univerzitet u Novom Sadu – Tehnički fakultet “Mihajlo Pupin” Zrenjanin)

Oznaka sesije:

YU-S8-SAS

283

Naziv sesije:

Softverski alati i simulacije [YU INFO]

Termin:

sreda, 16. mart 2022. u 11:00

R.br.	Autori	Naslov rada	Stranice
8.1.	Darko Nikolić, Aleksandar Božović	SKIP platforma - softverska platforma za upravljanje projektima u JP EPS	284 - 287
8.2.	Srdan Simić, Dejan Ristanović, Jelica Protić	Migracija diskusionog sistema heterogene arhitekture zasnovanog na ranijim generacijama hardvera i softvera u okruženje oblaka primenom virtuelizacije	288 - 293
8.3.	Igor Kocić, Zoran Jovanović	Upotreba KEPServerEX V5, MATLAB OPC TOOLBOX i MySQL baze za testiranje softvera realizovanih PLC kontrolerima	294 - 299
8.4.	Komlen Lalović, Ivana Živić	Android - Java mobilna aplikacija za predstavljanje rezultata otiska prsta	300 - 302
8.5.	Milica Tufegdžić, Vladeta Jevremović, Zvonko Petrović, Veselin Bojović	Modeliranje kretanja materijalne tačke pod dejstvom sile otpora	303 - 307
8.6.	Željko Bolbotinović, Stefan Radojičić, Nebojša Dragović, Dragan Vukmirović	Izazovi digitalne transformacija malih i srednjih preduzeća u uslovima „nove normalnosti“	308 - 311
8.7.	Stefan Radojičić, Željko Bolbotinović, Nebojša Dragović, Nebojša Stanojević, Dragan Vukmirović	Digitalno pismena populacija kao osnova društvenog i ekonomskog razvoja - primer Republike Srbije	312 - 315
8.8.	Dejan Vidojević, Vojkan Nikolić	Industrija 4.0 i IoT rešenje za male solarne elektrane	316 - 320

Predsedavajući sesije: Miodrag Ivković (Univerzitet u Novom Sadu – Tehnički fakultet “Mihajlo Pupin” Zrenjanin)



YU-S1-VI

Veštačka inteligencija

Primena masinskog učenja u modeliranju dinamike knjige limitiranih naloga

Application of machine learning in modeling the dynamics of the limit order book

dr Dragana Radojičić¹

Univerzitet u Beogradu

Ekonomski fakultet

Sadržaj – Tema ovog rada je proučavanje dinamike i statističkih osobina Knjige graničnih naloga. Da bi se opisala složena dinamika trgovanja prisutna na tržištu, koriste se koncepti mašinskog učenja. Veštačka inteligencija postaje sve više prisutna u raznim oblastima. Potencijalna primena koncepta mašinskog učenja u finansijama zainteresovala je veliki broj istraživača kako iz akademije tako i iz industrije. Pošto je trgovanje doživelo automatizaciju i digitalizaciju, koncept fizičkog trgovanja je zamenjen elektronskim trgovanjem. Zbog toga postoji veliko interesovanje u razvijanju algoritama za automatsko trgovanje zasnovanih na mašinskom učenju. Cilj ovog istraživanja je da proučava distribuciju varijable koja modelira razliku između najmanje cene na strani za kupovinu, i najveće cene na strani za prodaju. S obzirom da su finansijska tržišta informativna, postoji potencijal u analizi istorijskih podataka o akcijama, kao i u razvoju algoritama za analizu tih podataka.

Abstract - The topic of this paper is the study of the dynamics and statistical properties of the Limit Order Book. In order to describe the complex trading dynamics present in the market, machine learning concepts are used. Artificial intelligence is becoming more and more present in various fields. The potential application of the machine learning concepts in finance has interested a large number of researchers from both academia and industry. As trading has undergone automation and digitalization, the concept of physical trading has been replaced by electronic trading. Therefore, there is great interest in developing machine learning algorithms based on machine learning. The aim of this study is to study the distribution of a variable that models the difference between the lowest price on the buying side and the highest price on the selling side. Since financial markets are informative, there is potential in analyzing historical stock data, as well as in developing algorithms for analyzing that data.

1 UVOD I MOTIVACIJA ZA ISTRAŽIVANJE

Kao što je navedeno u članku Washington Post-a "The robots-vs.-robots trading that has hijacked the stock market"¹ otprilike 50% ukupnog obima trgovanja izvršavaju roboti. Berze proizvode ogromnu količinu empirijskih podataka. Ideja je da se proučava informativnost karakteristika ekstrahovanih iz baze podataka koja replicira bazu podataka sa NASDAQ (eng. National Association of Securities Dealers Automated

Quotations) berze, kako bi se klasifikovao vektor baze podataka pomoću neuronske mreže.

Posebna pažnja posvećena je proučavanju ponašanja varijable koja modelira razliku između najmanje cene na strani za kupovinu, i najveće cene na strani za prodaju. Empirijska studija pokazuje da je ta razlika najčešće jednaka minimalnom razmaku između dve cene prisutne u knjizi limitiranih naloga. Prema ranijim istraživanjima (pogledajte [1], [2] i [3]) finansijska tržišta su informativna, što može biti korisno da se identifikuje i definiše strategija trgovanja. Ideja je da se svaki vektor tržišnih podataka klasifikuje u jednu od oznaka iz skupa $S = \{\text{kupi, prodaj, neaktivan}\}$.

Prevenstveno, relevantne karakteristike iz baze podataka berze se ekstraktuju, i proučava se njihova informativnost. S obzirom da na berzi ima više miliona događaja u toku samo jednog dana, knjiga limitiranih naloga proizvodi ogromnu bazu podataka. U radu [4] je predložen sistem rekonstrukcije podataka i transformacija baze podataka knjige graničnih naloga kako bi se izvukle karakteristike od interesa. Da bi mogli da sprovedemo istraživanje, u radu [5] predstavljeno je okvirno postolje za obradu podataka iz LOBSTER² baze. Nove metode za selektovanje informativnih karaktersitika iz knjige limitiranih naloga su predstavljene u radu [6], i ustanovljeno je da se performanse modela dugotrajno kratkoročne memorije (eng. Long short-term memory) neuronske mreže poboljšavaju kada izaberemo karakteristike pomoću tih metoda. Štaviše, koristi se višekriterijumska optimizacija da bi se izabrao najbolji model od 7 predloženih modela, uzimajući u obzir više kriterijuma za ocenu modela. U radu [7] primenjuju se Furijeove transformacije da bi se izvukle nove karakteristike iz baze podataka sa berze, i posebna pažnja je usmerena na proučavanje ponašanja signala koji potiču iz različitih izvora, kao što su na primer signali cena različitih nivoa knjige limitiranih naloga. Dosta istraživanja o knjigama limitiranih narudzbina i srodnim oblastima o mikrostrukturama tržišta su sprovedena. Istraživanja se uglavnom odnose na karakterizaciju karakteristike kao što su likvidnost, volatilnost i kotirani raspon.

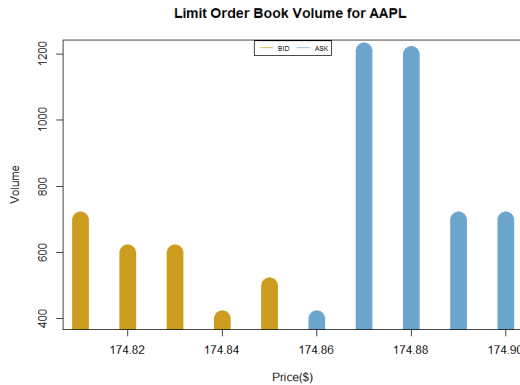
U ovom istraživanju ideja je da se proučava distribucija varijable kotirani raspon koja nam može ukazati na likvidnost marketa, sto je neophodan faktor za dobro funkcionisanje berze.

¹ <https://www.washingtonpost.com/news/wonk/wp/2018/02/07/the-robots-v-robots-trading-that-has-hijacked-the-stock-market/>. Accessed: 2022-03-10

² <https://www.lobsterdata.com/>. Accessed: 2022-03-10

2 KNJIGA LIMITIRANIH NALOGA

Knjiga limitiranih naloga (eng. Limit Order Book) je knjiga naloga u elektronskom obliku u koju se upisuju nalozi za kupovinu i prodaju po unapred određenoj ceni. Nalozi su prikazani sa svojom ukupnom količinom dostupnom za trgovanje po odgovarajućoj ceni. Za razliku od ograničenog naloga, tržišni nalog (eng. market order) je nalog u kojem cena nije unapred definisana, već se nalog izvršava prema trenutno najpovoljnijoj ceni prisutnoj u knjizi naloga. Glavni zadatak knjige limitiranih naloga je da evidentira sve dolazne i odlazne naloze. Knjiga limitiranih naloga je definisana na diskretnoj mreži, gde svaka tačka mreže reprezentuje cenu koja je registrovana na berzi za prodaju ili kupovinu naloga. Minimalna udaljenost između dva nivoa cena naziva se tick (eng.). Pogledajte Sliku 1 za primer snimka knjige limitiranih naloga za akcije kompanije Apple. Knjiga limitiranih naloga ima dve strane. Na BID strani beleži se cena po kojoj će trejder ili berza prodati hartiju od vrednosti ili cena po kojoj investitor može kupiti hartiju od vrednosti. Sa druge strane, na ASK strani beleži se cena po kojoj će trejder ili berza kupiti hartiju od vrednosti ili cena po kojoj investitor može da proda hartiju od vrednosti. Minimalna cena u trenutku t na strani ASK, označena sa $P_{t,1}^a$, naziva se najbolja cena tražnje (eng. the best ask price) i predstavlja najnižu cenu po kojoj će investitor prodati akciju. Maksimalna cena u trenutku t na strani BID, označena sa $P_{t,1}^b$, naziva se najbolja ponuđena cena (eng. the best bid price) i predstavlja najvišu cenu po kojoj će investitor kupiti akciju. Prva cena manja od najbolje ponuđene cene postavlja se na nivo 2 na strani ponude, dok je najniža dostupna cena viša od najbolje cene tražnje postavljena na nivo 2 na strani potražnje, itd. Glavni posao knjige limitiranih naloga je da evidentira cene i količine naloga na obe strane do određenog broja nivoa. Za svaku cenu akcije koja je prisutna na berzi, knjiga naloga beleži raspoloživi obim koji predstavljaju broj akcija koje su dostupne po toj ceni.



Slika 1. Snimak knjige limita naloga od 5 nivoa akcija kompanije AAPL (Apple Inc.) sa NASDAQ berze (8. januara 2018. u 10:02 časova). Na strani ponude/trazivanja postavljaju se nalozi za kupovinu/prodaju (žuto/plavo), i

najbolja bid cena je 174.85\$ sa obimom od 550 akcija, dok je najbolja cena ponude 174.86\$ sa obimom od 440 akcija.

Knjiga limita naloga koja sadrži N nivoa je u trenutku t definisana vektorima

$$P_t^a = (P_{t,1}^a, P_{t,2}^a, \dots, P_{t,N}^a) \quad (1)$$

$$P_t^b = (P_{t,1}^b, P_{t,2}^b, \dots, P_{t,N}^b), \quad (2)$$

koji predstavljaju najbolje N cene na strani traženja i ponude, respektivno; kao i sa vektorima

$$V_t^a = (V_{t,1}^a, V_{t,2}^a, \dots, V_{t,N}^a) \quad \text{i} \quad (3)$$

$$V_t^b = (V_{t,1}^b, V_{t,2}^b, \dots, V_{t,N}^b), \quad (4)$$

koji predstavljaju broj akcija dostupnih za trgovinu u trenutku t po cenama prisutnim u vektorima P_t^a i P_t^b , respektivno. Sveobuhvatan pregled matematičkog koncepta knjige limitiranih naloga je izložen u odeljku II u [8].

Pri opisivanju oblika knjige limitiranih naloga često se pominju dve promenljive: kotirani raspon (eng. quoted spread) i srednja cena (eng. Mid-price). Kotirani raspon, koji označavamo sa *QuotedSpread*, je definisan kao razlika između najniže tražene cene i najviše ponuđene cene:

$$QuotedSpread_t = P_{t,1}^b - P_{t,1}^a. \quad (5)$$

Razlika u ceni koju plaća kupac i dobija prodavac je trošak likvidnosti. Postoje berze, kao što je na primer NASDAQ, gde trejderi obezbeđuju likvidnost. Razlike u rasponu između najniže tražene i najviše ponuđene cene ukazuju na promene likvidnosti. Što je manji raspon i što je više limitiranih naloga u knjizi, to je veća likvidnost hartije od vrednosti. Likvidnost je mera sposobnosti da se jeftino izvrši transakcija. Dovoljna likvidnost je neophodna i sastavna komponenta tržišta koje dobro funkcioniše.

Srednja cena, koju označavamo sa *MidPrice*, je definisana kao aritmetički prosek najbolje cene tražnje i najbolje ponuđene cene:

$$MidPrice_t = \frac{1}{2} (P_{t,1}^a + P_{t,1}^b). \quad (6)$$

Srednja cena se često koristi kao aproksimacija realne cene akcije. Pogledajte rad [9] gde su izloženi različiti koncepti modeliranja srednje cene u kontekst knjige limitiranih naloga.

3 MODEL

Označimo sa $\dot{T}$ parametarski skup koji predstavlja skup vremena trgovanja kada su registrovani događaji na berzi. Broj naloga dostupnih po ceni p u vreme t označimo sa $V(t, p)$. U knjizi limitiranih naloga cene su zapisane na diskretnoj mreži i minimalnu udaljenost između dva nivoa cena (eng. Tick) označićemo sa δ . Posmatramo dvoparametarski proces koji predstavlja proces obima naloga:

$$(7) \quad \left\{ V(t, p), t \in \dot{T}, p \in \delta N \vee p \in \frac{\delta}{2} N \right\}.$$

Primitimo da su cene podeljene po nivoima, i kako je minimalan razmak između cena δ , nivoi u knjizi limitiranih naloga cene uzimaju vrednosti iz skupa δN ili $\delta/2 * N$. S obzirom da se cena menja, pogodno je pratiti obim porudžbina na datoj udaljenosti i (tikova) od srednje cene. Dakle, posmatramo centriranu knjigu naloga $U_i(p) = V(t, MidPrice_i + p)$.

4 KOTIRANI RASPON

Centralna tačka ovog istraživanja je da se posmatra ponašanje kotiranog raspona u toku jednog trgovačkog dana, preciznije njegova distribucija. Studija koja je sprovedena u [10] pokazuje da je kotirani raspon najčešće jednak minimalnom razmaku između dve cene prisutne u knjizi limitiranih naloga. Promene u kotiranom rasponu nam mogu ukazati na promene u likvidnosti, pogledajte rad [11]. Studija prikazana u radu [12] rad predlaže procenu efektivne razlike između ponude i potražnje, i proučava kako takva procena utiče na likvidnost. Rezultati prikazani u radu [13] pokazuju da za procenu efektivnog ili kotiranog raspona pod normalnim tržištem uslovima Istanbulske berze, tick daje najbolje rezultate u poređenju sa jos 5 posmatranih različitih metoda.

5 KAHANOV ALGORITAM ZA SUMIRANJE

Prosečan raspon tokom svih vremena trgovanja se izračunava korsicenjem Kahanov algoritam za sumiranje (eng. Kahan Summation algoritam), pogledajte [14]. Sličan algoritam za sumiranje predstavljen je još ranije u [15] i taj algoritam posmatra numerički proces kao propisano ponavljanje elementarnih operacija koje stvaraju mapiranje posmatranog matematičkog problema. Slična tehnika koja prati akumuliranu grešku u celobrojnim operacijama je prikazana u [16]. Kahanovo sumiranje smanjuje numeričku grešku u konačnom rezultatu pri sabiranju niza velikih brojeva ili brojeva sa decimalnim zarezom u poređenju sa klasičnim pristupom. Ideja Kahanovog algoritma za sumiranje je da kompenzuje grešku pri sabiranju brojeva tako što se uvodi posebna promenljiva za čuvanje greške u svakom koraku dok se izvršavaju aritmetičke operacije. Kahanovo sumiranje minimizira grešku pri sabiranju brojeva sa decimalnim zarezom i smanjuje značajan gubitak preciznosti pri aritmetičkim operacijama. Kahanov

algoritam za sumiranje se može ilustrovati pseudokodom prikazanom na Slici 2.

```
function KahanSumation(NizBrojeva)
    var suma = 0.0
    var kompenzator = 0.0
    for i = 1 to NizBrojeva.length do

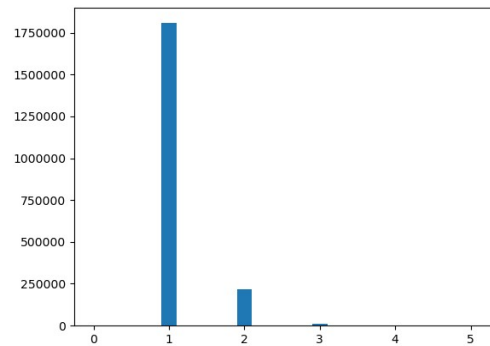
        #Primena ispravku
        var y = NizBrojeva[i] - kompenzator
        #Inkrement zbir
        var t = suma + y
        #Računamo kompenzator
        kompenzator = (t - suma) - y

        suma = t

    next i

    return suma
```

Slika 2. Pseudokod Kahanovog algoritma za sumiranja.



Slika 3. Histogram koji prikazuje distribuciju kotiranog raspona u broju tikova za izabrani trgovački dan (2019-07-01) za MU akcije.

6 STATISTIČKA ANALIZA

Manji kotirani rasponi ponude i traženja su znak veće likvidnosti, dok su veći kotirani rasponi znak manje likvidnosti ili veoma promenljivih akcija. U situacijama kada je kotirani raspon veliki, znatno je teže trgovati u i van pozicije po fer ceni jer je manja likvidnost.

Prosečna razlika tokom svih vremena trgovanja je izračunata korišćenjem algoritma Kahan Sumation (da bi se izbegle numeričke greške kod sabiranje velikih brojeva). Simulacija programa nam govori da je prosečan raspon jednak 0,011174535151268644\$ za akcije kompanije MU u toku izabranog trgovačkog dana (01.07.2019).

Na Slici 3 je prikazan histogram koji prikazuje distribuciju kotiranog raspona u odnosu na broj tikova za izabrani trgovački dan. Ovaj histpgram sumira rezultate dobijene programskom simulacijom, korišćenjem Kahanovog algoritma za sumiranje i potvrđuje pretpostavku da je kotirani raspon najčešće jednak upravo

vličini jednog ticka. To nam ukazuje da postoji zadovoljavajuća likvidnost i da berza dobro funkcioniše.

S obzirom da radimo sa velikom bazom podataka, tehnike masinskog učenja nam mogu pomoći da lakše obradimo podatke i izdvojimo relevantne karakteristike kako bi u daljem istraživanju uz pomoć neuronske mreže klasifikovali svaki vektor posmatrane baze podataka.

NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Autorka je zahvalna Profesoru Dr. Thorsten Rheinländer na komentarima i konstruktivnim sugestijama, kao i na pomoći u analizi LOBSTER baze podataka.

LITERATURA

- 1 Cont, R., Kukanov, A., and Stoikov, S. The price impact of order book events. *Journal of financial econometrics*, 12(1):47–88, 2014.
- 2 Palguna, D. and Pollak, I. Mid-price prediction in a limit order book. *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, 10(6):1083–1092, 2016.
- 3 Zheng B., Moulines E., and Abergel, F. Price jump prediction in limit order book. *arXiv preprint arXiv:1204.1381*, 2012.
- 4 Radojičić, D., Kredatus, S. and Rheinländer, T., 2018, November. An approach to reconstruction of data set via supervised and unsupervised learning. In *2018 IEEE 18th International Symposium on Computational Intelligence and Informatics (CINTI)* (pp. 000053-000058). IEEE.
- 5 Radojičić, D. and Kredatus, S., 2020. An approach for processing data from NASDAQ stock exchange database. In *Proceedings of the 10th International Conference on Information Society and Technology (ICIST 2020)*. Society for Information Systems and Computer Networks.
- 6 Radojičić D, Radojičić N, Kredatus S. A multicriteria optimization approach for the stock market feature selection. *Computer Science and Information Systems*. 2021;18(3):749-69.
- 7 Radojičić D, Kredatus S. The impact of stock market price fourier transform analysis on the gated recurrent unit classifier model. *Expert Systems with Applications*. 2020 Nov 30;159:113565.
- 8 Gould, M.D., Porter, M.A., Williams, S., McDonald, M., Fenn, D.J., Howison, S.D.: *Limit order books*. *Quantitative Finance* 13(11), pp 1709–1742, 2013
- 9 Delattre S, Robert CY, Rosenbaum M. Estimating the efficient price from the order flow: a Brownian Cox process approach. *Stochastic Processes and their Applications*. 2013 Jul 1;123(7):2603-19.
- 10 Dayri K, Rosenbaum M. Large tick assets: implicit spread and optimal tick size. *Market Microstructure and Liquidity*. 2015 Jun 4;1(01):1550003.

- 11 Muranaga J, Ohsawa M. Measurement of liquidity risk in the context of market risk calculation. a BIS volume entitled *The Measurement of Aggregate Market Risk*. 1997.

- 12 Hagströmer B. Bias in the effective bid-ask spread. *Journal of Financial Economics*. 2021 Oct 1;142(1):314-37.

- 13 Guloglu ZC, Ekin C. A comparison of bid-ask spread proxies: Evidence from Borsa Istanbul futures. *Journal of Economics Finance and Accounting*. 2016;3(3):244-54.

- 14 Kahan W. Pracniques: further remarks on reducing truncation errors. *Communications of the ACM*. 1965 Jan 1;8(1):40.

- 15 Babuska I. Numerical stability in mathematical analysis. *InIFIP Congress (1)* 1968 Aug (Vol. 68, pp. 11-23).

- 16 Bresenham JE. Algorithm for computer control of a digital plotter. *IBM Systems journal*. 1965;4(1):25-30.

PRIMENA MAŠINSKOG UČENJA U SOFTVERSKOM ALATU ZA ANALIZU KOŽNIH PROMENA

APPLICATION OF MACHINE LEARNING WITHIN THE SOFTWARE TOOL FOR ANALYSIS OF SKIN LESIONS

Dražen Drašković

Univerzitet u Beogradu - Elektrotehnički fakultet

Sadržaj – Primena veštačke inteligencije u medicini danas je od velikog značaja, kao pomoć lekarima u brznoj, efikasnjoj i što tačnijoj dijagnozi. Najčešće se koriste tehnike mašinskog učenja, čiji je cilj konstruisanje modela i sistema koji su sposobni da uče na osnovu iskustva. U ovom radu opisan je softverski alat za analizu kožnih lezija, skup podataka korišćen za obuku modela, kao i proces kreiranja modela. Primenjen je metod prenosa učenjem na unapred obučenoj mreži, a dobijeni model ima preciznost od preko 86%. Model je veoma osetljiv po pitanju prepoznavanja melanoma, kao najopasnije od sedam vrsta lezija.

Abstract - The application of artificial intelligence in medicine is of great importance today, as an aid to doctors in a quick, efficient and as accurate diagnosis as possible. Machine learning techniques are most commonly used, that aimed to construct models and systems that are capable of learning based on experience. This paper describes a software tool for the analysis of skin lesions, a dataset used to train models, as well as the process of creating models. The method of transmission by learning on a pre-trained network was applied, and the obtained model has an accuracy of over 86%.

1. UVOD

Veštačka inteligencija jeste sposobnost mašine ili kompjuterskog programa da uči i izvrši zadatke koji zahtevaju razmišljanje i rezonovanje, a koje uglavnom izvršava čovek [1]. Zadaci i problemi koji su rešavani pomoću veštačke inteligencije postajali su sve komplikovaniji kako je kompjuterska moć rasla, tako je u današnje vreme veštačka inteligencija sposobna da pobedi čoveka u strateškim igrama poput šaha ili igre Go, da upravlja vozilima bez vozača, prepoznaje bolesti, predviđa promene na berzi, prepoznaje ljudska lica, odgovara na pitanja i jos mnogo drugih stvari.

Potencijal veštačke inteligencije je veoma veliki, a njena upotreba postaje neizostavna u sve većem broju delatnosti. Tako postoje fabrike koje koriste robote obučene pomoću veštačke inteligencije koji su potpuno zamenili čoveka, kafići bez konobara, poljoprivredna gazdinstva gde jedan farmer obrađuje kompletna polja pomoću mašina koje samostalno obavljaju kompletan posao. Roboti su kreirani tako da koriste algoritme pomoću kojih sami mogu da nauče svoje zadatke, oni uče na svojim greškama baš kao što bi i čovek učio. Tako sa početnih nekoliko procenata uspešno izvršenih zadataka,

nakon nekog vremena samostalnog učenja dolazi do preko devedeset procenata uspešnosti izvršavanja [2].

Diktatura podacima je termin koji se koristi za sisteme poput onog razvijenog u većim gradovima Kine. Pomoću veštačke inteligencije sve je pod konstantnim nadzorom. Prepoznavanje lica koje nepropisno pređe ulicu, i njegovo kažnjavanje jedna je od kontroverznih sposobnosti ovakvog sistema. Konstantno praćenje ljudi i saobraćaja ima svoje prednosti, poput smanjenja kriminala i ubrzavanja protoka saobraćaja, međutim ta procedura je zabranjena u skoro svim zemljama iz etičkih razloga i velike ugroženosti privatnosti [3]. Ovakvi sistemi imaju ogroman broj pozitivnih karakteristika, te je tako njihovo korišćenje u velikim gradovima često pozitivno uticalo na funkcionisanje. Upravljanje resursima u bolnicama, usmeravanje saobraćaja radi smanjenja gužvi, drastično smanjivanje kriminala, bolje raspoređivanje resursa poput struje i vode, kao i njihovo drastično smanjenje su samo neki od benefita veštačke inteligencije u službi boljeg funkcionisanja gradova, velikih kompanija i ekologije.

Brzo, efikasno i tačno dijagnostikovanje kožnih lezija je problem koji je moguće umanjiti, ako ne i rešiti pomoću veštačke inteligencije. U drugom poglavlju opisani su problem analize kožnih lezija, postojeći sistemi za analizu kožnih lezija i skup podataka korišćen za obuku modela. U trećem poglavlju opisan je postupak kreiranja modela za prepoznavanje kožnih lezija pomoću klasifikatora slika. Razvijena je veb aplikacija koja omogućava korišćenje modela za prepoznavanje kožnih lezija. Aplikacija ima za cilj da ubrza, olakša i poveća sigurnost lekara prilikom davanja dijagnoze pacijentima koji imaju probleme sa kožnim lezijama. Aplikacija je opisana u četvrtom poglavlju. Na kraju rada dat je zaključak sa istaknutim prednostima i nedostacima sistema, kao i mogućnostima da se sistem unapredi.

2. OPIS PROBLEMA

Korišćenje veštačke inteligencije u zdravstvu je ideja koja postoji već duže vreme. Do sada se radilo na razvoju više softverskih rešenja koji detektuju prisustvo različitih bolesti. Klasifikator slika koji na slici rendgenskog snimka pluća detektuje prisustvo kancera, sa preko 90 procenata tačnosti, jedan je od najpoznatijih [4]. Istraživači kompanije Google su realizovale softver za detekciju kancera pluća pomoću CT snimaka [5]. Poznat je i sistem koji na osnovu glasa detektuje prisustvo prvih znakova Parkinsonove bolesti, pre mogućnosti lekara da

to primeti. Takođe, praćenjem kretanja telefona koji se nalazi u džepu ispitanika, i njegovim kretanjem gore dole, sistem može da pronađe nepravilnosti koja se ljudskim okom ne mogu videti, a odličan su pokazatelj prvih simptoma Parkinsonove bolesti [6].

Otkrivanje melanoma i ostalih vidljivih lezija na koži je problem koji je moguće rešiti pomoću veštačke inteligencije. Rano otkrivanje je ključ u borbi protiv malignog melanoma kože, od kog godišnje samo u Srbiji oboli oko 450 ljudi, a od drugih malignih tumora kože oboli više od 3 hiljade ljudi u Srbiji [7]. Dostupnost servisa pomoću kojeg bi pacijent besplatno dobio dijagnozu, bi moglo da spasi živote.

Otkrivanje lezija kože na osnovu slike je problem koji se svodi na problem klasifikacije u okviru nadgledanog učenja. Sama slika predstavlja ulaznu instancu, a lezija je ciljna labela koju želimo da dobijemo. Skup podataka, u ovom slučaju slika, koji je korišćen u ovom istraživanju, ima primere sedam vrsta lezija, tako da će postojati sedam izlaznih klasa.

Cilj aplikacije je da pomogne lekarima pri otkrivanju lezija kože, pre svega melanoma. Aplikacija bi ubrzala proces davanja dijagnoze tako što bi lekar dobio dve najizvesnije prepoznate lezije. Lekar dobija ime lezije i procentualno koliko je model siguran u prisustvo navedene lezije.

A. POSTOJEĆI SISTEMI

Sličnim problemom kao u ovom istraživanju bavili su se istraživači iz Američkog nacionalnog instituta za zdravlje. Naučnici na institutu su prvenstveno razvili neuralnu mrežu koji razlikuje melanom, rak kože, od benignog mladeža. Zatim je razvijena konvoluciona neuralna mreža koja klasifikuje 12 različitih tipova lezija. Primenjena je metoda prenosa učenjem (eng. *transfer learning*), a najbolji rezultati dobijeni su upotrebom VGG16 konvolucione neuralne mreže. Rešenje je realizovano koristeći algoritam K najbližih suseda. Algoritam je imao preciznost od 95 procenata. Konvoluciona neuralna mreža nazvana je DermoNet [8].

Na univerzitetu u Šenženu u Kini, naučnici sa nekoliko fakulteta su se udružili kako bi napravili sistem za analizu kožnih lezija. Oni su problem analize lezija kože podelili u tri zadatka: segmentacija lezija, izvlačenje dermoskopskih karakteristika lezije i klasifikacija lezija. Kreirane su dve potpuno povezane konvolucione rezidualne mreže, kako bi simultano davale rezultate segmentacije i grube rezultate klasifikacije. Grubi rezultati klasifikacije su kasnije prerađivani pomoću mape toplotne udaljenosti. Dobijeni su dobri rezultati, od 91,2% preciznosti [9].

B. PRISTUP PROBLEMU

Skup podataka korišćenih za obuku modela bio je veoma neizbalansiran. Slika određenih lezija je bilo značajno više nego ostalih. Kako neizbalansirani skupovi podataka nisu dobri za obuku modela, jer se model prilagođava onim lezijama čijih primeraka ima više u skupu podataka,

bilo je neophodno upotrebiti tehniku manipulacije podacima. Model obučen skupom podataka sa neizbalansiranim podacima ima loše rezultate, pogotovo za one klase čijih primeraka ima malo.

Povećanje količine podataka je uobičajeni metod koji se koristi kod mašinskog učenja da bi se smanjila mogućnost preprilagođavanja pri čemu se kreiraju malo izmenjene kopije postojećih podataka. Kod uvećanja količine podataka za model klasifikacije slika, pristupa se procesu opsecanja slika, rotiranja, geometrijskih transformacija, zumiranja slično. Ovim postupkom je smanjena neuravnoteženost skupa podataka za obuku modela [10].

C. SKUP PODATAKA

Skup slika koje su korišćene za obučavanje modela sadrži 10 015 fotografija („The HAM10000“ *Human Against Machine with 10000 training images*) [11]. To su fotografije sledećih lezija: sunčane keratoze, bazalni karcinom, benigne keratoze, dermatofibroma, melanom, mladež, krvne promene. Podaci su raspoređeni u skup za obuku, validacioni skup i skup za testiranje. Pre procesa uvećanja količine podataka skup podataka za obuku modela imao je podatke raspoređene na način prikazan u tabeli 1 u drugoj koloni. Nakon procesa uvećanja količine podataka i manipulacije podacima, podaci za obuku modela su mnogo bolje izbalansirani i raspoređeni na način prikazan u tabeli 1 u trećoj koloni. Podaci za validaciju i testiranje raspoređeni su na način prikazan u tabeli 1 u četvrtoj koloni.

Tabela 1. Broj podataka svake lezije u analiziranom skupu podataka

Naziv lezije	Podaci pre manipulacije	Podaci nakon manipulacije	Podaci za validaciju i testiranje
Mladež	5954	5954	751
Melanom	1074	5920	39
Benigne keratoze	1024	5920	75
Bazalni karcinom	484	5858	30
Sunčane keratoze	301	5217	26
Krvne promene	131	5290	11
Dermato-fibroma	109	4410	6

Na kraju pripreme podataka, pre procesa obuke modela postoji 38 569 podataka za obuku modela i 938 podataka za validaciju i testiranje. Dimenzija slika je 224 × 244 piksela (px).

3. RAZVOJ MODELA

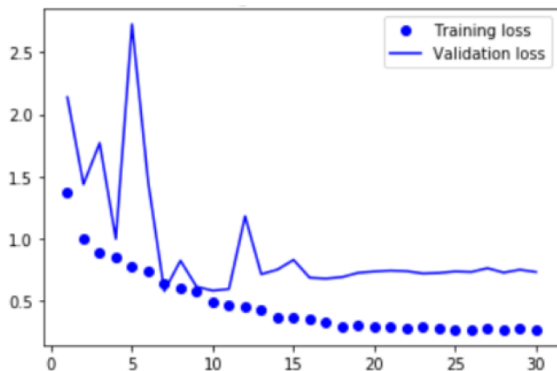
Za obučavanje modela korišćeno je nadgledano učenje kao pristup mašinskom učenju, gde se modelu zadaju ulazni podaci sa labelama.

Prenos učenjem (eng. *transfer learning*) je metod mašinskog učenja gde se koristi prethodno obučeni model

i njegova neuralna mreža, i blagim korekcijama (eng. *fine tuning*) dolazi se do novog modela. Postoji nekoliko unapred obučanih modela koji se koriste pri prenosu učenjem, kao što su *VGG16*, *Xception*, *MobileNet* i drugi. Razlika je u njihovoj veličini, broju slojeva, broju parametara na kojima su obučavani, preciznosti.

VGG16 je model obučen pomoću 138,357,544 parametara, veličine je 528 MB sa preciznošću od 0,901, što ga čini jednim od najvećih, najtežih, ali i najpreciznijih unapred obučanih modela. Zbog njegove veličine *VGG16* je zahtevan za fino tuniranje, i nije ga moguće koristiti na mobilnim telefonima. Nešto lakša verzija je *MobileNet* koji zauzima svega 16 MB, ima 93 sloja i obučen je sa 4,253,864 parametara sa preciznošću od 0,895. Možemo primetiti da *VGG16* i *MobileNet* imaju zanemarljivu razliku u preciznosti predikcija, dok je razlika u veličini značajna. Zbog te činjenice *MobileNet* je pogodniji za fino tuniranje za model klasifikatora slika.

Za grafički prikaz rezultata korišćena je biblioteka *Matplotlib*. Na slici 1. je predstavljen grafik koji prikazuje gubitke kroz epohe. *Loss* predstavlja gubitak odnosno greške pri testiranju određenih podataka na modelu u odnosu na tačne rezultate. Ukoliko se desi da pri obučavanju imamo veće gubitke nego pri validaciji desio se problem prilagođavanja. Ukoliko su gubici veći pri validaciji nego obuci, došlo je do preprilagođavanja. Cilj je da gubici budu približni pri obuci i validaciji [12]. Model daje predikcije sa preciznošću od oko 86% što predstavlja dobre karakteristike.

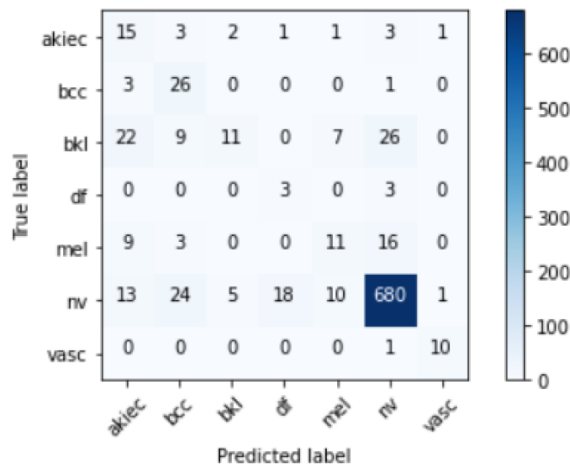


Slika 1. Gubitak pri obuci i validaciji razvijenog modela

Rezultati modela prikazani pomoću konfuzione matrice na slici 2. Konfuziona matrica je kreirana na osnovu testiranja modela pomoću skupa podataka za testiranje. Svaki red matrice predstavlja tačnu predikciju, dok labela u koloni predstavlja leziju koju je model predvideo.

Model daje najbolje rezultate pri predikciji bazalnog karcinoma i krvnih promena, pre svega zbog njihovog specifičnog izgleda. Kako je i u realnosti veliki problem razlikovati melanom od mladeža, tako se i model muči da ih klasifikuje. Ostale lezije koje fizički ne izgledaju slično ne predstavljaju preveliki problem ni za model. Osim fizičke sličnosti na rezultate utiče i kvalitet podataka, kao

i njihova konzistentnost. Dodatne probleme modelu stvara činjenica da jedna lezija može imati veliki broj različitih tipova, sa različitim oblicima, veličinama i bojama.



Slika 2. Konfuziona matrica razvijenog modela

4. OPIS REALIZOVANE APLIKACIJE

Za potrebe demonstracije modela opisanog u prethodnom poglavlju razvijena je veb aplikacija koja omogućava interaktivno korišćenje razvijenih sistema. U okviru realizacije korišćene su sledeće biblioteke: *Flask*, *JQuery*, *MongoEngine*, i *WTForms*.

Aplikacija ima dve vrste korisnika, pacijente i lekare. Pacijenti kreiraju svoje korisničke naloge na veb strani za registraciju novih korisnika, popunjavanjem zadate forme. Veb aplikacija daje mogućnost pacijentima da komuniciraju sa lekarima. Pacijenti mogu da prijavljuju probleme sa simptomima i da slikaju promene na koži. Lekari kasnije pregledaju te prijave, uz pomoć modela predstavljenog u prethodnom poglavlju dobijaju predikciju i sugestiju o kojoj leziji se radi, a zatim daju dijagnozu. Kada se prijavi na sistem pacijent ima dve mogućnosti. Može da pregleda dosadašnje prijave problema, lezija, ili da prijavi novi problem. Ako odluči da kreira novu prijavu, pacijent dobija formu koju treba da popuni, kao što je prikazano na slici 3. Kada popuni prikazanu formu, odabere sliku koju želi i zatim pritiskom na dugme „Kreiraj“ prijava se čuva u bazi podataka sa statusom „Neodgovorena“. Pacijentima je uskraćeno da direktno koriste model za prepoznavanje lezija iz etičkih razloga.

Kada lekar pristupi davanju dijagnoze, on prvo pokreće sistem, model za prepoznavanje kožnih lezija koji će mu dati dve najverovatnije dijagnoze sa procentima koliko je model siguran u pretpostavke. Prikaz rada modela za prepoznavanje kožnih bolesni dat je na slici 4.

Slika 3. Prikaz forme za dodavanje nove kožne lezije od strane pacijenta

Slika 4. Prikaz rada modela za prepoznavanje kožnih bolesti

Lekar dobija dva najverovatnija odgovora kao i verovatnoću uz svaku od njih. Lekaru model služi kao sugestija i ubrzava proces davanja dijagnoze. Takođe, lekaru je umnogome olakšan posao prepoznavanja, jer model daje veoma dobre rezultate. Lekar popunjava formu i daje dijagnozu. Pritiskom na dugme „Sačuvaj“ dijagnoza se sačuvava u okviru prijave, i prijava dobija status „Odgovorena“. Kad lekar pošalje dijagnozu, ona se pacijentu šalje e-poštom.

Problem prepoznavanja kožnih lezija sveden je na problem klasifikacije slika. Ovaj problem u domenu veštačke inteligencije rešava se korišćenjem konvolucionih neuralnih mreža. Pri kreiranju modela korišćen je unapred obučena neuralna mreža *MobileNet*. Primenom metode finog tuniranja, neuralna mreža blago je korigovana. Uklonjeno je poslednjih 6 slojeva neuralne mreže *MobileNet*. Zatim je dodat jedan, potpuno povezan sloj sa 7 izlaznih čvorova za 7 klasa predikcije modela. Pri obučavanju modela korišćena su poslednja 23 sloja od ukupno 93 sloja *MobileNet* mreže. Broj slojeva koji će biti obučeni za prepoznavanje lezija odabran je eksperimentalno, nakon nekoliko pokušaja utvrđeno je da je odabrani broj dao najbolji odnos preciznosti i brzine. Prioritet je dat detekciji melanoma u odnosu na ostale lezije, iz razloga što je najopasniji i najsmrtonosniji. [13, 14]

Korišćen je Adam optimizator sa stopom učenja 0,01. Stopa učenja je parametar koji određuje koliko će se model izmeniti, kao odgovor na grešku svaki put kada se težine promene. Teško je izabrati pravu veličinu stope, premala stopa čini da obuka traje predugo, a prevelika čini obuku nestabilnom i prebrzom i model nema dobre rezultate. Odabrano je 30 epoha sa veličinom serije 10 podataka.

5. ZAKLJUČAK

U ovom istraživanju razmatran je problem analize kožnih lezija pomoću tehnika veštačke inteligencije. Kreirana je i veb aplikacija koja demonstrira rad modela u realnim okolnostima. Veb aplikacija omogućava interakciju pacijenata i lekara. Pacijent prijavljuje leziju opisuje simptome, postavlja sliku lezije i zatim čeka odgovor lekara. Podaci o korisnicima i njihovim prijavama čuvaju se u bazi podataka. Lekar izvršava pregled prijavljene lezije, dobija sugestiju o kojoj leziji je reč, i koliko je model siguran da je određena lezija prisutna, i na osnovu toga daje dijagnozu. Za obuku modela korišćeno je preko 10 000 slika. Primenjen je metod prenosa učenjem na unapred obučenoj mreži, a dobijeni model ima preciznost od preko 86%. Model je veoma osetljiv po pitanju prepoznavanja melanoma, kao najopasnije od sedam lezija. Kako je kožne lezije veoma teško prepoznati, a naročito izdvojiti melanom i razlikovati ga od benignog mladeža, ovaj procenat je impresivan. Kako je za potrebe transfera učenjem korišćen *MobileNet* model koji ne zauzima mnogo memorije, tako je i razvijeni sistem veoma lagan i prenosiv što omogućava korišćenje preko mobilnog uređaja i tableta.

Kreirana aplikacija ima potencijal da se dalje razvija uz integraciju sa kamerom dobre rezolucije ili dermoskopom. Dermoskop je medicinski aparat sa kamerom i sočivom koji koriste lekari pri pregledu kože. Integracija sa ovim aparatom mogla bi omogućiti dobijanje trenutne dijagnoze sa velikom preciznošću i napravila bi značajan korak ka ranom otkrivanju melanoma. Ukoliko bi se sistem integrisao sa dermoskopom ili kamerom pacijenti bi sami mogli da izvrše pregled i dobiju dijagnozu. Konvoluciona mreža se

dalje potencijalno može unaprediti korišćenjem naprednijih arhitektura za klasifikaciju slika, kao i obučavanjem modela na većem skupu podataka. Kako se podaci o korisnicima, a pre svega njihova medicinska stanja, čuvaju u bazi podataka potrebno je unaprediti bezbednost tih podataka, ili na neki način izbeći direktno čuvanje takvih podataka u bazi.

Nakon svega navedenog jasno je da će se primena veštačke inteligencije u medicinske svrhe povećavati iz godine u godinu, i da će olakšavati posao lekarima, jer će ovakvi sistemi biti od velike pomoći u određivanju dijagnoze, kao pomoćni sistemi u odlučivanju.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je rezultat istraživanja na projektu *AVANTES (Advancing Novel Textual Similarity-based Solutions in Software Development)* koji je finansiran od strane Fonda za nauku Republike Srbije, u okviru Programa za razvoj projekata iz oblasti veštačke inteligencije. Autori se zahvaljuju na finansijskoj podršci.

LITERATURA

- [1] Russell, S. J. (2010). Artificial intelligence a modern approach. Pearson Education, Inc.
- [2] Hamet, P., & Tremblay, J. (2017). Artificial intelligence in medicine. *Metabolism*, 69, S36-S40.
- [3] Wu, W., Huang, T., & Gong, K. (2020). Ethical principles and governance technology development of AI in China. *Engineering*, 6(3), 302-309.
- [4] Wang, S., Yang, D. M., Rong, R., Zhan, X., Fujimoto, J., Liu, H., ... & Xiao, G. (2019). Artificial intelligence in lung cancer pathology image analysis. *Cancers*, 11(11), 1673.
- [5] Jacobs, C., & van Ginneken, B. (2019). Google's lung cancer AI: a promising tool that needs further validation. *Nature Reviews Clinical Oncology*, 16(9), 532-533.
- [6] Khan, M. M., Mendes, A., & Chalup, S. K. (2018). Evolutionary Wavelet Neural Network ensembles for breast cancer and Parkinson's disease prediction. *PLoS One*, 13(2), e0192192.
- [7] Incidencija i mortalitet od raka u centralnoj Srbiji (2015), Institut za zaštitu zdravlja Srbije „Dr Milan Jovanović Batut“, dostupno na: <https://www.batut.org.rs/download/publikacije/Incidencija%20i%20mortalitet%20od%20raka%202015.pdf>, posećeno dana: 14.12.2021. godine.
- [8] El-Khatib, H., Popescu, D., & Ichim, L. (2020). Deep learning-based methods for automatic diagnosis of skin lesions. *Sensors*, 20(6), 1753.
- [9] Li, Y., & Shen, L. (2018). Skin lesion analysis towards melanoma detection using deep learning network. *Sensors*, 18(2), 556.
- [10] Deep Lizard, „Data Augmentation With TensorFlow's Keras API“, dostupno na:

<https://deeplizard.com/learn/video/14syUbL16k4>, posećeno dana 5.10.2020.)

[11] Skup podataka, „Skin Cancer MNIST: HAM10000“

(dostupno na: <https://www.kaggle.com/kmader/skin-cancer-mnist-ham10000>, posećeno dana: 5.10.2020.)

[12] Ren, M., Zeng, W., Yang, B., & Urtasun, R. (2018, July). Learning to reweight examples for robust deep learning. In *International conference on machine learning* (pp. 4334-4343). PMLR.

[13] Machine Learning Mastery, How to use Learning Curves to Diagnose Machine Learning Model Performance (dostupno na: <https://machinelearningmastery.com/learning-curves-for-diagnosing-machine-learning-model-performance/>, posećeno dana 16.10.2020.)

[14] Transfer learning and fine-tuning (dostupno na: https://www.tensorflow.org/tutorials/images/transfer_learning, posećeno dana 19.10.2020.)

UČENJE FER MODELA MAŠINSKOG UČENJA UZ ODSUSTVO ZAVISTI

LEARNING FAIR, ENVY-FREE MACHINE LEARNING MODELS

Sandro Radovanović¹, Miloš Jovanović¹, Boris Delibašić¹, Milija Suknović¹
Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka¹

Sadržaj – Uticaj algoritamskog odlučivanja na živote ljudi doveo je do razvoja oblasti fer algoritamskog odlučivanja, gde treba obezbediti da pojedinac ili grupa ne budu diskriminirani zbog osobina koje su nasleđene ili prisvojene. Pored standardnih načina za rešavanje tog problema, ovaj rad prikazuje kako se pojam „odsustva zavisti“ iz ekonomije može ugraditi u modele mašinskog učenja, bez većeg gubitka tačnosti. Uspešnost predloženog pristupa, koji je zasnovan na penalizovanoj logističkoj regresiji, je eksperimentalno pokazana na skupu podataka COMPAS koji se tipično koristi u oceni fer modela mašinskog učenja.

Abstract - The influence of algorithmic decision-making on everyday life has led to the development of fair algorithmic decision-making, where one ensures that an individual or group is not discriminated against because of inherited or appropriated traits. In addition to standard approaches, this paper shows how the envy-free concept from the economic theory can be adapted into fair machine learning models, without a greater loss of accuracy. The success of the proposed approach, which is based on the penalized logistic regression, is demonstrated in the COMPAS dataset, one that is typically used in the assessment of fair machine learning models.

1. UVOD

Sa razvojem svesti o uticaju algoritama, odnosno odluka koje se donose automatizovano na svakodnevni život pojedinca došlo je do razvoja oblasti fer algoritamskog donošenja odluke [8]. Zbog činjenice da su odluke donete automatizovano, bez ili uz veoma malu konsultaciju čoveka i da je koncept fer odluka veoma teško definisati i matematički formulirati, oblasti fer algoritamskog odlučivanja se prilazi sa aspekta računarskih nauka [9], filozofije [3] i pravnih nauka [1].

U osnovi svih pristupa ostvarivanja fer algoritamskih odluka je da modeli automatizovanih odluka, u koje pripadaju modeli mašinskog učenja, jeste da pojedinac ili grupa ne budu diskriminirani zbog osobina koje su nasleđene (npr. pol ili boja kože) ili prisvojene (npr. veroispovest), već da se diskriminacija po ishodu vrši isključivo na osnovu zasluge za ostvarivanjem ishoda (eng. *merit*) [9]. Odnosno, ideja je da se ostvari jednakost između pojedinaca ili grupe pojedinaca na osnovu zasluge za ostvarivanjem željenog ishoda. Međutim, različite teorije pravičnosti drugačije posmatraju koncept jednakosti. Dosadašnji pristup razvoju modela mašinskog učenja se zasniva na konceptu trenutne zasluge. Odnosno, može se doći do odluka kod kojih postoji razlika u dobijanju željenog ishoda između dve grupe ljudi (npr. muškaraca i

žena) i koje se percipiraju kao nefer. Posmatrajući sistem za podršku odlučivanju u sudstvu COMPAS se smatra u većoj meri nepravednim i nefer [17]. Ovaj sistem koji pomaže sudijama u donošenju odluke da li je potrebno pojedinca poslati u kućni pritvor ili na služenje zatvorske kazne računa rizik od činjenja krivičnog dela u budućnosti i na osnovu toga sudiji predlaže odluku. Analizom rezultata pokazalo se da postoji opravdana sumnja da COMPAS sistematski favorizuje ljude bele boje kože, odnosno da sistematski diskriminiše ljude na osnovu boje kože. Naime, nezavisna analiza rezultata je pokazala da ljudi crne boje kože imaju između 10% i 15% veću verovatnoću dobijanja neželjenog ishoda (služenje zatvorske kazne) od ljudi bele boje kože. Pored navedenog, ljudi crne boje kože imaju veću grešku lažnih pozitivnih odluka (greškom poslati na služenje zatvorske kazne) od ljudi bele boje kože, dok ljudi bele boje kože imaju veću grešku lažnih negativnih (greškom nisu poslati na služenje zatvorske kazne) [17]. Ovakve odluke nemaju samo posledice neispravnih odluka, već mogu dovesti i do rasnih nemira, te je potrebno na neki način korigovati algoritamske odluke kako bi se neželjena diskriminacija umanjila ili u potpunosti eliminisala [12].

Pristup koji se trenutno najviše koristi u algoritamskom odlučivanju je ostvarivanje jednakosti ishoda, odnosno umanjivanje nejednakosti ishoda (eng. *disparate impact*). Sa pretpostavkom da ljude možemo podeliti u grupe (npr. ljudi crne i ljudi bele boje kože) i sa pretpostavkom da su svi ljudi jednaki trebalo bi i da ishod algoritamske odluke ne pravi razliku u ostvarivanju ishoda algoritamske odluke [5]. Drugim rečima, očekivanje ishoda $\hat{y}$ bi trebalo da je jednako između grupa ljudi s , od kojih je jedna privilegovana ($s = 1$), a druga neprivegovana ($s = 0$). Matematički, $E(\hat{y}|s = 1) = E(\hat{y}|s = 0)$. Obezbeđivanje jednakosti ishoda dolazi najčešće sa cenom tačnosti klasifikacije. Odnosno, biti fer u odlukama zahteva žrtvovanje tačnosti modela mašinskog učenja [8].

Međutim, ovakav pogled na fer odluke nije uvek opravdan zato što ne uzima u obzir vrednosti ulaznih atributa, tj. osobina pojedinaca koje dovode do ostvarivanja ishoda [9]. Imajući to u vidu predlažemo korišćenje koncepta *odsustva zavisti* (eng. *envy-free*) kao meru fer algoritamske odluke [4]. Odnosno, nijedan pojedinac grupe ne bi želeo da bude pripadnik druge grupe zarad ostvarivanja željenog ishoda. Da bismo postigli odsustvo zavisti u modelima algoritamskog odlučivanja potrebno je napraviti dva modela mašinskog učenja, jedan za privilegovanu, drugi za neprivegovanu grupu i usmeriti postupak optimizacije tako da se penalizuje zavist. U ovom istraživanju kao osnovni algoritam izabrana je logistička regresija zbog svoje jednostavnosti i široke upotrebe. Hipoteza koju

želimo da pokažemo jeste da je moguće ostvariti fer modele odlučivanja, bez većeg žrtvovanja tačnosti modela odluke.

Uspešnost predloženog pristupa je pokazana na skupu podataka koji se tipično koristi u oceni nefer modela mašinskog učenja, a koji dolazi iz sistema za podršku sudskim odlukama COMPAS [17].

U narednom poglavlju je opisan koncept odsustva zavisti iz kojeg je kasnije izveden predloženi metod. Na osnovu predloženog metoda i istraživačkih pitanja postavljeno je istraživanje, te su nakon toga prikazani i diskutovani rezultati. Na kraju je zaključen rad sa predlozima daljih istraživanja.

2. ODSUSTVO ZAVISTI

Odsustvo zavisti je koncept koji se često spominje i koristi u ekonomskoj teoriji i teoriji odlučivanja prilikom raspodele resursa [4]. Zavist se formuliše kroz funkciju koristi, odnosno funkciju zadovoljstva koju pojedinac ima prilikom raspodele resursa. Dakle, za svakog pojedinca formuliše se funkcija u koja opisuje stepen zadovoljenja želja pojedinca. U ovom radu, navedena funkcija zavisi od osobina tog pojedinca, u slučaju klasifikacije ulaznih atributa X . Odnosno, funkcija koristi je definisana kao:

$$u: X \rightarrow Y \in [0, 1] \quad (1)$$

gde funkcija koristeći ulazne attribute vrši preslikavanje u prostor ishoda koji predstavlja procentualno zadovoljenje, odnosno u slučaju klasifikacionih modela mašinskog učenja verovatnoću ostvarivanja željenog ishoda. U klasičnoj teoriji raspodele resursa svaki pojedinac ima svoju funkciju u koja zavisi isključivo od osobina tog pojedinca i koja je poznata donosiocu odluke prilikom raspodele resursa.

Znajući funkcije u i ulazne attribute X možemo formulisati odsustvo zavisti tako da pojedinac i raspodelom resursa funkcijom koristi pojedinca i ima veći stepen zadovoljstva nego raspodelom resursa funkcijom koristi bilo kog drugog pojedinca j . Matematički, možemo formulisati odsustvo zavisti kroz (2).

$$u(X_i, i) \geq u(X_j, j), \quad j \neq i \quad (2)$$

Odnosno, pojedinac ne oseća zavist ukoliko je stepen zadovoljstva raspodelom resursa bolji ili barem onoliko dobar koliko bi bio raspodelom resursa bilo kog drugog pojedinca. Ukoliko raspodela resursa poseduje ovu osobinu, onda pojedinac može i mora da se oseća zadovoljno jer ne postoji druga kombinacija dodele resursa koja bi njega učinila zadovoljnijim. Zatim, ukoliko umesto pojedinca posmatramo ceo skup podataka, onda možemo reći da ceo model raspodele resursa ima odsustvo zavisti ukoliko odsustvo zavisti važi za svakog pojedinca u skupu podataka. Matematički, možemo to iskazati kroz (3).

$$\forall i: (u(X_i, i) \geq u(X_j, j)), \quad j \neq i, i = 1, \dots, n \quad (3)$$

Da bismo ocenili odsustvo zavisti modela raspodele resursa potrebno je da uporedimo funkciju zadovoljstva svakog pojedinca i sa svakim drugim pojedincom j . Odnosno, potrebno je napraviti n^2 poređenja funkcija zadovoljstva. Posmatrajući sa aspekta teorije odlučivanja, ovakav način posmatranja problema odgovara modelovanju preferencija pojedinaca [14].

Drugačijom formulacijom (3) možemo definisati nefer raspodelu resursa tako što će važi:

$$\exists i, j: (u(X_i, i) < u(X_j, j)), \quad j \neq i \quad (3)$$

Odnosno, postoji kombinacija pojedinaca i i j takva da bi stepen zadovoljenja korisnika i bio veći ukoliko dobije resurse koji su raspoređeni pojedinu j . U tom slučaju pojedinac i ima razloga da iskaže zavist prema pojedinu j .

U oblasti mašinskog učenja koncept odsustva zavisti nije često korišćen kao mera fer odluka. U radu [19] se, prema našim saznanjima, prvi put spominje koncept odsustva zavisti u mašinskom učenju. Način na koji je koncept zavisti ugrađen je kroz očekivanje cele grupe pojedinaca i poređenjem očekivanja cele grupe pojedinaca sa drugom grupom pojedinaca. Skup podataka je podeljen na dve grupe, imenovane privilegovana grupa ($s = 1$) i neprivilogovana grupa ($s = 0$) i definisana je grupna korist kroz:

$$U_s = E_{x|s}[\text{sign}(\theta(x)) = 1] \quad (4)$$

gde je sign znak koji se dobija skorom logističke funkcije θ . Odnosno, grupna korist predstavlja procenat ljudi koji pripada posmatranoj grupi, a koji su ostvarili željeni ishod. Ukoliko bismo posmatrali klasične mere fer odlučivanja želeli bismo da važi $U_{s=1} = U_{s=0}$, međutim odsustvo zavisti će važiti ukoliko je zadovoljeno da $U_{s=1}(\theta_{s=1}) \geq U_{s=1}(\theta_{s=0})$ i obrnuto $U_{s=0}(\theta_{s=0}) \geq U_{s=0}(\theta_{s=1})$. Drugim rečima, ukoliko je korist grupe u očekivanju veća kada se koristi model mašinskog učenja napravljen za tu grupu pojedinaca, nego očekivana korist kada se koristi model napravljen za drugu grupu pojedinaca. Kako je znak prekidna i nekonveksna funkcija koju je teško optimizovati efikasno i sa garancijama optimalnosti postavljen je matematički model prikazan u (5).

$$\begin{aligned} \min & -\frac{1}{n} \sum_{(x,y,s) \in D} y \log(p(y|x; \theta_s)) \\ & + \sum_{s \in \{0,1\}} \lambda_s \Omega(\theta_s) \\ \text{subject to} & \sum_{x \in D_s} \max(0, \theta_s^T x) \geq \sum_{x \in D_s} \max(0, \theta_{-s}^T x) \end{aligned} \quad (5)$$

gde je funkcija cilja binarna unakrsna entropija sa penalom na kompleksnost modela koji je u [19] zbir kvadratnih vrednosti koeficijenata modela (eng. *ridge*), a ograničenje matematičkog modela predstavlja da je hindž funkcija koristi grupe (izlomljena linearna aproksimacija znak

funkcije) veća od koristi grupe kada bi se koristio model druge grupe. Rezultati [19] pokazuju jedan efekat koji nije očigledno vidljiv iz matematičkog modela. Zbog činjenice da se prave dva modela mašinskog učenja, jedan za privilegovanu i drugi za neprivilogovanu grupu, tačnost klasifikacije ne opada sa porašću fer odluka. Odnosno, trošak fer odluke je veoma mali.

Drugi rad koji koristi odsustvo zavisti u modelima mašinskog učenja je [2]. Ovaj rad je specifičan po tome što se posmatra više-ciljna klasifikacija (eng. *multi-label classification*). Pretpostavka autora rada [2] jeste da imaju na raspolaganju preferencije svakog pojedinca u skupu podataka vezanu za svaki mogući ishod. Zatim, potrebno je napraviti jedan klasifikacioni model koji će rasporediti ishode po pojedincima tako da nijedan pojedinac ne zavidi na raspoređenim ishodima drugog pojedinca. Tačnije, postavljen je matematički model:

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m \eta_k L(x_i, g_k(x_i)) \\ \text{subject to} \quad & \sum_{k=1}^m \eta_k u(x_i, g_k(x_i)) \geq \sum_{k=1}^m \eta_k u(x_i, g_k(x_j)), \\ & \forall (i, j) \end{aligned} \quad (6)$$

gde je η_k značaj ishoda k , a $L(x_i, g_k(x_i))$ funkcija greške (binarna unakrsna entropija). Ograničenje modela je takvo da za svaki par pojedinaca i i j važi da je ukupna korist u pojedinca i veća kada se koristi model mašinskog učenja sa ulaznim atributima pojedinca i , nego ukupna korist pojedinca i kada se koriste ulazni atributi pojedinca j . Teorijska analiza rada [2] još dodaje da nije potrebno imati ogroman skup podataka kako bismo napravili model mašinskog učenja koji, sa gore-pomenutim pretpostavkama, nema zavist između bilo koja dva pojedinca.

U ovom radu želimo da iskoristimo saznanja iz radova [19] i [2], te da prilagodimo matematički model tako da nema zavisti između pojedinaca. Naime, napravimo dva modela mašinskog učenja koji će odgovarati grupama koje postoje u skupu podataka – jedan model za privilegovanu grupu, drugi za neprivilogovanu grupu, a želimo da osiguramo da nijedan pojedinac ne želi da promeni grupu zato što bi dobio bolji ishod da pripada drugoj grupi. Dakle, iz rada [19] povlačimo pouke vezane za posmatranje pojedinca kao pripadnike grupa, a iz rada [2] povlačimo pouke da je svaki pojedinac individua za sebe, te da je zavist potrebno posmatrati na tom nivou.

3. PREDLOŽENI METOD

Naš predlog je da napravimo dva modela mašinskog učenja, tačnije logističke regresije jednu za privilegovanu grupu ($s = 1$) i drugu za neprivilogovanu grupu ($s = 0$) tako da nijedan pojedinac, bez obzira kojoj grupi pripadao nema žaljenje zbog pripadnosti grupi, odnosno da oseća zavist prema pojedincima druge grupe. Imajući korist definisanu

preko formule (1) potrebno je da dopunimo definiciju i iskažemo koristi koje pojedinac može ostvariti.

$$\begin{aligned} u_{s_i}(X_i): X_i \rightarrow Y_i \in [0, 1] \mid s = s_i \\ u_{1s_i}(X_i): X_i \rightarrow Y_i \in [0, 1] \mid s \neq s_i \end{aligned} \quad (7)$$

Iz formule (7) vidimo da pojedinac ima dve koristi koje može ostvariti u_s koja predstavlja korist koju pojedinac ostvaruje primenom modela logističke regresije koji je naučen na podacima koji se odnose na pojedince njegove grupe i u_{1s} koja korist koju pojedinac ostvaruje primenom modela logističke regresije koji je naučen na podacima koji se odnose na pojedince druge grupe. Ovako postavljene funkcije koristi omogućavaju da definišemo zavist pripadnosti grupi tako što će pojedinac žaliti za boljim rezultatom ukoliko bi pripadao drugoj grupi. Odnosno, $\exists i, u_{1s}(i) > u_s(i)$.

Pošto je model koji koristimo logistička regresija postavljamo sledeći matematički model:

$$\begin{aligned} \min \quad & -\frac{1}{n} \sum_{(x,y,s) \in D} y \log(p(y|x; \theta_s)) \\ \text{subject to} \quad & u_{1s_i}(X_i) > u_{s_i}(X_i) = 0, \quad \forall (i) \end{aligned} \quad (8)$$

Funkcija koristi predstavlja binaran ishod koji iskazuje da li je pojedinac dobio ishod ili nije primenom modela logističke regresije, te je kao takva u delovima linearna, ali nekonveksna funkcija što iziskuje da se ograničenje relaksira i predstavi konveksnom aproksimacijom. Način na koji smo izveli aproksimaciju zahteva korišćenje linearnog skora logističke regresije umesto sigmoidne funkcije. Odnosno, prvo ćemo prikazati skorove logističke regresije:

$$\sum_{k=1}^m \theta_{1k} x_{ik} - \sum_{k=1}^m \theta_k x_{ik} \leq 0, \quad \forall i \quad (9)$$

gde θ predstavljaju koeficijente logističke regresije, a k attribute koji opisuju svakog pojedinca i u skupu podataka. Kako x_{ik} obitava u obe sume, možemo da spojimo dve sume i dobijemo:

$$\sum_{k=1}^m (\theta_{1k} - \theta_k) x_{ik} \leq 0, \quad \forall i \quad (10)$$

Nakon ovog koraka vidimo možemo da zaključimo da pozitivna vrednost indicira zavist koju pojedinac ima prema pripadnosti grupi, odnosno dobio bi bolji ishod ukoliko bi bio pripadnik druge grupe. Negativna vrednost predstavlja odsustvo zavisti. Da bismo onemogućili da se zavist i odsustvo zavisti poništili, dodajemo i:

$$\sum_{k=1}^m \max\{0, (\theta_{1k} - \theta_k) x_{ik}\} = 0, \quad \forall i \quad (10)$$

Odnosno, ukoliko postoji odsustvo zavisti, tj. vrednost funkcije prikazane u (10) je negativna, potrebno je tu

vrednost pretvoriti u vrednost nula. To se postiže hindž funkcijom.

Imajući u vidu da je predloženo ograničenje bilo vida jednakosti naredni korak jeste relaksirati matematički model. Odnosno, naš predloženi model izgleda:

$$\min -\frac{1}{n} \sum_{(x,y,s) \in D} y \log(y|x; \theta_s) + \lambda \sum_{i=1}^n \max \left\{ 0, \sum_{k=1}^m (\theta_{1k} - \theta_k) x_{ik} \right\} \quad (11)$$

4. POSTAVKA ISTRAŽIVANJA

U cilju pokazivanja uspešnosti predloženog pristupa sproveden je eksperiment na skupu podataka koji opisuje recidivizam, tj. ponovno činjenje krivičnih dela. Podaci dolaze iz sistema za podršku odlučivanju COMPAS [6] i oko odluka dobijenih iz navedenog sistema postoji diskusija i opravdana sumnja da postoji nejednak ishod po rasnoj osnovi. Zainteresovani čitaoci se upućuju na [17] na detaljniju diskusiju. Skup podataka se sastoji iz 7.220 pojedinaca koji su počinili krivično delo i za koje se zna da li su u naredne dve godine ponovo počinili krivično delo (recidivizam). COMPAS, kao sistem za podršku odlučivanju, svakom pojedincu dodeljuje vrednost koji predstavlja rizik od činjenja krivičnog dela. Ukoliko je vrednost preko određene granice, uz potvrdu sudijske, pojedinac se šalje na izdržavanje zatvorske kazne. U suprotnom, pojedinac se šalje na izdržavanje uslovne kazne. Svaki pojedinac je opisan sa ukupno devet atributa, od kojih su najbitniji starost, broj krivičnih dela počinjenih kao maloletnik, broj prekršaja počinjenih kao maloletnik, dosadašnji broj krivičnih dela i težina trenutnog krivičnog dela.

Zbog kulturoloških i istorijskih pristrasnosti koje se najverovatnije ogledaju u skupu podataka [17], pojedinci bele boje kože su privilegovani ($s = 1$), odnosno češće dobijaju bolji ishod od sistema za podršku odlučivanju. Neprivilegovanu grupu ($s = 0$) čine pojedinci crne boje kože koji su češće osuđivani na zatvorsko izdržavanje kazne.

Predloženi pristup poredimo sa logističkom regresijom (LR) koja je sprovedena na celom skupu podataka i koja nema pristup rasi kao atributu. Ovaj pristup predstavlja osnovi model za poređenje i u literaturi se naziva ostvarivanje fer odluka kroz nesvesnost (eng. *fairness through unawareness*) [18]. Pored logističke regresije, koristimo i dve logističke regresije (GSLR) – jednu naučenu na podacima koji pripadaju privilegovanoj grupi, a drugu naučenu na podacima koji pripadaju neprivilegovanoj grupi. Ovaj pristup implicitno ima pristup rasi kao osetljivom atributu, ali se ovaj atribut ne koristi za odlučivanje da li će pojedinac počiniti krivično delo u budućnosti.

Postupak validacije modela je sproveden korišćenjem desetostroke unakrsne validacije. Skup podataka deli na

deset jednakih, nasumičnih delova. Za učenje modela logističke regresije koristi se devet podskupova podataka, dok se na preostalom model testira. Postupak se ponavlja deset puta, tako da je svaki podskup tačno jednom korišćen kao podskup podataka za testiranje. U rezultatima prikazivani su prosečne vrednosti i standardne devijacije ostvarene na test podskupu podataka za mere tačnosti i mere fer odluka opisane ispod. Mere koje se prikazuju su izvedene na celom podskupu podataka za testiranje, a gde je bilo moguće i izvedene su i mere za privilegovanu i neprivilegovanu grupu.

Kao mere tačnosti koriste se tačnost klasifikacije, koja opisuje procenat tačno klasifikovanih pojedinaca u skupu podataka i površina ispod ROC krive (AUC), koja opisuje verovatnoću da će nasumično izabran pojedinac jedne grupe imati veću verovatnoću ostvarivanja željenog ishoda od nasumično izabranog pojedinca druge grupe. Pored meta tačnosti, merene su i fer odluke. Tačnije, mereni su zavist koji predstavlja procenat pojedinaca kod kojih važi formula (2), te nejednak ishod (DI), jednakost odnosa tačno-pozitivno klasifikovanih pojedinaca (TPRE) i jednakost odnosa lažno-pozitivno klasifikovanih pojedinaca (FPRE) (navedene mere fer odluka su matematički definisane ispod).

$$\begin{aligned} DI &= \frac{E(\hat{y} = 1|s = 0)}{E(\hat{y} = 1|s = 1)} \\ TPRE &= \frac{E(\hat{y} = 1|s = 0, y = 1)}{E(\hat{y} = 1|s = 1, y = 1)} \\ FPRE &= \frac{E(\hat{y} = 1|s = 0, y = 0)}{E(\hat{y} = 1|s = 1, y = 0)} \end{aligned} \quad (12)$$

Očekivanje ostvarivanja ishoda se dobija računanjem prosečne vrednosti u skupu podataka koji zadovoljavaju uslove definisanim za svaku pojedinačnu formulu u (12). Vrednost $\hat{y} = 1$ predstavlja situaciju kada je pojedinac ostvario željeni ishod.

Za predloženi pristup (EFLR) izabrana je vrednost λ takva da predstavlja najnižu vrednost da na trening skupu podataka u svakoj od deset koraka unakrsne validacije vrednost zavisti bude jednaka nuli. Ta vrednost je 0,0005.

Hipoteza istraživanja jeste da je moguće otkloniti zavist u situacijama kada postoje zasebni klasifikatori za svaku grupu. Kako je predloženi metod dizajniran da ukloni zavist, očekujemo da će rezultati pokazati da je EFLR po zavisti bolji od GSLR, ali da imati cenu u manjoj tačnosti. Međutim, očekujemo da će EFLR biti bolji od LR po tačnosti zbog deljenja skupa podataka na homogenije delove. Trebalo bi napomenuti da kod LR nije moguće da pojedinac oseti zavist zato što se uči jedan model logističke regresije, te u rezultatima ovo polje ostaje prazno.

5. REZULTATI I DISKUSIJA

Nakon sprovedenja unakrsne validacije, možemo videti da je tačnost klasifikacije, kao i AUC, takvo da GSLR ima

najveću vrednost, zatim EFLR i na kraju LR (tabela 1). Ovakvi rezultati predstavljaju signal da postoji razlika u ponašanju prema atributima između pojedinaca privilegovane i nepriviligovane grupe, te da njihovim deljenjem i učenjem modela mašinskog učenja za svaku grupu pojedinačno dobijamo homogenije skupove podataka i posledično bolje prediktivne rezultate. Kako se ova pojava dešava na test podskupu podataka, postoji indicija da su različita ponašanja (različite vrednosti atributa) stabilna kroz ceo skup podataka i da njihov nasumičan izbor ne utiče u većoj meri na tačnost klasifikacije.

Tabela 1. Tačnost klasifikacije i AUC

Alg.	Tačnost	AUC
EFLR	0,6799 ± 0,0134	0,7291 ± 0,0138
LR	0,6765 ± 0,0158	0,7281 ± 0,0133
GSLR	0,6812 ± 0,0141	0,7321 ± 0,0126

Sličan zaključak se može videti ukoliko podelimo test skup podataka na privilegovanu i nepriviligovanu grupu i na svakoj pojedinačno izračunamo tačnost klasifikacije i AUC (tabela 2). GSLR pokazuje najbolju tačnost i najbolji AUC na podskupu privilegovanih pojedinaca, dok se na podskupu nepriviligovanih pojedinaca pojavljuje EFLR kao najbolji pristup po tačnosti.

Tabela 2. Tačnost klasifikacije i AUC po grupama

Grupa	Alg.	Tačnost	AUC
$s = 1$	EFLR	0,6691 ± 0,0331	0,6951 ± 0,0331
	LR	0,6637 ± 0,0389	0,6921 ± 0,0334
	GSLR	0,6789 ± 0,0330	0,7036 ± 0,0307
$s = 0$	EFLR	0,6857 ± 0,0186	0,7393 ± 0,0221
	LR	0,6836 ± 0,0185	0,7390 ± 0,0200
	GSLR	0,6826 ± 0,0196	0,7398 ± 0,0223

Imajući dobijene rezultate u vidu, može se diskutovati kada je poželjno deliti skup podataka na delove i učiti zasebne klasifikacione modele. Skup podataka treba deliti nije homogen i kada deljenje doprinosi boljim predviđanjima. U istoriji obrade podataka i mašinskog učenja možemo pronaći primere kada je takav postupak doprinosio boljim rešenjima. Stabla odlučivanja predstavljaju osnovu takvim modelima. Deljenjem podataka na manje podskupove dobijamo čistije listove i posledično tačnije odluke. Međutim, javlja se problem kada stati sa deljenjem podataka. Potencijalni odgovor se može pronaći u algoritmu model stabla logističkih regresije (eng. *logistic model trees*) [11], odnosno celoj familiji algoritama koji su zasnovani na identičnom principu i dolaze od istih autora. Osnovna ideja je da se izračuna informacioni kriterijum (Akaike ili Švarcov informacioni kriterijum) koji ocenjuje odnos kompleksnosti modela i tačnosti učenja modela (eng. *goodness of fit*). Drugim rečima, vrši se balansiranje između pretreniranja modela mašinskog učenja i njegovog nedovoljnog treniranja [10]. Sličan, ako ne i identičan pristup se može primeniti i sa aspekta fer algoritamskih odluka. Prednost koju fer algoritamski modeli mašinskog učenja imaju je u ograničenosti mogućih deljenja podataka, jer postoji ograničen skup atributa koji se smatraju nasleđenim ili prisvojenim i po kojima se posmatra da li su

odluke fer. Malo drugačiji pristup bi bio da otežavamo instance u skupu podataka, kao u [13], gde bismo određivali značaj pojedinca na fer odluke.

Što se tiče mera koliko su odluke fer, možemo primetiti da EFLR uspeva da unapredi mere fer odluka i onu za koju je direktno optimizovan i za druge mere fer odluka. Procenat zavisti pokazuje da predloženi pristup u potpunosti eliminiše zavist i na test skupu podataka i to bez ikakve cene u tačnosti klasifikacije u poređenju sa LR (tačnost klasifikacije i AUC predloženog modela je veća od LR). Međutim, moguće je ostvariti bolju tačnost kada se skup podataka podeli po osetljivom atributu, što se vidi po merama tačnosti za GSLR. U tom slučaju pojedinci iz jedne grupe imaju pravo da zavide pripadnicima druge grupe i to čak 5,46% njih. Tačnije, 3,62% pojedinaca bele boje kože (privilegovana grupa) bi ostvarilo bolji ishod da se za njih primenjivao model predviđen za pojedince crne boje kože (neprivilegovana grupa), dok bi 9,07% pojedinaca crne boje kože prošlo bolje da se za njih primenjivao model predviđen za pojedince bele boje kože. Ovakav signal nam ukazuje da sistem za podršku odlučivanju COMPAS treba preispitati jer postoji razumna sumnja da sistematski diskriminiše na rasnoj osnovi [17].

Tabela 3. Procenat zavisti

Alg.	Ceo skup podataka	$s = 1$	$s = 0$
EFLR	0,0000 ± 0,0000	0,0000 ± 0,0000	0,0000 ± 0,0000
LR	---	---	---
GSLR	0,0546 ± 0,0058	0,0362 ± 0,0085	0,0907 ± 0,0138

Takođe, možemo pogledati efekte uklanjanja zavisti na druge mere fer odluka. Primećuje se da predloženi pristup uspeva da unapredi klasične mere fer odluka. Odnosno, sve mere - nejednakost uticaja (DI), jednakost odnosa tačno-pozitivno klasifikovanih pojedinaca (TPRE) i jednakost odnosa lažno-pozitivno klasifikovanih pojedinaca (FPRE) su najbolje kod predloženog pristupa. Međutim, trebalo bi uočiti da je cena tačnosti klasifikacije bila velika. Drugim rečima, GSLR koji je najtačniji model ima značajno niže mere fer odluka.

Tabela 4. Mere fer odluka

Alg.	DI	TPRE	FPRE
EFLR	0,5598 ± 0,0790	0,6260 ± 0,0974	0,6005 ± 0,1174
LR	0,5528 ± 0,0794	0,6181 ± 0,1186	0,5814 ± 0,1251
GSLR	0,4358 ± 0,0598	0,5322 ± 0,0955	0,3854 ± 0,0919

Trebalo bi napomenuti da postoje modeli mašinskog učenja koji su sigurno ispravni po svim merama fer odluka, ali su takvi modeli neupotrebljivi za praktične primene [15]. Naime, ukoliko svakom pojedincu damo identičan ishod (bilo pozitivan, bilo negativan) biće ostvarena jednakost po svim merama. Posledično, nijedan pojedinca ne može da

zavidi drugom pojedincu na ostvarenom ishodu. Međutim, algoritamsko odlučivanje služi da unapredi proces odlučivanja čineći ga tačnijim, bržim i jeftinijim, pri tom ne čineći neželjenu diskriminaciju [16].

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu smo predstavili drugačiji pogled na fer algoritamsko odlučivanje, koji je u razvoju u oblasti mašinskog učenja i koji dolazi iz ekonomske teorije i teorije odlučivanja i zove se odsustvo zavisti. Korišćenje odsustva zavisti prelazi iz mera fer odluka koje su zasnovane na matematičkom očekivanju na prostor preferencija pojedinaca. Ovakav pristup fer odlukama donosi potencijalne prednosti koje se ogledaju ne samo u algoritamskim odlukama koje su fer, već i u potencijalu da odluke budu ispravnije. Pored toga, dobija se mogućnost da se pređe sa prostora fer odluka zasnovane na grupi pojedinaca (eng. *group fairness*) u prostor individualno fer odluka (eng. *individual fairness*) što omogućava posmatranje problema fer odluka iz više uglova.

Kao rezultat našeg rada prikazan je novi model logističke regresije koji penalizuje pojavljivanje zavisti kod bilo kog pojedinca. Tačnije, uče se dve logističke regresije koje odgovaraju grupama pojedinaca koje postoje u skupu podataka (a koje zovemo privilegovana i neprivilogovana grupa) i koje se uzajamno regulišu tako da ne dolazi do zavisti. Eksperimenti su pokazani na COMPAS skupu podataka i pokazuje se da je moguće eliminisati zavist bez ili uz žrtvovanje tačnosti u veoma maloj meri.

Kao plan budućih istraživanja želeli bismo da matematički formalizujemo uslove koji su neophodni kako bi predloženi pristup garantovano radio u smislu da ostvaruje odsustvo zavisti, a da tačnosti bude ista ili bolja nego kada bismo koristili jedan model. Pristup koji planiramo da iskoristimo je zasnovan na Bajes optimalnim klasifikatorima [7] i koji će davati garancije kada se ostvaruje veća tačnost deljenjem skupa podataka. Takođe, želeli bismo da predloženi pristup empirijski testiramo na većoj količini skupova podataka i na složenijim klasifikatorima kao što su neuronske mreže.

ZAHVALNICA

Istraživanje je finansirano od strane projekta ONR/ONR Global N62909-19-1-2008.

LITERATURA

[1] Abu-Elyounes, D. (2020). Contextual fairness: A legal and policy analysis of algorithmic fairness. *U. Ill. JL Tech. & Pol'y*, 1.

[2] Balcan, M. F. F., Dick, T., Noothigattu, R., & Procaccia, A. D. (2019). Envy-free classification. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 32.

[3] Binns, R. (2018, January). Fairness in machine learning: Lessons from political philosophy. In *Conference on Fairness, Accountability and Transparency* (pp. 149-159). PMLR.

[4] Colini-Baldeschi, R., Leonardi, S., Schrijvers, O., & Sodomka, E. (2020, April). Envy, regret, and social welfare loss. In *Proceedings of The Web Conference 2020* (pp. 2913-2919).

[5] Corbett-Davies, S., & Goel, S. (2018). The measure and mismeasure of fairness: A critical review of fair machine learning. *arXiv preprint arXiv:1808.00023*.

[6] Dressel, J., & Farid, H. (2018). The accuracy, fairness, and limits of predicting recidivism. *Science advances*, 4(1), eaao5580.

[7] Globus-Harris, I., Kearns, M., & Roth, A. (2022). Beyond the Frontier: Fairness Without Accuracy Loss. *arXiv e-prints*, arXiv:2201.

[8] Grgić-Hlača, N., Zafar, M. B., Gummadi, K. P., & Weller, A. (2017). On fairness, diversity and randomness in algorithmic decision making. *arXiv preprint arXiv:1706.10208*.

[9] Kasy, M., & Abebe, R. (2021, March). Fairness, equality, and power in algorithmic decision-making. In *Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency* (pp. 576-586).

[10] Konishi, S., & Kitagawa, G. (2008). *Information criteria and statistical modeling*. Springer.

[11] Landwehr, N., Hall, M., & Frank, E. (2005). Logistic model trees. *Machine learning*, 59(1), 161-205.

[12] Mehrabi, N., Morstatter, F., Saxena, N., Lerman, K., & Galstyan, A. (2021). A survey on bias and fairness in machine learning. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 54(6), 1-35.

[13] Petrović, A., Nikolić, M., Radovanović, S., Delibašić, B., & Jovanović, M. (2022). FAIR: Fair adversarial instance re-weighting. *Neurocomputing*.

[14] Pigozzi, G., Tsoukias, A., & Viappiani, P. (2016). Preferences in artificial intelligence. *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*, 77(3), 361-401.

[15] Pleiss, G., Raghavan, M., Wu, F., Kleinberg, J., & Weinberger, K. Q. (2017). On fairness and calibration. *Advances in neural information processing systems*, 30.

[16] Radovanović, S., Savić, G., Delibašić, B., & Suknović, M. (2021). FairDEA—Removing disparate impact from efficiency scores. *European Journal of Operational Research*.

[17] Skeem, J. L., & Lowenkamp, C. T. (2016). Risk, race, and recidivism: Predictive bias and disparate impact. *Criminology*, 54(4), 680-712.

[18] Verma, S., & Rubin, J. (2018, May). Fairness definitions explained. In *2018 IEEE/ACM International Workshop on Software Fairness (fairware)* (pp. 1-7). IEEE.

[19] Zafar, M. B., Valera, I., Rodriguez, M., Gummadi, K., & Weller, A. (2017). From parity to preference-based notions of fairness in classification. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 30.

SPREČAVANJE DISKRIMINACIJE U RANGIRANJU UZ POMOĆ MODIFIKOVANE TOPSIS METODE

PREVENTION OF DISCRIMINATION IN RANKING USING THE MODIFIED TOPSIS METHOD

Zorica Dodevska¹², Boris Delibašić², Sandro Radovanović², Milija Suknović², Aleksandar Marković²
*Istraživačko-razvojni institut za veštačku inteligenciju Srbije, Novi Sad (sadašnja institucija); Istraživačko-razvojni
institut Lola d.o.o, Beograd (prethodna institucija)¹
Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka²*

Sadržaj – Modifikacija TOPSIS metode ima za cilj sprečavanje nenamerne diskriminacije prilikom rangiranja alternativa (kandidata, objekata). Autori predlažu da donosioci odluka treba da optimizuju idealne/antiidealne tačke po pojedinačnim kriterijumima za odlučivanje u opsegu najboljih/najgorih vrednosti između dve grupe – diskriminisane i privilegovane. Rad prikazuje rezultate dobijene rešavanjem optimizacione procedure uz pomoć genetskog algoritma nad sintetičkim skupom podataka. Implikacije za korišćenje predložene fer TOPSIS metode u praksi su takođe deo ove studije.

Abstract – Modification of the TOPSIS method aims to prevent unintentional discrimination when ranking alternatives (candidates, items). The authors suggest that decision-makers should optimize the ideal/anti-ideal points according to individual decision-making criteria in the range of best/worst values between the two groups – discriminated and privileged. The paper presents the results obtained by solving the optimization procedure using a genetic algorithm over a synthetic data set. The implications for using the proposed fair TOPSIS method in practice are also part of this study.

1. UVOD

Rangiranje dostupnih opcija/alternativa je sastavni deo procesa odlučivanja i prethodi izboru poredničke opcije (ili više njih) sa najboljim rangom. S obzirom na raznovrsnost objekata rangiranja (npr. pojedinci, timovi, institucije, projektni predlozi, proizvodi i usluge, veb sadržaji, stvari za preporuku, itd.) i učestalost primene, može se reći da je u pitanju rasprostranjena i društveno uticajna aktivnost, pa je samim tim potreba za efikasnim, i u isto vreme nediskriminirajućim algoritmima za rangiranje sve veća. Naime, kompjuterski naučnici i programeri kreiraju pristrasne algoritme čak i onda kada ne postoji namera za diskriminacijom [1].

Kod metoda višekriterijumske analize (VKA) rangovi alternativa se uspostavljaju na osnovu utvrđenih kriterijuma za rangiranje i kvantitativne procene alternativa u odnosu na zadate kriterijume. U ovom radu se razmatra VKA metoda sa sledećim nazivom: Tehnika za redosled prioriteta prema sličnosti sa idealnim rešenjem (engl. *Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution* – TOPSIS). Metoda je specifična po tome što dodeljuje rangove svim

alternativama, i ima intuitivno objašnjenje koncepta [2] – preferirane alternative su one koje su što bliže tzv. idealnim (najboljim) vrednostima za kriterijume, a što dalje od tzv. antiidealnih (najgorih) vrednosti. Osim toga, vektori idealnih i antiidealnih rešenja za kriterijume se definišu relativno, tj. u odnosu na posmatrani skup alternativa. Naime, za svaki kriterijum se definišu tačke idealnih/antiidealnih vrednosti tako što se uzimaju ekstremumi, tj. najbolje/najgore ocene posmatranih alternativa za zadate kriterijume.

Iako je upotreba standardnih i modifikovanih metoda VKA široko rasprostranjena u različitim područjima primene (npr. životna sredina [3], zdravstvo [4], selekcija kadrova [5], selekcija robota [6], itd.), ove metode inicijalno nisu osmišljene tako da mapiraju problem potencijalne diskriminacije u odlukama koje proizilaze iz njihovih kvantitativnih mehanizama. Sa druge strane, zakonodavstvo sve više obraća pažnju na prisutnu diskriminaciju u algoritamskom odlučivanju, i uopšteno u oblasti veštačke inteligencije [7].

Modifikacija TOPSIS metode u ovom radu inspirisana je idejom razvoja antidiskriminatorskog algoritma, tj. automatizovanog mehanizama sa ciljem sprečavanja nenamerne diskriminacije u rangiranju. Naime, usled istorijske diskriminacije, alternative kao nosioci određenog senzitivnog atributa (npr. pol, boja kože, socijalni status, bračni status, starost), imaju tendenciju da u zavisnosti od pripadnosti određenoj grupi u odnosu na senzitivni atribut (npr. pol - ženski), beleže niže pozicije na rang listama. Kod nenamerne diskriminacije, iako 'diskriminišuća' pripadnost nije eksplicitno sadržana u kriterijumima za rangiranje, ona je korelisana sa njima.

Suzbijanje različitih odluka u odnosu na pripadnost dihotomnim grupama (tj. ili diskriminisanoj ili privilegovanoj) shodno senzitivnom atributu (engl. *disparate impact* – DI), u ovom radu se dovodi u vezu sa ostvarenim rang pozicijama alternativa na listi (posmatrano po grupama). Ukoliko postoji diskriminacija izvan legalnog okvira, predlaže se da donosioci odluka (DO) optimizuju idealne/antiidealne tačke po pojedinačnim kriterijumima za odlučivanje u opsegu najboljih/najgorih vrednosti između dve posmatrane grupe, a da minimalno odstupe u odnosu na prvobitno definisane vektore idealnih i antiidealnih vrednosti za kriterijume. Ključna prednost ovakvog pristupa je u tome

što se ne menjaju početni parametri definisani od strane DO (npr. težinski koeficijenti za kriterijume, ili ocene alternativa za zadate kriterijume), a uz to postoji i bolje kontrolisanje ekstremuma u kontekstu proglašavanja 'idealnog' i 'antiidealnog'.

U nastavku, nakon uvida u povezane radove, daje se prikaz predložene fer TOPSIS metode. Matematički model za optimizaciju se u ovom radu rešava uz pomoć metaheurističke procedure koja nosi naziv genetski algoritam (GA). Sadržaj rada uključuje prikaz dobijenih rezultata nad sintetičkim skupom podataka. Implikacije za korišćenje u praksi date su u povodu poređenja novog algoritma sa drugim sličnim pristupima, kao i sistematizacije prednosti predložene fer TOPSIS procedure.

2. POVEZANI RADOVI

Diskriminacija u algoritmima za rangiranje tiče se neopravdane nejednakosti u verovatnoći da se postignu poželjni plasmani na rang listi, a samim tim je reč o nejednakim šansama (npr. za dobijanje resursa), ili nejednakoj pažnji (npr. *online* vidljivost) koje rangirane alternative zadobijaju [8]. U algoritmima za suzbijanje diskriminacije najčešće se polazi od statističkih mera za ujednačavanje željenih rangova po grupama, a pritom se vodi računa o tačnosti rangiranja. Izdvajaju se sledeće tri grupe ovakvih algoritama, u zavisnosti od faze kada se vrši ujednačavanje grupa [9]: u predprocesiranju (tj. pre algoritamske obrade, kada je akcenat na trening podacima), u procesu obrade (akcenat je na treniranju modela), ili u toku postprocesiranja (tj. nakon algoritamske obrade, kada je akcenat na izlaznim rangovima). Predložena metoda u ovom radu okrenuta je postprocesiranju, odnosno ka ponovnom uspostavljanju rangova, zajedno sa drugim metodama poput, na primer, FA*IR algoritma [10] ili *online* pristupa [11].

Na osnovu pregleda literature, identifikovana su devet područja primene TOPSIS metode [12] (npr. upravljanje lancem snabdevanja i logistika; dizajn, inženjering i proizvodni sistemi, itd). Namenjena za uspostavljanje potpunog redosleda alternativa, metoda počiva na ideji rastojanja od idealnih i antiidealnih tačaka [13]. Kao takva, u ovom radu se koristi radi usklađivanja razlika u finalnom rangiranju između grupa.

Radi zadovoljenja željenog nivoa pravičnosti, uvode se ograničenja (u pitanju su nelinearna ograničenja tipa nejednakosti), a radi poštovanja tačnosti, uvodi se težnja za minimizacijom odstupanja od inicijalnih repera za određivanje rastojanja. Zbog složenosti postavke optimizacionog problema, autori ovog rada koriste GA, značajan alat za primenu u operacionom menadžmentu [14].

3. PRIKAZ PREDLOŽENE FER TOPSIS METODE

Neka je A početna matrica odlučivanja gde su za svaki kriterijum (ukupno m kriterijuma) dati procenjeni poeni za alternative (ukupno n alternativa):

$$A = [a_{ij}]_{m \times n} \quad (i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n). \quad (1)$$

Prvi korak predstavlja normalizacija matrice odlučivanja L2 normom:

$$A^N = [a_{ij}^N]_{m \times n}, \quad a_{ij}^N = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}}. \quad (2)$$

U narednom koraku se vrši otežavanje normalizovane matrice težinskim koeficijentima za kriterijume $W = [w_j]_{n \times 1}$ (pri čemu važi $\sum_{j=1}^n w_j = 1$):

$$A^V = A^N \times W^T = [v_{ij}]_{m \times n}, \quad v_{ij} = a_{ij}^N \times w_j. \quad (3)$$

Treći korak fer TOPSIS metode podrazumeva pronalaženje idealne i antiidealne vrednosti po pojedinačnim kriterijumima, i to ukupno posmatrano (za ceo skup podataka), i zasebno po odvojenim grupama (podskup '1' – diskriminisana grupa, podskup '0' – privilegovana grupa). Za kriterijume tipa „više je bolje“ (maksimizacija), idealno/antiidealno rešenje podrazumeva maksimalno/minimalno ostvarenu vrednost u odnosu na posmatrani (pod)skup alternativa. Suprotno, za kriterijume tipa „manje je bolje“ (minimizacija), idealno/antiidealno rešenje podrazumeva minimalno/maksimalno ostvarenu vrednost u odnosu na posmatrani (pod)skup alternativa. Objedinjeni vektor /jednodimenziona matrica idealnih (+) i antiidealnih (–) rešenja (pre optimizacije) je duple dužine u odnosu na broj kriterijuma, i može se zapisati u skraćenom obliku: $V^{before} = [V^+; V^-] = [v_j^+; v_j^-]$, $j = 1, \dots, n$, ili u raspisanom obliku:

$$V^{before} = [v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+; v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-]. \quad (4)$$

Analogno se za grupu 1 definiše vektor V^1 , a za grupu 0 vektor V^0 . Vektori V^1 i V^0 (pre optimizacije) uključuju pozitivne i negativne ekstremume koje dosežu alternative za kriterijume, posmatrano po grupama.

Izračunavanje mera rastojanja od idealnog/antiidealnog rešenja predstavlja četvrti korak procedure, i vrši se prema sledećim formulama [13]:

$$d_i^{+before} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2},$$

$$d_i^{-before} = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}. \quad (5)$$

Poslednji korak podrazumeva određivanje koeficijenta preferencije alternativa (C_i^{before}) i njihovo rangiranje u skladu sa tim (definiše se rang lista pre optimizacije na osnovu vrednosti C_i^{before} u opadajućem redosledu). Koeficijent preferencija alternativa se računa koristeći rezultate iz prethodnog koraka [13]:

$$C_i^{before} = \frac{d_i^{-before}}{d_i^{-before} + d_i^{+before}}. \quad (6)$$

Na osnovu dobijenih rangova pre optimizacije, može se izračunati DI_{before} kao invertovana vrednost u odnosu na odnos prosečnih vrednosti rangova diskriminisane i privilegovane grupe:

$$DI_{before} = 1 / \frac{\bar{R}_{before[1]}}{\bar{R}_{before[0]}} = \frac{\bar{R}_{before[0]}}{\bar{R}_{before[1]}}. \quad (7)$$

Vrednost $DI_{before} < 0.8$ upućuje na postojanje diskriminacije [15]. U tom slučaju se predlaže uspostavljanje novih rangova, ali uz minimalnu promenu vektora V^+ i V^- , odnosno objedinjenog vektora V^{before} . Pritom, vrednosti novog vektora V^{after} treba da su redom između minimalnih i maksimalnih vrednosti vektora V^1 i V^0 . Drugim rečima, u potrazi za optimizovanim vrednostima vektora $V^{after} = [V^{+}; V^{-}] = [v_1^{+}, v_2^{+}, \dots, v_n^{+}; v_1^{-}, v_2^{-}, \dots, v_n^{-}]$, moguće je definisati sledeći matematički model (MM):

$$(min) \sum_{j=1}^n |v_j^{+} - v_j^{+'}| + \sum_{j=1}^n |v_j^{-} - v_j^{-'}| \quad (9)$$

$$p.o. \quad 0.8 \leq DI_{after} = \frac{\bar{R}_{after[0]}}{\bar{R}_{after[1]}} \leq 1.25$$

$$\begin{aligned} \min(v_j^{+0}, v_j^{+1}) &\leq v_j^{+'} \leq \max(v_j^{+0}, v_j^{+1}), \quad j = 1, \dots, n \\ \max(v_j^{-0}, v_j^{-1}) &\geq v_j^{-'} \geq \min(v_j^{-0}, v_j^{-1}), \quad j = 1, \dots, n \end{aligned}$$

Prilikom definisanja ograničenja za DI_{after} , na osnovu odnosa prosečnih vrednosti rangova nakon optimizacije, posmatrano po grupama, osim donjeg ograničenja ($0.8 \leq DI_{after}$), uvodi se i gornje simetrično ograničenje ($DI_{after} \leq \frac{1}{0.8} = 1.25$). Cilj je u novom rangiranju preventivno sprečiti diskriminaciju u suprotnom smeru (odnosno usmerenu prema privilegovanoj grupi).

Osim minimizacije promene prvobitno uspostavljenih vektora V^+ i V^- , moguće je funkciju cilja definisati i tako da promene prvobitno uspostavljenih rangova alternativa budu minimalne. U prikazanoj funkciji cilja, vrednosti apsolutnih razlika su sabirane, a moguće je posmatrati i njihove prosečne vrednosti, tj. u odnosu na broj kriterijuma.

4. PRIKAZ REZULTATA ISTRAŽIVANJA

Sintetički skup podataka predstavlja matricu odlučivanja (Slika 1). Matrica sadrži procenjene poene za sedam alternativa po šest kriterijuma (od toga tri tipa maksimizacije i tri tipa minimizacije), kao i senzitivnu kolonu s (sa oznakama pripadnosti grupe). Neka su težine za kriterijume uniformne (od jednake važnosti) u ovom pokaznom primeru.

s	max	max	max	min	min	min
1	8	60	2	3	9	2
1	5	45	7	6	4	3
1	3	75	9	9	5	3
0	9	80	3	2	3	4
0	6	95	2	4	2	3
0	5	90	4	7	4	1
0	7	85	6	3	4	1

Slika 1. Sintetički skup podataka

Na osnovu primene TOPSIS algoritma kodiranog u programskom jeziku *Python*, dobija se da je $V^{before} = [V^+; V^-] = [0.08823706, 0.0772603, 0.10633431, 0.02333847, 0.02579462, 0.02381, 0.02941235, 0.03659698, 0.02362985, 0.10502311, 0.11607581, 0.09524]$. Na osnovu utvrđene rang liste pre optimizacije $R_{before} = [7 \ 5 \ 6 \ 2 \ 3 \ 4 \ 1]$, dobija se $DI_{before} = 0.41666667$. Zbog postojanja diskriminacije, pristupa se optimizacionoj proceduri, za šta autori ovog rada koriste softverski paket GA [16].

Donja i gornja ograničenja traženih promenljivih $v_j^{+'}$ i $v_j^{-'}$ ($j = 1, \dots, n$) data su na Slici 2. Leva polovina slike prikazuje donja i gornja ograničenja koordinata vektora idealnih vrednosti V^{+} , dok desna polovina slike prikazuje gornja i donja ograničenja koordinata vektora antiidealnih vrednosti V^{-} . Ograničenja se definišu za svaki kriterijum, kao minimalna ili maksimalna vrednost posmatrano po grupama (tako da je uvek jedna vrednost iz grupe 1, a druga iz grupe 0). Veći raspon između ograničenja sugerise na postojanje većih razlika među grupama, a takođe ukazuje i na veći prostor za optimizaciju. Ako se vrednosti preklapaju, onda se one uzimaju kao idealne/antiidealne i posle optimizacije. Vrednosti sa Slike 2 se automatski generišu u kodu, i upisuju kao granice promenljivih (engl. *variable boundaries*).

$\min(v_j^{+0}, v_j^{+1})$	$\max(v_j^{+0}, v_j^{+1})$	$\max(v_j^{-0}, v_j^{-1})$	$\min(v_j^{-0}, v_j^{-1})$
0.07843294	0.08823706	0.04902059	0.02941235
0.06099497	0.0772603	0.06506131	0.03659698
0.07088954	0.10633431	0.02362985	0.02362985
0.02333847	0.0350077	0.10502311	0.08168464
0.02579462	0.05158925	0.11607581	0.05158925
0.02381	0.04762	0.09524	0.07143

Slika 2. Raspon vrednosti $v_j^{+'}$ i $v_j^{-'}$ ($j = 1, \dots, n$), tj. donja i gornja ograničenja

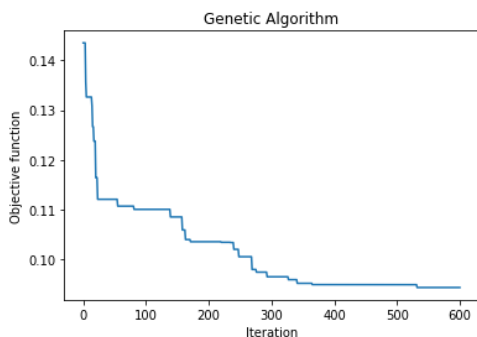
Iterativnim postupkom rešavanja optimizacionog problema, potrebno je zadovoljiti ograničenja MM u pogledu DI_{after} , koja se kontrolišu uz pomoć penalne funkcije. Ukoliko ova ograničenja nisu zadovoljena, na funkciju cilja (koja se želi minimizirati) se dodaje vrednost koja teži beskonačnosti „ ∞ “ (a ukoliko su ograničenja zadovoljena, vrednost penalne funkcije teži nuli).

Prosečna vrednost funkcije cilja za 100 sprovedenih optimizacija u eksperimentu iznosi 0.09908988, dok su sve pokrenute optimizacije bile uspešne. Najboljih pet rezultata u pogledu minimalno ostvarene vrednosti funkcije cilja dati su na Slici 3, zajedno sa optimizovanim vrednostima (realni brojevi u okviru definisanih granica), novim rangovima, kao i vrednosti DI_{after} .

Funkcija cilja	V_{after}	R_{after}	DI_{after}
0.09430784	[0.08807333 0.0759701 0.10617871 0.02400315 0.02609986 0.02433602 0.03132311 0.05286259 0.02362985 0.10424761 0.06552433 0.07354096]	[4 3 6 2 5 7 1]	0.86538462
0.09432445	[0.08815051 0.07639788 0.10602246 0.02441436 0.02650608 0.02396714 0.03015472 0.05969535 0.02362985 0.09943709 0.05982655 0.08979685]	[3 4 6 2 7 5 1]	0.86538462
0.09436873	[0.08737252 0.0768606 0.10624308 0.02376477 0.0262808 0.02473534 0.0303243 0.05399083 0.02362985 0.09445634 0.0650866 0.08392633]	[3 4 6 2 7 5 1]	0.86538462
0.09471718	[0.08810332 0.07673575 0.10627361 0.02343924 0.02709499 0.02585126 0.02994921 0.045931 0.02362985 0.09596691 0.06457124 0.07511585]	[3 4 6 2 5 7 1]	0.86538462
0.09471962	[0.08802382 0.07717123 0.10537697 0.02351121 0.02599529 0.02455024 0.03060456 0.05264722 0.02362985 0.10155091 0.06627265 0.07341148]	[4 3 6 2 5 7 1]	0.86538462

Slika 3. Prikaz rešenja pet najuspešnijih optimizacija u pogledu vrednosti funkcije cilja

Za najuspešniju optimizaciju sa Slike 3 (funkcija cilja iznosi 0.09430784), ilustracija promene vrednosti funkcije cilja kroz iteracije u GA algoritmu data je na Slici 4.



Slika 4. Ilustracija minimizacije vrednosti funkcije cilja kroz iteracije u GA algoritmu

5. IMPLIKACIJE ZA KORIŠĆENJE PREDLOŽENE METODE

Najbitnija prednost fer TOPSIS metode je u tome što se u predloženom postupku ne menjaju početni parametri definisani od strane DO (npr. težinski koeficijenti za kriterijume kao u [2]), dok se postupkom može uspešno ukloniti DI.

Osim toga, ne menjaju se ni podaci u matrici odlučivanja, odnosno procenjene ocene alternativa za zadate kriterijume, npr. kao u metodi predprocesiranja osmišljenoj za uklanjanje DI (engl. *Disparate Impact Remover – DIR*) [15]. Poređenja radi, obe metode uspešno popravljaju početni DI u podacima predstavljenim na Slici 5. Poslednje tri kolone (respektivno) predstavljaju sledeća tri indikatora međunarodne otvorenosti, jednog od stubova podindeksa politike i omogućavajućih uslova putovanja i turizma, koji je sastavni deo indeksa konkurentnosti putovanja i turizma [17]:

- Zahtevi za vizu, koji su u vezi sa složnošću procedure za ulazak u zemlju: 0–100 (najbolje);
- Otvorenost bilateralnih sporazuma o vazдушnom saobraćaju: 0–38 (najbolje);

- Broj regionalnih trgovinskih sporazuma na snazi.

	s	max	max	max
Japan	0	20	23.6	33
Australija	0	50	26.9	24
Kina	0	3	7.1	29
Hong Kong	0	70	14.8	10
Koreja, Republika	0	31	14.5	32
Novi Zeland	0	61	35.6	23
Tajvan, Kineska Provincija	0	21	27.5	12
Mongolija	1	18	7.3	2
Singapur	0	45	16.1	45
Malezija	0	68	12.2	25
Tajland	0	59	9.8	21
Indonezija	1	86	14.3	13
Vijetnam	1	41	13.1	20
Brunej Darusalam	0	41	17.6	16
Filipini	1	48	11.2	16
Laos	1	62	0.6	12
Kambodža	1	72	8.5	10
Indija	1	41	14.6	21
Šri Lanka	1	45	8.4	6
Nepal	1	66	3.8	3
Bangladeš	1	41	6.2	5
Pakistan	1	0	11	11

Slika 5. Azijsko-pacifičke zemlje – Tri indikatora međunarodne otvorenosti za 2019. godinu [18]

Podaci sa Slike 5 odnose se na zemlje Azijsko-pacifičkog regiona. Senzitivna kolona (s) uzima sledeće vrednosti: $s = 0$ za zemlje sa visokim i umerenim prihodom, i $s = 1$ za zemlje sa niskim prihodom (podela prema [17]). Neka težine za kriterijume (tj. posmatrane indikatore) redom iznose: 0.4, 0.3 i 0.3. Primenom standardne TOPSIS procedure, početni DI iznosi 0.49704142.

Za pet ponovljenih optimizacija sprovedenih fer TOPSIS metodom, prosečna vrednost DI iznosi 0.80714286, dok prosečna vrednost funkcije cilja iznosi 0.1534766. Metoda DIR prilagođava početne podatke, radeći na izjednačavanju raspodela tako da inverzna kumulativna funkcija raspodele, odnosno medijana između dve grupe bude što sličnija, i to za svaki kriterijum [15]. Metoda popravljala DI prikazanih podataka na vrednost 0.8880597, ali uz cenu njihove neophodne izmene.

Uspostavljanje novih idealnih i antiidealnih tačaka koje su u rasponu između prvobitno definisanih, ide u prilog boljem kontrolisanju ekstremuma, i direktno doprinosi težnji ka ujednačavanju grupa. Proglašavanje ekstremnih vrednosti idealnim može biti upitno sa filozofskog gledišta u smislu opravdanosti, i uopšte neslaganja oko definisanja pojma idealnog, pogotovo kada postoje velika rasipanja u skupovima podataka.

Popravljanje prvobitnog DI uz minimalne izmene u odnosu na početne parametre je još jedna prednost predloženog pristupa u pogledu praktičnosti korišćenja. Moguće su adaptacije i proširenja predstavljenog MM u skladu sa konkretnim potrebama, poput:

- fiksiranja idealnih/antiidealnih vrednosti za pojedine kriterijume koje DO ne želi da menja;
- promena definicije funkcije cilja, npr. minimizacija odstupanja rangova pre i posle optimizacije. Dalje, odstupanja se mogu izraziti kao zbir ili prosečna vrednost apsolutnih ili kvadratnih razlika;
- vođenja računa o redosledu alternativa u okviru iste grupe.

6. ZAKLJUČAK

Problem diskriminacije, osim što je prisutan u ljudskom društvu, prisutan je u algoritmima koji potpomažu donošenju odluka. Najznačajniji doprinos ovog rada je metodološki. Predloženi pristup omogućava fer izlaz za alternative, odnosno fer rang listu, uz razmatranje više kriterijuma za odlučivanje na način kako funkcioniše standardna TOPSIS procedura. Dodatno, DI je računat direktno na osnovu rangova alternativa, a ne posredno preko izračunatih poena.

Antidiskriminatorna komponenta, ugrađena u TOPSIS metodu, sprečava diskriminaciju u finalnom rangiranju alternativa, i pogodna je za praktično korišćenje od strane DO. Mnogobrojne prednosti u pogledu korišćenja su predstavljene u radu, a jedna od njih je i zadovoljavanje potrebe za automatizovanim algoritmima za efikasno donošenje odluka u oblasti fer rangiranja.

NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Ovaj rad je rezultat projekta ONR - N62909-19-1-2008 – *Aggregating computational algorithms and human decision-making preferences in multi-agent settings*, podržanog od strane U.S. Office of Naval Research, a realizovanog u saradnji sa Fakultetom organizacionih nauka Univerziteta u Beogradu. Rad je takođe podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije – evidencioni broj ugovora sa Lola Institutom: 451-03-68/2022-14/200066.

LITERATURA

- [1] Hajian, S., Bonchi, F. and Castillo, C. "Algorithmic bias: From discrimination discovery to fairness-aware data mining", Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD international conference on knowledge discovery and data mining, pp 2125-2126, San Francisco, California, USA, 2016.
- [2] Radovanović, S., Petrović, A., Delibašić, B. and Suknović, M. "Eliminating Disparate Impact in MCDM: The case of TOPSIS", Central European Conference on Information and Intelligent Systems, pp 275-282, Faculty of Organization and Informatics, Varazdin, 2021.
- [3] Cegan, J. C., Filion, A. M., Keisler, J. M. and Linkov, I. "Trends and applications of multi-criteria decision analysis in environmental sciences: literature review", Environment Systems and Decisions, Vol. 37, No. 2, pp 123-133, 2017.
- [4] Mühlbacher, A. C. and Kaczynski, A. "Making good decisions in healthcare with multi-criteria decision analysis: the use, current research and future development of MCDA", Applied health economics and health policy, Vol. 14, No. 1, pp 29-40, 2016.
- [5] Afshari, R. A., Nikolić, M. and Čočkalović, D. "Applications of fuzzy decision making for personnel selection problem: A review", Journal of Engineering Management and Competitiveness (JEMC), Vol. 4, No. 2, pp 68-77, 2014.
- [6] Parameshwaran, R., Kumar, S. P. and Saravanakumar, K. "An integrated fuzzy MCDM based approach for robot selection considering objective and subjective criteria", Applied Soft Computing, Vol. 26, pp. 31-41, 2015.
- [7] Zuiderveen Borgesius, F. "Discrimination, artificial intelligence, and algorithmic decision-making", 2018.
- [8] Singh, A. and Joachims, T. "Fairness of exposure in rankings", Proceedings of the 24th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining, pp. 2219-2228, London, United Kingdom, 2018.
- [9] Zehlike, M., Yang, K. and Stoyanovich, J. "Fairness in ranking: A survey", arXiv preprint arXiv:2103.14000, 2021.
- [10] Zehlike, M., Bonchi, F., Castillo, C., Hajian, S., Megahed, M. and Baeza-Yates, R. "FA*IR: A fair top-k ranking algorithm", Proceedings of the 2017 ACM on Conference on Information and Knowledge Management, pp 1569-1578, Singapore, Singapore, 2017.
- [11] Gupta, A., Johnson, E., Payan, J., Roy, A. K., Kobren, A., Panda, S., ... and Wick, M. "Online Post-Processing in Rankings for Fair Utility Maximization", Proceedings of the 14th ACM International Conference on Web Search and Data Mining, pp 454-462, Virtual Event, Israel, 2021.
- [12] Behzadian, M., Otaghsara, S. K., Yazdani, M. and Ignatius, J. "A state-of the-art survey of TOPSIS

applications“, Expert Systems with applications, Vol. 39, No. 17, pp 13051-13069, 2012.

[13] Vujošević, M. “Metode optimizacije u inženjerskom menadžmentu“, Akademija inženjerskih nauka Srbije i Fakultet organizacionih nauka Univerziteta u Beogradu, 2012.

[14] Lee, C. K. H. “A review of applications of genetic algorithms in operations management“, Engineering Applications of Artificial Intelligence, Vol. 76, pp 1-12, 2018.

[15] Feldman, M., Friedler, S. A., Moeller, J., Scheidegger, C. and Venkatasubramanian, S. “Certifying and removing disparate impact“, Proceedings of the 21th ACM SIGKDD international conference on knowledge discovery and data mining, pp 259-268, Sydney, NSW, Australia, 2015.

[16] Solgi, R. M. „Geneticalgorithm 1.0.2“, <https://pypi.org/project/geneticalgorithm/>, MIT License, 2020.

[17] Calderwood, L. U. and Soshkin, M. “The travel and tourism competitiveness report 2019“, World Economic Forum, 2019.

[18] World Economic Forum, <http://reports.weforum.org/ttc/>

SKUP PODATAKA SOFTVERSKIH KLONOVA TIP 4 ZA OBRADU MATRICA TYPE 4 SOFTWARE CLONES DATASET FOR MATRIX PROCESSING

Uroš Radenković¹, Vladimir Jocović¹, Marko Mićović¹, Adrian Milaković¹ i Dražen Drašković¹

Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu¹

Sadržaj – U ovom radu predstavljen je jedan skup podataka koji čine programski kodovi klonovi Tipa 4 za obradu matrica. Prikupljeno je 10 biblioteka za rad sa matricama napisanih na programskom jeziku Java. Zatim su identifikovane operacije koje su implementirane nad matricama i formirana je relaciona baza podataka koja sadrži programski kod i pruža određene informacije o dostupnim operacijama. Ukupno je formirano 675 parova softverskih klonova Tipa 4. Pored izvornog programskog koda, dodatne informacije skupa podataka su komentari, brojevi linija od koje počinje i na kojoj se završava metoda, naziv datoteke u kojoj se metoda nalazi, kao i stablo poziva metoda. U implementaciji ovog skupa podataka korišćeni su Java agenti za praćenje toka izvršavanja i prikupljane su pomenute informacije koje su smeštane u bazu podataka. Formirani skup podataka je moguće koristiti za testiranje alata koji otkrivaju softverske klonove Tipa 4. Takođe, formirani skup podataka može poslužiti za razvijanje novih alata koji koriste tehnike prirodne obrade jezika za prepoznavanje softverskih klonova jer sadrži i komentare.

Abstract - This paper will present the dataset that consists of Type 4 software clones for matrix processing. Ten matrix processing libraries written in Java programming language were collected. Afterwards, matrix processing operations were identified and a relational database containing operations source codes and operation-specific information was formed. The formed data set contains 675 pairs of software clones. Additionally, the database holds code comments, line numbers designating the beginning and the ending of a method source code, the file containing the method source code, as well as the method call tree. In the implementation of this dataset, Java agents were used to monitor the execution flow and the aforementioned information was collected and stored in the database. The formed data set can be used to test tools that detect Type 4 software clones. It can also be used to develop new tools that use some natural language processing techniques to recognize software clones because the formed data set also contains comments.

1. UVOD

U softverskoj industriji prisutna je potreba za otkrivanjem softverskih klonova radi zaštite autorskih prava kompanija koje su proizvele određeni softverski sistem. Takođe, na fakultetima koji se bave obrazovanjem studenata u oblastima računarske tehnike i informatike postoji potreba da se vrši provera nedozvoljene saradnje poređenjem studentskih radova koji predstavljaju neki programski kod. Čest slučaj nastajanja softverskih klonova jeste kopiranjem nekog postojećeg programskog koda (eng. *copy-paste*) što dovodi do problema propagacije grešaka (eng. *error propagation*) [1]. Pored kopiranja postojećeg programskog koda, softverski klonovi nastaju i dodatnim izmenama

kopiranog koda što vodi ka težem otkrivanju takvih klonova i održavanju takvih sistema [2]. Zbog toga postoji mnogo alata koji pomažu u otkrivanju softverskih klonova (eng. *software clone detection tools*). Samim tim postoji i potreba za skupovima podataka koji služe za testiranje tih alata.

Softverski klonovi jesu dva programska koda koja su identična, slična ili potpuno različita, ali u svim prethodno navedenim slučajevima obavljaju istu obradu i daju iste rezultate. U zavisnosti od toga kakva je sličnost između programskih kodova, u literaturi se definišu četiri tipa softverskih klonova [3, 4]. Tip 1 su klonovi koji imaju identičan tekst programskog koda ili se razlikuju u indentaciji, belinama i komentarima. Tip 2 nastaje varijacijom literala, imena promenljivih i ključnih reči u izvornom kodu. Tip 3 se ogleda u modifikaciji naredbi koda: dodavanjem, brisanjem ili izmenom određenih naredbi. Na kraju, Tip 4 predstavlja klonove koji semantički obavljaju istu stvar, ali se potpuno sintaksno razlikuju. Na slici 1. su prikazani isecci programskog koda na jeziku Java koji predstavljaju softverske klonove. Klon 1 je original, a Klon 2 predstavlja njegov softverski klon.

Klon 1	Klon 2	
<pre>int k = 0; for(int i=0;i<2;i++){ k = k + 2; }</pre>	<pre>int k = 0; for(int i=0;i<2;i++){ k = k + 2; }</pre>	Tip 1
<pre>int k = 0; for(int i=0;i<2;i++){ k = k + 2; }</pre>	<pre>int t = 0; for(int i=0;i<2;i++){ t = t + 2; }</pre>	Tip 2
<pre>int k = 0; for(int i=0;i<2;i++){ k = k + 2; }</pre>	<pre>int t = 0; int i = 0; while(i<2){ t += 2; i++; }</pre>	Tip 3
<pre>int k = 0; for(int i=0;i<2;i++){ k = k + 2; }</pre>	<pre>int t = Integer.parseInt("4");</pre>	Tip 4

Slika 1. Primeri softverskih klonova

Pored ručnog pregleda programskih kodova kako bi se otkrili klonovi, postoje mnogi alati koji otkrivaju klonove. Svi alati proces otkrivanja klonova započinju obradom izvornog programskog koda na način da ga pripreme za algoritme koje koriste u otkrivanju. U većini slučajeva se izvorni kod čisti od suvišnih znakova belina i komentara, a zatim se transformiše u pogodnu formu za primenu samih algoritama otkrivanja (eng. *intermediate source representations*) [1, 3]. Alati otkrivaju klonove na različitim nivoima granularnosti. Tako postoje alati koji klonove prepoznaju na nivou jedne naredbe, bloka, funkcije (metode), klase ili celog programa.

Kao rezultat ovog rada formiran je skup podataka softverskih klonova Tipa 4. Skup je sastavljen od programskog koda (na jeziku *Java*) koji implementira operacije nad matricama. Skup podataka sadrži ukupno 675 parova operacija nad matricama softverskih klonova Tipa 4. Pored programskog koda, skup podataka sadrži još i komentare, broj linije od koje počinje i broj linije na kojoj se završava metoda, naziv datoteke u kojoj se metoda nalazi, kao i stablo poziva metoda. Ovaj skup podataka je pogodan za testiranje alata u procesu razvijanja koji se bave otkrivanje softverskih klonova Tipa 4.

Rad je podeljen u šest poglavlja. Drugo poglavlje rada (Postojeći skupovi podataka) daje pregled nekih od postojećih skupova podataka softverskih klonova. Treće poglavlje (Metodologija) opisuje metodologiju kojom je formiran skup podataka. U četvrtom poglavlju (Skup podataka klonova Tipa 4) je predstavljen detaljan opis napravljene relacione baze podataka koja sadrži klonove Tipa 4. Peto poglavlje (Implementacija okruženja za formiranje skupa podataka) sadrži opis okruženja i alata koji su korišćeni tokom formiranja skupa podataka. Poslednje šesto poglavlje (Zaključak) predstavlja zaključak ovog rada i daje komentare vezane za mogućnosti daljeg unapređenja formiranog skupa podataka.

2. POSTOJEĆI SKUPOVI PODATAKA

Grupa autora je u svom radu [5] predstavila skup podataka softverskih klonova Tipa 4 (*SeSaMe*) koji je sačinjen od metoda napisanih na programskom jeziku *Java*. Ovaj skup podataka je sačinjen korišćenjem 11 različitih biblioteka koje služe za matematička izračunavanja, pravljenje grafičkog korisničkog okruženja (eng. *GUI – Graphical User Interface*) i za rukovanje različitim strukturama podataka. Metodologija kojom je formiran skup podataka zasniva se na prikupljanju prvo *JavaDoc* komentara i njihovoj analizi sličnosti. Rezultati sličnosti tih komentara su poslužili da se odaberu metode kandidati koje mogu biti softverski klonovi Tipa 4. Na kraju su formirani parovi softverskih klonova ručnim pregledom tih metoda kako bi se zaista utvrdila njihova semantička sličnost. Ovaj skup podataka sadrži 857 parova softverskih klonova Tipa 4.

U radu [6] je predstavljen skup podataka softverskih klonova Tipa 4 koji je formiran korišćenjem rešenja algoritamskih problema na takmičenju *Google CodeJam*. Uzeta su četiri različita algoritamska problema gde je za svaki od problema dostupno preko 100 rešenja, sa ukupno 1280 programa. Odlika ovog skupa podataka je da nema bibliotečnih poziva funkcija, jer programi predstavljaju rešenja algoritamskih problema.

Jedan veliki skup podataka softverskih klonova sva četiri tipa (*BigCloneBench*) predstavljen je u radu [7]. Ovaj skup podataka je formiran na osnovu skupa podataka *IJaDataset* [8] iz kog su izdvojene implementacije 10 čestih funkcionalnosti. Neke od izdvojenih funkcionalnosti su *SQL update* upit, algoritam sortiranja *Bubble sort*, kopiranje datoteke i dekompresija komprimovanih *.zip* datoteka. Formiran je tako što su prvo primenjeni algoritmi

pretraživanja kako bi se dobili isečci programskog koda koji možda predstavljaju implementaciju odabrane funkcionalnosti. Zatim su se ručno od strane troje ljudi (eng. *judges*) pregledali kandidati isečci i označavali da li implementiraju odabranu funkcionalnost. Ovaj skup podataka je pogodan za testiranje različitih alata, jer sadrži klonove sva četiri tipa. Skup ukupno ima oko 6 miliona parova softverskih klonova.

3. METODOLOGIJA

Za formiranje skupa podataka koji predstavlja klonove Tipa 4 bilo je potrebno odabrati programske kodove koji zadovoljavaju kriterijum da se sintaksno razlikuju, a da obavljaju istu stvar. Skup podataka je sačinjen od programskog koda za rad sa matricama. Zbog dostupnosti mnogih biblioteka za rad sa matricama na programskom jeziku *Java* i zbog toga što većina njih implementira iste operacije nad matricama, odlučeno je da se od njih formira skup podataka.

Prvo se pristupilo prikupljanju izvornog koda biblioteka za rad sa matricama. Izvorni kod za neke biblioteke bio je javno dostupan u repozitorijumima za deljenje koda, kao što je na primer *GitHub*. Za neke biblioteke je bilo potrebno pronaći i izvorni kod svih drugih pomoćnih biblioteka na čiji rad se oslanjaju. Poteškoće su bile pronaći izvorni kod tačno onih verzija pomoćnih biblioteka koje se koriste. Za neke od njih je izvorni kod bio javno dostupan, a za neke je izvorni kod dobijen disasemblirom *.jar* arhiva.

Nakon što je prikupljen izvorni kod svih biblioteka pristupilo se uočavanju koje su operacije nad matricama implementirane u većini biblioteka. Upravo te operacije predstavljaju klonove Tipa 4, jer rade istu obradu nad matricama što je prvi preduslov da bi bile označene kao klonovi Tipa 4. Kako su sve biblioteke napisane na programskom jeziku *Java* koji je objektno orijentisani jezik, biblioteke na različite načine organizuju izvorni kod po paketima i klasama. U implementaciji neke od operacija nad matricama različite biblioteke to čine kroz više klasa i metoda. Na taj način je obezbeđeno da se sintaksno operacije razlikuju, što je drugi preduslov da bi bile označene kao klonovi Tipa 4.

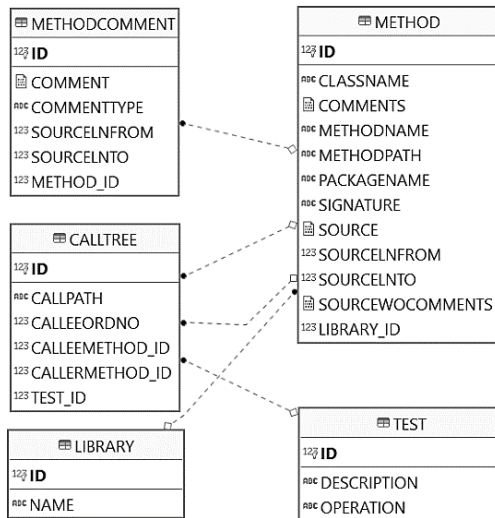
Kada su bili prikupljeni izvorni kodovi svih biblioteka bilo je potrebno izvući sve metode koje učestvuju u implementaciji svake od operacija nad matricama. Za tako nešto je bilo potrebno nad ulaznim matricama primeniti operaciju, a tokom izvršavanja snimiti kroz koje metode je teklo izvršavanje. Na taj način je prikupljen sav izvorni programski kod, a pored toga odlučeno je da se prikupe i svi komentari koji se mogu koristiti takođe za prepoznavanje softverskih klonova korišćenjem metoda obrade prirodnog jezika (eng. *NLP – Natural language processing*).

4. SKUP PODATAKA KLONOVA TIP 4

Kao što je već pomenuto prikupljeno je 10 biblioteka za obradu matricu koje su napisane na programskom jeziku

Java: *colt*, *common*, *jblas*, *jama*, *la4j*, *mtj*, *ejml*, *ojalgo*, *ujmp* i *pcolt*. Uočeno je da većina biblioteka implementira sledeće operacije nad matricama: Čoleski dekompozicija, LU dekompozicija, SV dekompozicija, sopstvene vrednosti matrica, QR dekompozicija, određivanje determinante matrice, određivanje inverzne matrice, sabiranje matrica, množenje matrica, transponovanje matrice i skaliranje matrica. Kao ulazne matrice za pomenute operacije koristile su se identične matrice za sve biblioteke. Korišćene su kvadratne matrice dimenzija 3 x 3, jedna ili dve matrice u zavisnosti od toga da li je operacija unarna ili binarna. Takva veličina matrica je bila dovoljna da se snimi tok izvršavanja metoda tokom operacija, jer je potrebno samo prikupiti sav izvorni kod koji učestvuje u implementaciji operacije.

Svi prikupljeni podaci su organizovani u vidu relacione baze podataka čija je šema prikazana na slici 2. U formiranoj bazi postoji pet tabela. Tabela *LIBRARY* i tabela *TEST* su jednostavne tabele koje pružaju informaciju o nazivu biblioteke i opisuju operaciju nad matricama, respektivno.



Slika 2. Šema baze podataka softverskih klonova Tipa 4

Tabela *METHOD* sadrži informacije koje opisuje metod koji se koristio u nekoj od operacija nad matricama neke od biblioteke. Sadrži naziv paketa, klase i naziv same metode, kao i pun naziv klase sa sve paketima čime je određena datoteka u kojoj se nalazi izvorni kod. Pored toga sadrži potpis metode, kao i izvorni kod sa i bez komentara, broj linije od koje i broj linije do koje se prostire izvorni kod metode u datoteci koja je sadrži. Pored ovoga, sadrži još i izdvojene sve komentare vezane za metodu.

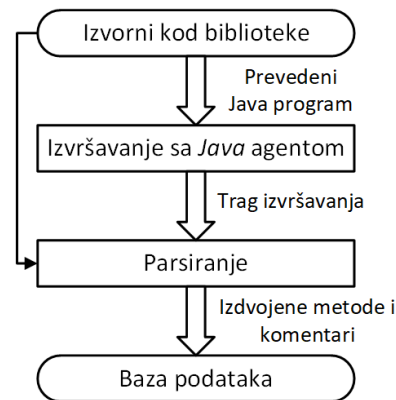
Tabela *METHODCOMMENT* opisuje komentare metode. Komentari su podeljeni na dva tipa. Prvi tip jesu komentari koji su unutar tela metode, a drugi su komentari koji se nalaze iznad metode i pisani su u *Javadoc* formatu. Prvi tip komentara su komentari koji pojašnjavaju na prirodnom jeziku šta određen deo koda radi. Međutim, među njima ima i delova zakomentaranog programskog koda koji je nekada bio deo implementacije, ali nije uklonjen iz izvornog koda biblioteke. Drugi tip može biti izuzetno

koristan prilikom otkrivanja softverskih klonova, jer može sadržati kratak opis na prirodnom jeziku šta metoda radi. Pored samog tekstualnog sadržaja komentara, čuva se još i broj linije od koje i broj linije do koje se komentar prostire.

Tabela *CALLTREE* sadrži redosled kojim se metode pozivaju prilikom izvršavanja neke operacije nad matricama. Redosled pozivanja predstavljen je tekstualno po formatu *.....* gde karakteri ** predstavljaju redni broj poziva metode na tom nivou ugnežđavanja, a tačkama su razdvojeni nivoui ugnežđavanja poziva metoda. U ovoj tabeli se čuvaju i informacije o tome koja je metoda pozvana i iz koje metode je pozvana.

5. IMPLEMENTACIJA OKRUŽENJA ZA FORMIRANJE SKUPA PODATAKA

Kao osnova za pokretanja operacija nad matricama iskorišćen je alat *JMatBench* (eng. *Java Matrix Benchmark*) [9] koji služi za testiranje različitih biblioteka za rad sa matricama. Ovaj alat vrši testiranje biblioteka u pogledu brzine izvršavanja i količine memorije koju koriste prilikom rada, što nije bilo od interesa u ovom istraživanju. Za potrebe pravljenja skupa podataka ovaj alat je iskorišćen za pokretanja operacija nad matricama kao *Java* aplikacije čije izvršavanje je snimano korišćenjem alata *InTrace* [10]. Alat *InTrace* je *Java* agent koji formira trag izvršavanja *Java* aplikacije. Dobijeni trag izvršavanja je obrađen parserom koji je implementiran korišćenjem *JavaParser* alata. Na slici 3. je prikazano okruženje koje je implementirano za formiranje skupa podataka.



Slika 3. Okruženje za formiranje skupa podataka

Blok *Izvorni kod biblioteke* predstavlja izvorni kod biblioteke za obradu matrica i izvorni kod svih pomoćnih biblioteka koje se koriste. Kao što je rečeno za neke biblioteke je izvorni kod preuzet sa javno dostupnih repozitorijuma, dok za neke određene verzije biblioteka nije bilo moguće pronaći izvorni kod, već samo prevedeni kod u obliku *jar* (eng. *Java Archive*) datoteka. Za takve biblioteke je urađeno disasembliranje čime je dobijen izvorni kod.

Blok *Izvršavanje sa Java agentom* predstavlja izvršavanje operacija nad ulaznim matricama prevedene biblioteke i izvršavanje *Java* agenta. *Java* agent *InTrace* se pokreće

kao posebna *Java* aplikacija kojoj se zadaje aplikacija čije će izvršavanje snimati. Kao rezultat ovog bloka dobija se datoteka koja predstavlja trag izvršavanja. Trag izvršavanja sadrži redom pozive metoda koje su se izvršile. Pored toga, sadrži i prosledjene parametre prilikom poziva, kao i povratne vrednosti iz metoda ukoliko ih ima.

Blok *Parsiranje* predstavlja proces parsiranja traga izvršavanja. Rezultat parsiranja jesu podaci koji su bili od interesa da se nađu unutar baze podataka. Parsiranje je realizovano korišćenjem alata *JavaParser* [11] koji ima mogućnost da parsira *.java* datoteke. Na osnovu traga izvršavanja, prepoznaju se metode koje su se izvršavale za određenu operaciju nad matricama. Nakon toga se u izvornom kodu (*.java* datotekama) pronalazi metoda. Uz pomoć alata *JavaParser* se izvlači potpis, izvorni kod i komentari metode. Na kraju se prikupljeni podaci o metodi smeštaju u bazu podataka. Pored prikupljanja podataka o metodi koja se izvršavala, formira se uporedo i stablo poziva po prethodno opisanom formatu.

6. ZAKLJUČAK

U okviru ovog rada predstavljen je skup podataka softverskih klonova Tipa 4, kao i način na koji je on formiran. Skup podataka formiran je od biblioteka za rad sa matricama na programskom jeziku *Java*. Relaciona baza podataka koja je formirana sadrži softverske klonove Tipa 4 koji su zapravo operacije nad matricama. Pored izvornog programskog koda, baza podataka sadrži još i dodatne informacije koje bolje opisuju operacije kao što su komentari, brojevi linija od koje počinje i na kojoj se završava metoda, naziv datoteke u kojoj se metoda nalazi, kao i stablo poziva metoda. Ukupno je prikupljeno 10 biblioteka i u njima uočeno 15 operacija nad matricama koje predstavljaju softverske klonove Tipa 4. Svaka od biblioteka na svoj način implementira određenu operaciju. Moguće je uspostaviti parove softverskih klonova između svake dve biblioteke što je ukupno 45 softverskih klonova Tipa 4 određene operacije, a ukupno 675 parova softverskih klonova Tipa 4.

Ovaj skup podataka se može koristiti za testiranje alata koji prepoznaju softverske klonove i to za klonove koji se najteže prepoznaju, klonove Tipa 4. Kako skup podataka pored izvornog koda sadrži još i komentare, ovaj skup podataka se može koristiti i za razvijanje novih alata koji prepoznaju softverske klonove, a koji koriste neke tehnike prirodne obrade jezika (eng. *NLP*).

Skup podataka je moguće proširiti na nekoliko načina. Kako su operacije nad matricama sačinjene od više desetina metoda, moguće je neke operacije podeliti na više delova, a zatim odgovarajuće delove operacija iz različitih biblioteka označiti kao klonove. Na taj način bi se dobilo više klonova koji su kraći u smislu da sadrže manje izvornog programskog koda.

Primećeno je da neke biblioteke pored komentara koji opisuju segmente programskog koda sadrže još i komentare koji sadrže programski kod tj. zakomentarisan kod. Može se uvesti još jedan tip komentara, kojim će se

označiti komentari koji predstavljaju zakomentarisan kod. Tako bi se odvojili komentari koji opisuju metodu ili deo programskog koda od zakomentarisanog koda.

Pored toga što je skup podataka formiran od 15 operacija nad matricama, njega je moguće proširiti i programskim kodom koji služi za manipulaciju matricama. Svaka od biblioteka matricu predstavlja na svoj način u vidu neke strukture (klasa, struktura ili dvodimenzioni niz). Biblioteka pored toga sadrži i programski kod koji implementira osnovne funkcionalnosti nad matricama kao što su formiranje matrice i postavljanje vrednosti elemenata, dohvaćanje vrednosti elemenata, dohvaćanje određenog reda ili kolone matrice i ispisivanje matrice. Upravo od ovih funkcionalnosti se mogu formirati novi parovi softverskih klonova Tipa 4 koji bi predstavljali proširenje formiranog skupa podataka.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je rezultat istraživanja na projektu *AVANTES (Advancing Novel Textual Similarity-based Solutions in Software Development)* koji je finansiran od strane Fonda za nauku Republike Srbije, u okviru Programa za razvoj projekata iz oblasti veštačke inteligencije (evid. broj 6526093). Autori se zahvaljuju na finansijskoj podršci.

LITERATURA

- [1] Rattan, D., Bhatia, R., & Singh, M. (2013). Software clone detection: A systematic review. *Information and Software Technology*, 55(7), 1165-1199.
- [2] Roy, C. K., & Cordy, J. R. (2007). A survey on software clone detection research. *Queen's School of Computing TR*, 541(115), 64-68.
- [3] Q. U. Ain, W. H. Butt, M. W. Anwar, F. Azam, & B. Maqbool, A Systematic Review on Code Clone Detection, in *IEEE Access*, vol. 7, pp. 86121-86144, 2019
- [4] Ajad Kumar et al, A Systematic Review of Semantic Clone Detection Techniques in Software Systems, 2021 *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 1022 012074
- [5] Kamp, M., Kreutzer, P., & Philippsen, M. (2019, May). Sesame: A data set of semantically similar java methods. In *2019 IEEE/ACM 16th International Conference on Mining Software Repositories (MSR)* (pp. 529-533). IEEE.
- [6] Li, W., Saidi, H., Sanchez, H., Schäf, M., & Schweitzer, P. (2016, June). Detecting similar programs via the Weisfeiler-Leman graph kernel. In *International conference on software reuse* (pp. 315-330). Springer, Cham.
- [7] Svajlenko, J., Islam, J. F., Keivanloo, I., Roy, C. K., & Mia, M. M. (2014, September). Towards a big data curated benchmark of inter-project code clones. In *2014 IEEE International Conference on Software Maintenance and Evolution* (pp. 476-480). IEEE.

[8] Ambient Software Evoluton Group, “IJaDataset 2.0”, <https://sites.google.com/site/asegsecold/projects/seclone>, pristupano u decembru 2021.

[9] Java Matrix Benchmark (JMatBench), <https://lessthanoptimal.github.io/Java-Matrix-Benchmark/>, pristupano u decembru 2021.

[10] InTrace Java Agent, <https://mchr3k.github.io/org.intrace/>, pristupano u decembru 2021.

[11] Smith, N., Van Bruggen, D., & Tomassetti, F. (2017). Javaparser: visited. Leanpub, oct. de. <https://github.com/javaparser/javaparser-visited>, pristupano u decembru 2021.

PREDIKCIJA PROSEČNE OCENE I DUŽINE TRAJANJA STUDIJA UPOTREBOM NEURALNIH MREŽA PREDICTION OF THE AVERAGE GRADE AND DURATION OF STUDIES USING NEURAL NETWORKS

Milan Marinković¹, Uroš Romić¹, Goran Kvašček¹, Boško Nikolić¹
Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu¹

Sadržaj – Ovaj rad proverava mogućnost da se na osnovu opšteg uspeha iz srednje škole i bodova osvojenih na prijemnom ispitu, opštine prebivališta studenata, tipa završene srednje škole, pola i odabranih smerova prilikom upisa druge godine studija, upotrebom neuralnih mreža, uradi predikcija proseka i dužine trajanja studija za studente Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu. Rezultati pokazuju da se na osnovu dobro izabranih podataka, u određenoj meri, može predvideti ishod studija studenata.

Abstract - This paper examines the possibility of predicting the average grade and duration of studies for students of School of Electrical Engineering, University of Belgrade, based on several factors: the grade from high school, points achieved on the entrance exam, the municipality of residence, type of completed high school, gender, and chosen second-year course, by using neural networks. Results show that based on chosen data, to some extent, the outcome of students' studies can be predicted.

1. UVOD

Cilj svakog budućeg studenta je da postigne što bolji prosek tokom studija, a da iste privede kraju u što kraćem mogućem roku. Postavlja se pitanje da li je već prilikom upisa kandidata moguće približno predvideti i prosek i trajanje studija studenta.

Ne postoji utvrđena povezanost između tih podataka kako bi se problem mogao algoritamski rešiti, pa se mogu iskoristiti algoritmi iz oblasti veštačke inteligencije iskoristiti da se prepozna odgovarajući šablon, ukoliko postoji. Validaciju je moguće realizovati obradom podataka koji nisu bili korišćeni za treniranje mreže sa pitanjem da li mreža može da predvidi i koliko tačno te vrednosti.

Za treniranje, testiranje i validaciju neuralne mreže korišćen je programski alat MATLAB, koji u svom sklopu ima module koji se mogu iskoristiti za opisanu upotrebu.

Podaci korišćeni za treniranje mreže predstavljaju podatke za studente Elektrotehničkog fakulteta upisane u periodu od 2006. do 2017. godine, koji su završili studije. Od podataka se koriste vrednosti proseka iz srednjih škola i bodova osvojenih na prijemnom ispitu prilikom upisa, pol studenta, opština prebivališta, odabrani smer prilikom upisa druge godine studija i vrste škole (gimnazija ili ne), bez ličnih informacija, tako da nije poznato ko su osobe koje se kriju iza tih vrednosti.

Izračunavanjem standardne devijacije (srednje kvadratne greške) utvrđeno je odstupanje izlaza neuralnih mreža od stvarnih podataka čime je proverena njihova tačnost rada.

U nastavku rada su opisane korišćene metodologije, analizirane su upotrebljene tehnologije, navedeni su podaci koji su se koristili za sve faze realizacije, opisan je proces treniranja mreže i dobijenih rezultata. Na kraju rada je dat zaključak.

2. KORIŠĆENA METODOLOGIJA I TEHNOLOGIJE

Neuralne mreže su sistemi sastavljeni od više jednostavnih procesora (jedinica, neurona), a svaki od njih ima lokalnu memoriju u kojoj pamti podatke koje obrađuje [1]. Te jedinice su povezane komunikacionim kanalima (vezama). Podaci koji se ovim kanalima razmenjuju su obično numerički [2]. Jedinice obrađuju samo svoje lokalne podatke i ulaze koje primaju preko konekcije. Ograničenja lokalnih operatora se mogu otkloniti tokom treninga. Primenuju se za rešavanje sve većeg broja svakodnevnih problema sa značajnijom kompleksnošću. U programiranju se koriste kao neka vrsta generatora koji je u stanju da vrši različita prepoznavanja i klasifikacije i koji ima sposobnost da izvrši generalizaciju prilikom odlučivanja pri nepreciznim ulaznim podacima. Uspešno rešavaju probleme koji su previše kompleksni za konvencionalne tehnologije, poput problema koji nemaju algoritamsko rešenje.

Postoji veliki broj različitih realizacija neuralnih mreža, a samim tim postoji i mnogo podela. Neuralne mreže možemo klasifikovati prema:

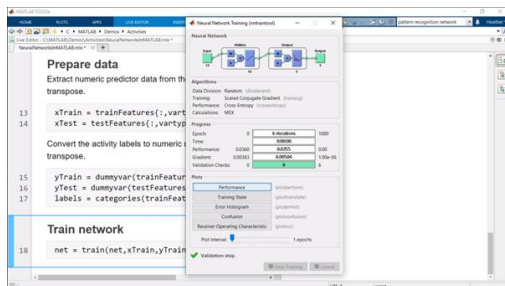
- broju slojeva,
- vrsti veza između neurona,
- vrsti obučavanja neuralnih mreža,
- smeru prostiranja informacija,
- vrsti podataka

Neuralne mreže se mogu obučiti za izračunavanje svake izračunljive funkcije. Međutim, u praksi, najbolje rezultate pokazuju na području klasifikacije, funkcije aproksimacije, problemima mapiranja čija je tolerancija neprecizna, problemima koji imaju dosta dostupnih podataka za trening ili problemima koji zahtevaju brzu primenu odgovarajućeg pravila u zavisnosti od ulaznih podataka. Takođe, mapiranje vektora između prostora može se aproksimirati precizno putem neuralne mreže. Neuralne mreže ne mogu da stvore informaciju koju ne sadrže trening podaci.

MATLAB je viši programski jezik namenjen obradi podataka u formi matrica i brojeva [3]. Zahvaljujući fleksibilnom okruženju širokom spektru ugrađenih funkcija kojima se efikasno dolazi do numeričkih rešenja, mogućnošću razvoja algoritama i programiranja, MATLAB se nametnuo kao nezamenljiv alat za rešavanje problema u gotovo svim oblastima inženjerske prakse.

Programski paket MATLAB omogućava interaktivan i programski rad. U interaktivnom radu naredbe se zadaju u komandnom prozoru i interpretiraju odmah po zadavanju. Najjednostavniji način da se upotrebi MATLAB jeste kao veoma moćan kalkulator. Aritmetičke, trigonometrijske ili eksponencijalne operacije se izvode posredstvom poziva ugrađenih funkcija. Osim osnovnih, postoji velika kolekcija funkcija koje omogućavaju složene operacije. Pored toga, korisnik može definisati sopstvene funkcije.

Komanda *newff* generiše višeslojni perceptron [4]. Podrazumevani algoritam komande *newff* je Levenberg-Markvardov, *trainlm*. Podrazumevani parametri za algoritam su pretpostavljeni i skriveni su od korisnika. Inicijalni parametri su automatski generisani prilikom pokretanja komande. Njihove vrednosti su nasumične pa i rezultat može biti drugačiji ako se algoritam ponovo izvrši. Nakon inicijalizacije mreže, treniranje mreže se pokreće komandom *train*. Time se kao rezultat dobija nova istrenirana mreža. Za testiranje koliko dobro rezultujuća mreža aproksimira podatke, koristi se sim komanda. Kao rezultat se dobija izlaz se dobija simulacija mreže. Poznati rezultati se potom mogu uporediti sa izlazom mreže da bi se videlo koliko dobar rezultat mreža daje tako što će se izračunati greška za svaku merenu vrednost. Simulacija mora biti urađena sa novim podacima.



Slika 1. Izgled okruženja za treniranje mreže u alatu MATLAB

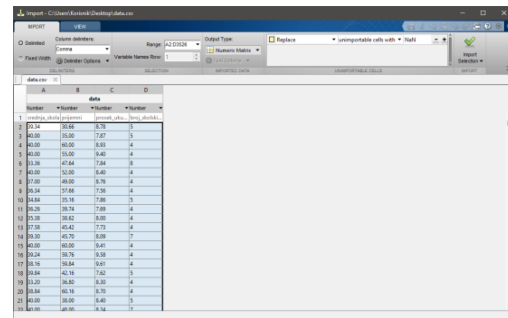
3. PODACI ZA ANALIZU

Podaci korišćeni u analizi predstavljaju studente Elektrotehničkog fakulteta upisanih u periodu od 2006. do 2017. godine koji su završili studije do trenutka analize [5]. U literaturi se mogu pronaći eksperimenti sa podacima iz drugih ustanova (779 studenata sa Fakulteta organizacionih nauka Univerziteta u Beogradu [6]). Takođe, dostupni podaci su korišćeni i za različite vrste analiza i za sam Elektrotehnički fakultet [7][8][9]. Prvi rad je predstavio istraživanje o uspehu studenata na Elektrotehničkom fakultetu i pokazalo je da je uspeh na prvoj godini studija iz predmeta koji se polažu na

prijemnom ispitu (matematika i fizika) u boljoj korelaciji sa rezultatima prijemnog ispita nego sa rezultatima baziranim na srednjoškolskim ocenama. Drugi rad je analizirao korelisanost rangiranja pri upisu u prvu godinu studija sa rangiranjem pri upisu na drugu godinu studija i pri upisu na master akademske studije za generacije upisane od 2007/2008. do 2012/2013. Treći rad je primenjen na uspehu studenata Softverskog inženjerstva, i prikazuje prosečnu ocenu i broj godina studija na osnovu rezultata sa prijemnog ispita i uspeha na ispitima prve godine osnovnih akademskih studija.

Prilikom upisa na fakultet budući studenti unose veći broj podataka. U ovom radu kao ulazni podaci mreže su uzeti proseki iz srednje škole i bodovi osvojeni na prijemnom ispitu, vrste završene srednje škole, pol studenta, opština prebivališta i odabrani smer prilikom upisa druge godine studija. Izlazni podaci su dužina trajanja studija i prosečna ocena. Skup podataka obuhvata 3992 studenta.

Skup podataka je podeljen u odnosu 80/20, gde je 80% podataka korišćeno za treniranje, validaciju i testiranje mreže, a ostalih 20% za simulaciju rada trenirane mreže. Podaci su iz CSV datoteke uvezeni u MATLAB pomoću opcije za uvoz koja smešta podatke u promenljive imenovane po kolonama iz datoteke.

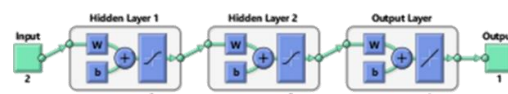


Slika 2. Prikaz uvoza ulaznih podataka u MATLAB

4. TRENIRANJE MREŽE

Konfiguracija neuralnih mreža i za predikciju uspeha studenta i za predikciju godina studija prikazana je na slici 2. Reč je o višeslojnoj perceptron mreži sa dva skrivena sloja [10]. Prvi sloj ima tri neurona, a drugi pet neurona koji učestvuju u predikciji rezultata.

U oba slučaja ulazni parametri predstavljali su opšti uspeh iz srednje škole i bodovi osvojeni na prijemnom ispitu pre upisa, opština prebivališta, pol studenta, izabrani smer na drugoj godini studija i tip završene srednje škole (gimnazija ili drugo). Kod prve mreže izlaz je predikcija opšteg uspeha na kraju studija, a kod druge predikcija trajanja studija, s tim što je rezultat za trajanje studija predstavljen sa decimalama, tj. nije zaokruženo na ceo broj.

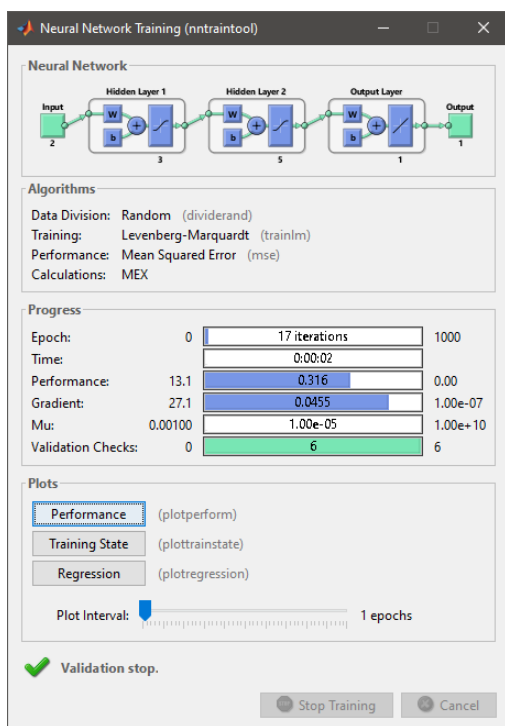


Slika 3. Konfiguracija neuralne mreže

Mreže su konfigurisane da rade na Levenberg-Markvardovom algoritmu, koji je uobičajeno najbrži za treniranje. Od ulaznih podataka (80% uzorka, odnosno 2820 uzoraka) nasumičnih 70% je korišćeno za treniranje, 15% za validaciju i 15% za testiranje. Aktivaciona funkcija u oba sloja je podrazumevano *tansig*.

Provera performansi mreže radi se izračunavanjem standardne devijacije (srednje kvadratne greške) koja govori koliko u proseku elementi uzorka (tačne vrednosti) odstupaju od predikcije za isti taj uzorak.

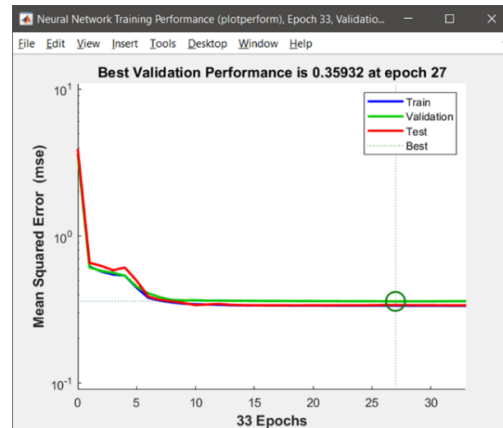
Što je manja vrednost standardne devijacije, to mreža pokazuje bolje rezultate u radu. Ta vrednost bi trebala da bude što približnija nuli.



Slika 4. Izgled prozora koji prati status treniranja mreže

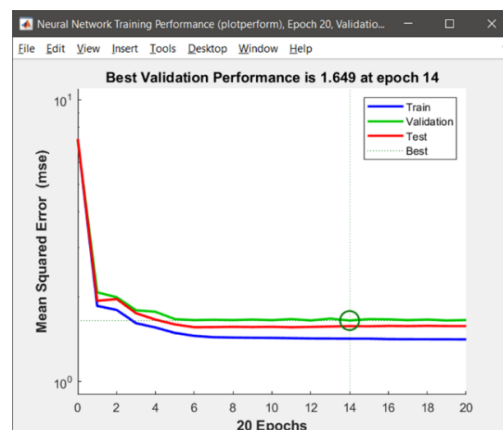
Kada se utvrdi da se greška pri validaciji povećava određen broj epoha uzastopno, podrazumevana vrednost je 6, treniranje mreže se zaustavlja.

Mreža za predikciju opšteg uspeha na studijama je najbolje validacione performanse imala na 27. epohi sa vrednošću standardne devijacije 0,35932.



Slika 5. Performanse treniranja mreže za predikciju opšteg uspeha

Mreža za predikciju dužine trajanja studija je najbolje performanse pokazala na 14. epohi sa vrednošću standardne devijacije 1,649.



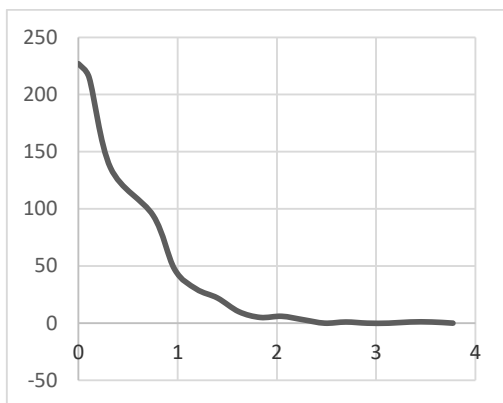
Slika 6. Performanse treniranja mreže za predikciju dužine trajanja studija

5. REZULTATI

U prethodnom delu teksta su opisani podaci koji su se koristili za obradu, kao i struktura samih neuralnih mreža. Za tako trenirane mreže se pokreće simulacija nad preostalih 20% podataka, kako bi se utvrdilo da li mreža daje dobre rezultate sa podacima koji su nisu u skupu onih iz procesa treniranja, validacije i testiranja iste.

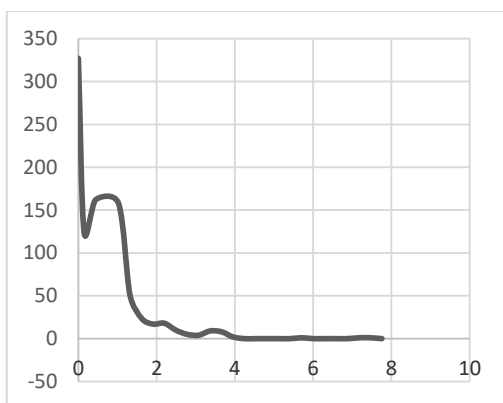
Mreža za predikciju opšteg uspeha studenta imala je standardnu devijaciju 0,573 što je veće od vrednosti do koje se došlo prilikom treniranja mreže. Mreža za predikciju dužine trajanja studija imala je standardnu devijaciju 0,778 što je manje od vrednosti do koje se došlo prilikom treniranja mreže.

Na slici 7 možemo videti da srednja kvadratna greška u najviše slučajeva iznosi manje od 1, što za uzorke kod mreže koja radi predikciju opšteg uspeha znači da se predikcija u najviše slučajeva kreće u granicama od ± 1 od stvarne vrednosti.



Slika 7. Raspon kvadratne greške mreže za predikciju opšteg uspeha

Kod predikcije trajanja studija kvadratna greška, čija raspodela je prikazana na grafikonu 6.2, nešto je veća i iako je u većini slučajeva oko ± 1 , za određen skup uzoraka ide do ± 2 . Razlog ovome je zaokruživanje izlaza neuralne mreže koje nije ceo broj poput stvarnih podataka.



Slika 8. Raspon kvadratne greške mreže za predikciju dužine trajanja studija

Svakako, možemo reći da su rezultati koje mreže daju za predikciju dobri, jer su vrednosti srednje kvadratne greške grupisane više oko nule, a za zadati broj ulaznih parametara koji nije dovoljan za veoma precizne rezultate, očekivano je postojanje greške.

6. ZAKLJUČAK

Poznato je da je uspeh pri upisu na određeni fakultet u zavisnosti od ocena stečenih u srednjoj školi, ali i od dobro urađenog prijemnog ispita. Potrebno je napomenuti da će prijemni ispit za fakultete u bliskoj budućnosti biti zamenjen velikom maturom, pa se i ovo istraživanje može posmatrati kao jedan od parametara koji bi pomogli da se ispita takva odluka. Pojedini fakulteti žele da zadrže neki vid prijemnog ispita kroz test znanja iz određenih predmeta.

U okviru opisanih istraživanja je izvršena analiza koja bi odgovorila na pitanje da li je primenom neuralnih mreža moguće u određenoj meri predvideti prosek studenata na

osnovu prosečne ocene iz srednje škole i bodova osvojenih na prijemnom ispitu, vrste završene srednje škole (gimnazija ili ne), pola studenta, opštine prebivališta i odabranog smer prilikom upisa druge godine studija.

Promena parametara rada neuralnih mreža poput načina (algoritma) treniranja, broja epoha za koje se pušta treniranje dok se pogoršavaju performanse ili broj nivoa i neurona po nivoima koji rade odlučivanje rezultata ulaza mreže moglo bi da poboljša rezultate koje mreže daju na svojim izlazima. Prikupljanjem dodatnih podataka o studentima koji bi se koristili kao novi ulazni parametri mreže postigli bi se bolji rezultati rada mreže.

Analiza prikazana u ovom radu može da posluži kao osnova za dalja istraživanja o mogućnosti da predvidimo uspehe studenata prilikom njihovog upisa na fakultet.

LITERATURA

- [1] M. Petrović, „Osnovi veštačkih neuronskih mreža i značaj njihove primene“, Zbornik radova Građevinskog fakulteta u Subotici br. 20, 2011.
- [2] V. Ilić, „Neuronske mreže“, <http://solair.eunet.rs/~ilicv/neuro.html>, pristupano Septembar 2021.
- [3] R. Rojas, „Neural Networks: A Systematic Introduction“, Springer, 1996.
- [4] A. Gilat, „MATLAB: An Introduction with Applications“, 3rd Edition, John Wiley & Sons, 2008.
- [5] Internet stranica prijemnog ispita za Elektrotehnički fakulteta, prijemni.etf.bg.ac.rs, pristupano Septembar 2021.
- [6] Radovanović S., Iščlamović S., Suknović M. „Predviđanje uspeha studenta pristupom otkrivanja zakonitosti u podacima u obrazovanju“, Inovacije u nastavi - časopis za savremenu nastavu, 2013, vol. 26, br. 2, str. 82-92
- [7] Purić, S., Protić, J., Mihailovic, B., Cakić, N., "Uloga prijemnog ispita i uspeha u srednjoj školi u selekciji studenata i predikciji njihovog uspeha na studijama," XXII Skup TRENDVI RAZVOJA: "Nove tehnologije u nastavi", pp. 196-199, Zlatibor, Februar 2016.
- [8] Protić, J., Žigić J., Purić, S., "Analiza strukture i uspeha studenata Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu sa posebnim osvrtom na IT sektor", XXIII Skup TRENDVI RAZVOJA: "Položaj visokog obrazovanja i nauke u Srbiji", T1.3-2 pp. 1-14, Zlatibor, Februar 2017.
- [9] Drašković, D., Cincović, J., Mijailović, D., Vukasović, M., Jocić, V., Milaković, A., „Predviđanje uspeha studenata studijskog programa Softversko inženjerstvo tehnikama mašinskog učenja“, Zbornik radova konferencije „YU info 2020“, pp. 219-224, Informaciono društvo Srbije, Kopaonik, Mart 2020.
- [10] H. Koivo, „Neural Networks: Basics using MATLAB Neural Network Toolbox“, http://staff.ttu.ee/~jmajak/Neural_networks_basics_.pdf

PREPOZNAVANJE LICA POMOĆU KONVOLUTIVNE NEURONSKE MREŽE

FACIAL RECOGNITION USING A CONVOLUTED NEURAL NETWORK

Maša Knežević¹

Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin, Republika Srbija¹

Sadržaj – Ovaj rad govori o kreiranju sistema za prepoznavanja lica uz pomoć konvolutivnih neuronskih mreža. Cilj ovog rada je da prikaže testiranje sistema konvolutivne neuronske mreže bazirane na GoogLeNet arhitekturi i implementirane u okruženju MatLab. Testiranje je izvršeno na ukupno 200 fotografija od 20 subjekata.

Abstract - This work discusses the creation of facial recognition systems using convoluted neural networks. The aim of this work is to demonstrate testing of a system of convoluted neural networks based on GoogleLeNet architecture and implemented in the MatLab environment. The testing was conducted on a total of 200 photographs from 20 subjects.

1. UVOD

Ovaj rad govori o metodama prepoznavanja lica uz pomoć veštačke inteligencije. Prepoznavanje lica predstavlja nezaobilazan faktor sadašnjice. Same društvene mreže imaju zastupljene sisteme koji omogućavaju prepoznavanje lica na nekoj fotografiji.

U ovom radu je prikazan kratak pregled literature koja se bavi prepoznavanjem lica uz pomoć konvolucionih neuronskih mreža. Prikazano je više različitih rešenja i načina na koji se može izvršiti prepoznavanje lica.

U ovom radu je sprovedeno istraživanje na kojem je učestvovalo 20 ljudi. Za ovaj seminarski rad su se preuzele fotografije poznatih ličnosti iz raznih životnih sfera. Na osnovu fotografija ljudi se proveravala tačnost, preciznost i validnost gotovog rešenja konvolucione neuronske mreže. Gotovo rešenje je implementirano u okruženju MatLAB.

Na osnovu ovog rada se može uvideti značaj mašinskog učenja i konvolucionih neuronskih mreža uopšte.

2. TEORIJSKO ISTRAŽIVANJE

Grupa autora [1] smatra da je struktura sistema za prepoznavanje lica bazirana na četiri glavna procesa: detektovanje lica, priprema obrade, primenjivanje funkcija i prepoznavanje lica. (Šema 1)



Šema 1- Prikaz strukture sistema za prepoznavanje lica [1]

Da bi ovaj sistem funkcionisao potrebno je da se kreira baza podataka fotografija sa licima na osnovu koje će se omogući početak ovog procesa. Za svaku osobu je potrebno kreirati nekoliko fotografija kako bi jedna neuronska mreža mogla da se obuči na adekvatan način. [1]

Prema autorima [2] postoje dve metode za prepoznavanje lica. Prvi metod se zasniva na izdvajanju vektora funkcija iz osnovnih delova lica kao što su oči, nos, usta i brada. Prvi metod se kreira uz pomoć velikog broja matematičkih proračuna. Ovaj metod su razvijali autori [3] na principu deformisanja ključnih elemenata. Drugi metod je zasnovan na teoriji informacija takozvanog metoda analize glavnih komponenti. U ovom metodu informacije koje najbolje opisuju lice su izvedene na osnovu cele slike lica. Grupa autora [4][5] su u svom radu pokazali da svako određeno lice može biti prepoznato na osnovu koordinatnog sistema pod nazivom „eigenfaces”. U ovom metodu su primenjivali „eigen” funkcije. [2]

Prema istraživanju [6], autor navodi da kreiranje jednog sistema za prepoznavanje lica treba da bude bazirano na nekoliko koraka. Prvi korak treba da predstavlja detekcija lica. Autor navodi da sistem pre svega mora da locira poziciju lica i time može da definiše okvir. Lociranje lica prema se izvršava pomoću kordinata fotografije na kojoj se lice nalazi. Nakon lociranja lica sledi prepoznavanje lica na samoj fotografiji. U ovom koraku se lociraju određene karakteristike i osobine na samom licu. Time se omogućuje sistemu da vrši prepoznavanje lica, bez obzira na to u kom položaju se lik nalazi. Nakon toga konvolutivna neuronska mreža vrši identifikaciju lica sa onim podacima koji se nalaze u samoj bazi podataka date konvolutivne neuronske mreže. Na osnovu ovog principa su bazirane aplikacije: Snapchat, FaceApp, Luxand FaceSDK, FaceSwap.

Prilikom kreiranja sistema za prepoznavanje lica se pretežno koriste konvolutivne neuronske mreže. [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16]. Duboke neuronske mreže omogućavaju preciznije prepoznavanje lica. Prilikom kreiranja sistema za prepoznavanje uz pomoć konvolutivnih neuronskih mreža može se primenjivati više arhitektura, kao što su: LetNet-5, AlexNet, GoogLeNet, VGGNet, ResNet, Xception i SENet [17]. Kako je konvolutivna mreža sastavljena od slojeva, bez obzira na sam tip arhitekture, konvolutivna neuronska mreža će uvek biti izgrađena od: ulaznog sloja, konvolutivnog sloja, redukcionog sloja i sloja potpune povezanosti [16]. Cela konvolutivna mreža za prepoznavanje lica se razvija na bazi neobrađenih piksela. Ali treba imati u vidu da se se uvek mogu pojaviti određeni gubici. [18, 19]

Autori [20] su u svom radu predstavili sistem za prepoznavanja lica uz pomoć konvolutivnih neuronskih mreža i SVM. SVM u svom radu autori koriste kao klasifikator prepoznavanja lica zbog svog uticaja na nelinearne podatke. Autori [20] su kreirali svoj sistem za prepoznavanja lica, gde su svi ulazni parametri dimenzija 32*32 piksela. Kao takve fotografije ulaze u proces obrade. Autori su uz pomoć vektorskog klastera podrške omogućili lakše prepoznavanje zatvorenih i otvorenih

kontura i time omogućili formiranje klastera. Autori [20] su u svom istraživanju koristili fotografije 200 ljudi. Za svakog čoveka se koristilo 7 fotografija što znači da u bazi podataka ima ukupno 1400 fotografija. Svako od sedam fotografija osobe je dodeljena određena maska. Maska omogućava različitno osvetljenje svake fotografije. U njihovom istraživanju baza je primenjena na tri različita sistema: (Tabela 1)

Algorithm	Training time(s)	Test recognition rate
Global expansion ACNN [9]	275	91.67%
Global + local Expansion ACNN [9]	343	93.30%
CNN + SVM	28	97.50%

Tabela 1 – Prikaz rezultata testiranja obučeni sistema za prepoznavanje lica [20]

U cilju rešavanja problema prepoznavanja lica, grupa autora [21] predlaže algoritam za prepoznavanje lica sa „multi-feature” fuzijom. Ova studija predstavlja novi metod prepoznavanja lica SR-CNN. U ovom metodu su kombinovane funkcije RITF vektora, SIFT vektora i konvolutivne neuronske mreže. Pored toga, koristi se grafička jedinica obrade za paralelizaciju modela i izračunavanje preformansi. Za ovo istraživanje autori su koristili bazu podataka LFW-a. U kombinaciji ovih metoda, tehnika i preformansi, autori su u svom radu došli do poboljšanja obične konvolutivne neuronske mreže za 10,97%-13,24%, Pritom su autori uspeali da smanje kako vreme obučavanja konvolutivne neuronske mreže, tako i opterećenje centralne procesorske jedinice [21]. U ovom sistemu prvi korak podrazumeva kreiranje funkcija SIFT i RITF na osnovu kojih će se izdvojiti specifične karakteristike. SIFT i RITF model u sistemima prepoznavanja lica se koristi za izdvajanje lokalnih karakteristika slika. SIFT i RITF opisuje lokalnu raspodelu preliva boja, i time uočava određena podudaranja ili nepodudaranja [22]. Nepodudaranjem, ovaj metod, će uočiti određene nedostatke tekstura, nijansi i nekih specifičnih veličina [23]. Prvi korak u kreiranju sistema za prepoznavanje lica u ovom slučaju se sastoji iz dve etape: izračunavanje ekstremnih razmera (*Detection of Scale-Space Extreme*) i ekstremne lokalizacije ključnih tačaka. Drugi deo podrazumeva rad sa konvolutivnom neuronskom mrežom gde se na osnovu određenog uzorka izvršava pred obuka. Na osnovu unapred delimično obučene konvolutivne neuronske mreže se uključuju prethodno kreirane funkcije. [21]

Istraživanje [24] govori o metodu razvijanja sistema za prepoznavanje lica pomoću konvolutivne neuronske mreže arhitekture LetNet-5 zasnovanog na MATLAB-u sa grafičkim korisničkim interfejsom kao korisničkim unosom. Ovim radom je prodloženo da konvolutivna neuronska mreža ima mogućnost prihvatanja novih parametara obučavajući samo poslednja dva od četiri sloja. Na taj način autori su omogućili smanjenje obučavanja konvolutivne neuronske mreže. U ovom radu primarna obrada slika je izvršavana u MatLab-u dok je implementacija konvolutivne neuronske mreže izvršena pomoću programskog jezika C uz pomoć korišćenja kompajlera GCC. Grafički korisnički interfejs u MatLab-

u povezuje sve korake od same pripreme fotografija, pa do konačnog identifikovanja lica. U ovom istraživanju je izvršena procena na osnovu fotografija od ukupno 40 subjekata. Ovakvim sistemom autori su uspeali da sa obučavanjem konvolutivne neuronske mreže u okviru trajanja jednog minuta dobiju procenat tačnosti od 100%. U ovom radu autori predlažu arhitekturu konvolutivne neuronske mreže koja se sastoji samo od četiri sloja: C1, C2, C3 i F4. U sloju C1 se nalazi pet mapa, u sloju C2 se nalazi 14 mapa, a u sloju C3 se nalazi 60 mapa. U samom izlaznom sloju tačnije u sloju F4 se nalazi 40 mapa funkcija zbog klasifikacije 40 subjekata koji se nalaze u bazi podataka. Ovim pristupom se omogućilo manje slojeva, samim tim i manje proračunavanja i potrebnog vremena za obučavanje konvolutivne neuronske mreže. [24]

Grupa autora [25] navodi za cilj njihovog istraživanja ispitivanje efikasnosti metoda zasnovanih na konvolutivnim neuronskim mrežama kao alat za određivanje starosti detektovanih lica. U ovoj studiji se vrši procena pet popularnih arhitektura konvolutivne neuronske mreže: AlexNet, GoogLeNet, Inception V3, ResNet50 i SqueezeNet. U istraživanju [25] se nakon glavnog koraka testiranja, autori su kreirali bazu podataka. Baza podataka sadrži 1002 fotografije od ukupno 82 subjekta starosne dobi od 1 do 69 godina. Svaki subjekat u bazi podataka ima u proseku od 4 do 12 fotografija. Autori su kreirali gore pomenute arhitekture na sledećim osnovama:

- AlexNet arhitektura je sačinjena od ukupno osam slojeva od toga pet konvolucionih i tri potpuno povezana sloja. U ovoj arhitekturi su koristili ReLU aktivacionu funkciju, ali u poslednja tri potpuno povezana sloja su primenili Softmax funkciju. Pored ovih osnovnih slojeva autori su koristili i dva sloja normalizacije kao i jedan izlazni sloj.
- GoogLeNet arhitektura u ovom slučaju je sačinjena od devet polaznih modula, tačnije od ukupno 22 sloja. U ovoj arhitekturi bez obzira na obim, autori su primenjivali manje parametara nego u prethodno pomenutoj arhitekturi.
- Inception V3 arhitektura je bazirana na ideji faktorizacije, na taj način su autori smanjili broj veza i parametara, a pritom nisu vršili smanjivanje mreže u odnosu na standardnu Inception V3 arhitekturu. Autori su u ovoj arhitekturi koristi 48 slojeva za izgradnju konvolutivne neuronske mreže.
- ResNet50 arhitektura se bazira na preskakanju veza time su autori omogućili postepeno obučavanje konvolutivne neuronske mreže, ali su postepeno dodavali nove podatke. Ovu mrežu autori su kreirali sa ukupno 50 slojeva.
- SqueezeNet arhitektura je kreirana od strane autora sa 11 filtera i konvolutivnim slojevima dimenzije 1x1 i 3x3.

Svaki od pomenutih algoritama autori su implementirali u okruženju MatLab. Autori su svaku fotografiju prilagodili određenim dimenzijama i sve fotografije su konvertovane

u RGB sistem boja. Konvertovanjem u RGB sistem boja su omogućene tri dimenzije za unos u samu konvolutivnu neuronsku mrežu. U nastavku je moguće videti tabelarnu klasifikaciju spomenutih specifikacija: (Tabela 2)

CNN model	Parametri (u milionima)	Dubina	Dimenzija fotografije
AlexNet	61	8	227x227
GoogLeNet	7	22	224x224
Inception V3	23.9	48	299x299
SqueezeNet	1.23	18	227x227
ResNet50	25.6	50	224x224

Tabela 2- Prikaz specifikacija svake arhitekture [25]

Nakon ispitivanja svake pomenute arhitekture, autori su dobili sledeće rezultate: (Tabela 3)

CNN model	Rezultati tačnosti u procetima
AlexNet	98,21%
GoogLeNet	95.19%
Inception V3	95.14%
ResNet50	95.37%
SqueezeNet	94.79%

Tabela 3- Prikaz rezultata nakon testiranja konvolutivnih neuronskih mreža [25]

Autori [26] navode da je prepoznavanje lica neizbežna tehnologija kako u aplikacijama tako i u robotici, bezbednosti i mobilnim uređajima. Njihov rad se fokusira na primenu konvolutivne neuronske mreže izgrađene na osnovu GoogLeNet arhitekture, ali i koristeći Caffè i Nvidia framework. Na osnovu ovog istraživanja autori su postigli ukupnu preciznost od 91.43%. Autori tvrde da je taj procenat dovoljno visok da prepozna lice u odnosu na bilo koju drugu tehniku. [26]

Prema grupi autora [27] zadatak klasifikacije slika se može postići korišćenjem različitih prilaza uz pomoć konvolutivne neuronske mreže. U njihovom radu je predložena arhitektura konvolutivne mreže. Njihova arhitektura se zasniva na: Ulatnom sloju, Konvolutivnom sloju, Restrektivnom sloju baziranom na ReLU funkciji, pomoćnim slojevima i potpuno povezanim slojevima. U ovom istraživačkom radu autori su koristili HOG funkcija. HOG funkcija omogućava da se detektuju sva moguća lica koja se nalaze na fotografiji ili snimku, ali sama identifikacija lica je omogućena uz pomoć konvolutivne neuronske mreže.

U studiji [28] su predstavljene performanse: SVM, CNN, ANN, BoW, HOG i IP za prepoznavanje lica. SVM, CNN i ANN su korišćene kao šablon za prepoznavanje lica. U ovom istraživanju u bazi podataka se nalazi 10 fotografija za svakog subjekta, sa različitim izrazom lica i osvetljenjem. Dimenzije fotografija su 92x112 piksela. U ovom istraživanju konvolutivna neuronska mreža je dostigla sledeće tačnosti sa pomenutim funkcijama: (Tabela 4)

Funkcija uz CNN	Procenat tačnosti
BoW	94.00%
HOG	99.00%
IP	99.50%

Tabela 4- Prikaz postiglih rezultata tačnosti konvolutivne neuronske mreže uz određene funkcije [28]

3. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

U ovom poglavlju će biti predstavljen metodološki okvir koji predstavlja osnov sprovedenog istraživanja ovog rada.

3.1. Problem istraživanja

Struktura problema ovog istraživanja čini problem konstruisanja sistema prepoznavanja lica uz pomoć konvolutivne neuronske mreže, te testiranja iste.

3.2. Predmet istraživanja

Predmet istraživanja ovog rada predstavljaju konvolutivne neuronske mreže u sistemima prepoznavanja lica. Realizacija sistema za prepoznavanje lica uz pomoć konvolutivnih neuronskih mreža se može implementirati na osnovu više arhitektura i više različitih funkcija. Primeri i statistike uspešnosti kreiranih sistema su prikazani u radu kao osnov izgradnje za dalji razvoj originalnog rešenja za sistem prepoznavanja lica na bazi konvolutivnih neuronskih mreža.

3.3. Cilj istraživanja

Osnovni cilj ovog rada predstavlja pronalaženje i testiranje optimalnog rešenja sistema za prepoznavanje lica na bazi konvolutivnih neuronskih mreža. Kreirani sistem ima za cilj da se nalazi na ulazu tehničkog fakulteta „Mihajlo Pupin” u Zrenjaninu. Na taj način unapređeni sistem će izvršavati proveru ulaska profesora, studenata i drugog osoblja (memorisanje vreme ulaska radnika na osnovu njihove identifikacije, provera prisutnosti studenata na fakultetu i drugo).

3.4. Zadaci istraživanja

Zadaci istraživanja:

1. Definisane teorijskog modela razvoja sistema za prepoznavanje lica na bazi konvolutivnih neuronskih mreža i GoogLeNet arhitekturi,
2. Implementacija sistema za prepoznavanje lica na osnovu konvolutivnih neuronskih mreža i GoogLeNet arhitekturi u programskom okruženju MatLab,
3. Analiza rezultata, provera uspešnosti i ispravnosti implementiranog sistema,
4. Predlaganje daljeg razvoja implementiranog sistema.

3.5. Hipoteza istraživanja

Glavna hipoteza: Obučena konvolutivna neuronska mreža bazirana na GoogLeNet arhitekturi će postići tačnost prepoznavanja lica više od 80%.

3.6. Mesto i vreme istraživanja

Istraživanje je sprovedeno u periodu od 1. decembra do 31 decembra. Istraživanje u ovom periodu se sprovodilo svakog radnog dana u periodu od 18h-03h. Istraživanje se

izvršavalo na računaru kako teorijski deo tako i eksperimentalni deo.

3.7. Metode, tehnike i instrumenti istraživanja

Teorijski deo istraživačkog rada se bazira na empirijskom istraživanju. Praktičan deo se bazira na testiranju konvolutivne neuronske mreže. Konvolutivna neuronska mreža je kreirana na osnovu GoogLeNet arhitekture. Uzorak je sačinjen od 20 individua gde svaki učesnik ima po deset fotografija. Što znači da u bazi se nalazi ukupno 200 fotografija. Fotografije su preuzete sa interneta i na njima su poznate ličnosti iz raznih oblasti i životnih sfera.

3.8. Postupak i diskusije o sprovedenom istraživanju

Obučavanje ove neuronske mreže je izvršeno za 28 sekundi. Testiranje ove konvolutivne neuronske mreže se primenilo na svih 20 učesnika u bazi podataka. Pre početka testiranja sa interneta je preuzeta po jedna fotografija za svakog subjekta. Testiranje se izvršavalo komandnom okruženju programa MatLab uz liniju koda: `test_network(net,'image_name.jpg')`. Na ovaj način se pomoću kreirane funkcije `test_network` pozivaju parametri `net` (mreža) i sam naziv fotografije koja je prethodno skinuta sa interneta i koja treba da se uporedi sa onim fotografijama koje se nalaze u bazi podataka i na osnovu kojih se izvršilo obučavanje konvolutivne neuronske mreže. Na ovaj način se izvršava testiranje preciznosti i validnosti konstruisane i obučene konvolutivne neuronske mreže.

U ovom istraživanju je učestvovalo 20 subjekata. Nakon obučavanja konvolutivne neuronske mreže u trajanju od 28 sekundi, pristupilo se procesu testiranja.

Testiranje se vršilo za svakog subjekta. U ovom testiranju konvolutivne neuronske mreže se prvo pratilo da li je prepoznata odgovarajuća ličnost, a zatim u kolikoj meri je prepoznata pomenuta ličnost. Prema ovom istraživanju je svaka ličnost pogođena, ali u različitim procentima. Na grafiku 1 su prikazani rezultati istraživanja: (Grafik 1)



Grafik 1- Grafički prikaz istraživanja

Prema ovom istraživanju prosečan nivo podudarnosti iznosi 81%. Ovom prosečnom vrednošću se ispunjava glavna hipoteza koja je navedena u ovom seminarskom radu. GoogLeNet arhitektura je ovim seminarskim radom potvrdila da može dostići tačnost iznad 81% bez obzira na to kakve fotografije se nalaze u bazi podataka. U ovoj bazi podataka su korišćene fotografije koje nisu kreirane u

posebnim uslovima, u određenom vremenskom, niti su subjekti u istoj starosnoj dobi. Primenom baze podataka koja sadrži sve prethodno pomenute karakteristike se mogu dobiti precizniji rezultati.

4. ZAKLJUČAK

Ovo istraživanje je potvrdilo postavljenu glavnu hipotezu. Implementirana konvolutivna neuronska mreža bazirana na GoogLeNet arhitekturi omogućila je preciznost prepoznavanja subjekata u tačnosti od 81%. Da bi se nivo podudaranja tokom testiranja konvolutivne neuronske mreže potrebno je napraviti kvalitetniju bazu podataka koja se koristi kao skup ulaznih informacija za ovu konvolutivnu neuronsku mrežu.

Ovo rešenje konvolutivne neuronske mreže je moguće iskoristiti u više sfera rada. Zbog svoje uspešnosti iznad 80%, ova konvolutivna mreža je prihvatljiva da se unapredi i iskoristi za prepoznavanje zaštitnih maski na subjektima.

U daljem istraživanju je potrebno napraviti samostalan uzorak. Uzorak treba da se kreira na osnovu individua sa tehničkog fakulteta „Mihajlo Pupin” u Zrenjaninu starosne dobi od 20-30 godina. Fotografije treba da se kreiraju pod različitim osvetljenjima i izrazi lica individua treba da su različiti. Nakon prikupljenog uzorka treba ponovno izvršiti testiranje. Konvolutivnu neuronsku mrežu je potrebno unaprediti da joj cilj predstavlja da li subjekat ima zaštitnu masku ili ne. Ovakav sistem za prepoznavanje određenih karakteristika zaštite u borbi protiv Covid-19 će omogućiti tehničkom fakultetu „Mihajlo Pupin” lakše funkcionisanje u svakodnevnom radu, ali će omogućiti i viši nivo zaštite radnika samog fakulteta.

LITERATURA

- [1] Manisha M. Kasar, Debnath Bhattacharyya and Tai-hoom Kim, „Face Recognition Using Neural Network: A review”, International Journal of Security and Its Applications Vol10, ISSN: 1738-9976,2016, pp. 81-100,
- [2] Mayank Agarwal, Nikunj Jain, Mr. Manish Kumar, Himanshu Agrawal, „Face Recognition using Principle Component Analysis, Eigenface and Neural Network”, Sensors, signals, visualization, imaging, simulation and materials, ISBN: 978-960-474-135-9, pp. 204-208,
- [3] Yuille, A. L., Cohen, D. S., and Hallinan, P. W., „Feature extraction from faces using deformable templates”, Proc. Of CVPR, 1989,
- [4] M. Kirby and L. Sirovich, „Application of the Karhunen-Loeve procedure for the characterization of human faces”, IEEE PAMI, Vol 12, 1990, pp. 103-108,
- [5] L. Sirovich and M. Kirby, „Low- dimensional procedure for the characterization of human faces”, J. Opt. Soc. Am.A, 1987, pp. 519-524,

- [6] Karment Santini, „Primjena alata dubokog učenja za prepoznavanje lica”, Završni rad,
- [7] Filozofski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2021, pp. 27-34,
- [8] Y. Sun, Y. Chen and X. Tang, „Hybrid deep learning for face verification”, ICCV, 2013,
- [9] Y. Sun, X. Wang and X. Tang, „Deep Learning face representation by joint identification-verification”, Technical report, 2014,
- [10] Y. Sun, X. Wang and X. Tang, „Deep learning face representation from predicting 10 000 classes”, CVPR, 2014,
- [11] Y. Sun, X. Wang and X. Tang, „Deeply learned faces representations are sparse, selective and robust”, Technical report, 2014
- [12] Y. Taigman, M. Yang, M. Ranzato and L. Wolf, „DeepFace: Closing the gap to human-level performance in face verification”, CVPR, 2014,
- [13] Y. Taigman, M. Yang, M. Ranzato and L. Wolf, „Web scale training for face identification”, Technical report, 2014,
- [14] D. Yi, Z. Lei, S. Liao and S. Z. Li, „Learning face representation from scratch”, Technical report, 2014,
- [15] Z. Zhu, P. Luo, X. Wang and X. Tang, „Deep learning identity-preserving face space”, ICCV, 2013,
- [16] Z. Zhu, P. Luo, X. Wang, and X. Tang, „Deep learning and disentangling face representation by multi-view perceptron”, NIPS, 2014,
- [17] Z. Zhu, P. Luo, X. Wang, and X. Tang, „Recover canonical view faces in the wild with deep neural networks”, Technical report, 2014,
- [18] Aurelien Geron, „Mašinsko učenje Scikit-Learn, Keras i TensorFlow- koncepti, alati i tehnike za izgradnju inteligentnih sistema”, MikroKnjiga, Beograd, 2021, pp. 419-449,
- [19] D. Britz, „Understanding convolutional neural networks”, WILDML, 2015,
- [20] Patrik Kamencay, Miroslav Benčo, Tomas Mizdos, Roman Radil, „A new method for face recognition using convolutional neural network”, Digital image processing and computer graphics, Vol 15, Number 4, 2017, pp. 663- 672,
- [21] Shanshan Guo, Shiyu Chen and Yanjie Li, „Face recognition based on convolutional neural network and support vector machine”, Proceedings of the IEEE International Conference on Information and Automation, China, 2016, pp. 1787-1792,
- [22] Yu-Xin Yang, Chang Wen, Kai Xie, Fanq-Quin Wen, Guan-Quan Sheng and Xin-Gong Tang, „Face Recognition Using the SR-CNN Model”, Sensors, 2018,
- [23] B.H. Jeon, U.L. Sang, K.M. Lee, „Rotation invariant face detection using a model-based clustering algorithm”, In Proceedings of the International Conference on Multimedia and Expo, New York, Usa, 2000, pp. 1149-1152,
- [24] M. Amiri, H.R. Rabiee, „A novel rotation/scale invariant template matching algorithm using weighted adaptive lifting scheme transform”, Pattern Recognit, 2010, pp. 2485-2496,
- [25] Syazana-Itqan K, Syafeeza A. R. and Saad N.M., „A MATLAB-based Convolutional Neural Network Approach for Face Recognition System”, Journal of Bioinformatics and Proteomics Review, 2016,
- [26] Leila Boussaad, Aldjia Boucetta, „Deep-learning based descriptors in application to ageing problem in face recognition”, Journal of King Saud University- Computer and Information Sciences, October 2020,
- [27] R. Anand, T. Shanthi, M.S. Nithish, S. Lakshman, „Face Recognition and Classification Using GoogLeNet Architecture”, Soft Computing for Problem Solving, 2019, pp. 261-269,
- [28] Hafiz Ahmed, Ishraq Alam, Md. Manirul Islam, „HOG-CNN Based Real Time Face Recognition”, International Conference on Advancement in Electrical and Electronic Engineering, Bangladesh, 2018.



YU-S2-RMTZ

**Računarske mreže, telekomunikacije,
zaštita podataka**

UTICAJ 5G RF-EMP NA ZDRAVLJE I OKRUŽENJE: Rezultati studija, regulativa i smernice ograničenog izlaganja

IMPACT OF 5G RF-EMF ON HEALTH AND ENVIRONMENT: Study results, regulation and guidelines of limiting exposure

Rajko Terzić¹, Dragorad Milovanović²

Gradski zavod za javno zdravlje¹
AFB Sportska akademija, Beograd²

Sadržaj – Poslednjih decenija ubrzan je razvoj informacionih i komunikacionih tehnologija (IKT), uključujući petu generaciju (5G) mobilnih mreža koje bežično komuniciraju upotrebom radio-frekvencijskih (RF) elektromagnetnih polja (EMP). Koristeći milimetarske talase i više frekvencije od prethodnih tehnologija, 5G implementacija zahteva veći broj baznih stanica i složene antenske sisteme. Postavlja se pitanje potencijalno negativnog uticaja na zdravlje ljudi i životnu sredinu koji će, prema istraživanjima, značiti stalnu izloženost kompletne populacije. U našem radu smo pokušali da damo odgovore na sledeća pitanja: kako 5G EMP dodatno utiče na zdravlje i okruženje u odnosu na postojeću situaciju; šta novo donose preporuke ICNIRP za gornje granice 5G EMP izlaganja ljudskog tela; koji su rezultati EU studija o 5G EMP biološkom uticaju na zdravlje i okruženje? U zaključku naglašavamo značaj saradnje interdisciplinarnih timova u zaštiti zdravlja i smanjenju uticaja na životnu sredinu.

Abstract – In recent decades, the development of information and communication technologies (ICT) has accelerated, including the fifth generation (5G) of mobile networks that communicate wirelessly using radio frequency (RF) electromagnetic fields (EMF). Using millimeter waves and higher frequencies than previous technologies, 5G implementation requires a larger number of base stations and complex antenna systems. There is a question of potentially negative impact on human health and the environment, which, according to research, will mean constant exposure of the entire population. In our paper, we have tried to answer the following questions: how 5G EMF further affects health and the environment compared to the current situation; what new in ICNIRP recommendations for the upper limits of 5G EMF exposure of the human body; which are the results of EU studies on 5G EMF biological impact on health and the environment? In conclusion, we emphasize the importance of cooperation between interdisciplinary teams in health care and reducing environmental impact.

1. UVOD

Prva generacija mobilne telefonije je implementirana prethodnih 40 godina i od tada, nove generacije mreže se razvijaju periodično na deset godina [1, 2, 3]. Mobilni zdravstveni informacioni sistem (m-Health) i bežični internet podržavaju javno zdravlje i kliničku negu, široko dostupan poboljšava i organizaciju zdravstva na različitim nivoima (Slika 1) [4]. Međutim, sa svakom

implementacijom mreže, pojavljuje se zabrinutost opšte populacije od uticaja RF-EMP na zdravlje i okruženje. Peta generacija 5G svakako nije izuzeta u ovom pogledu. Šta više, svetska zdravstvena organizacija WHO (World Health Organization) je pokrenula međunarodni EMP projekat još 1996. godine (u periodu 2G/GSM) sa ciljem da proceni naučne dokaze o mogućem uticaju EMP na zdravlje. U obrazloženju projekta je navedeno da se pokreće kao odgovor na zabrinutost javnosti zbog uticaja izlaganja EMP na zdravlje.

Početkom 2020. i implementacijom prvih 5G mobilnih mreža, bazna stanica i antenski stub se vratio u fokus. Neophodan je prvi korak da se identifikuju razlike uticaja 4G i 5G, i istraži dodatna zabrinutost javnosti koja je postojala u vezi sa 4G i prethodnim generacijama tehnologije. Postoje dve osnovne razlike. Prvo, da bi se podržala bolja pokrivenost i brži bežični prenos podataka, potrebno je implementirati veći broj baznih stanica, koje poseduju veći broj antena koje istovremeno emituju elektromagnetno zračenje na malom području. Drugo, 5G i/ili buduće generacije mreže upotrebljavaju širi RF spektar, sa maksimalnim proširenjem od 6 GHz do 86 GHz i više.

Izloženost RF-EMP elektromagnetnom polju se standardno meri pomoću tri veličine: specifične stope apsorpcije (SAR), ekvivalentne gustine snage ravnih talasa i temperature stanja i/ili prolazne temperature. Regulacija izloženosti se obavlja u smislu SAR i gustine snage, dok se zagrevanje tela generalno ne smatra strogom metrikom, već pre kao posledica izloženosti. Elektromagnetsko izlaganje regulišu međunarodna komisija za zaštitu od nejonizujućeg zračenja ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) u većini evropskih zemalja, kao i federalna komisija za komunikacije FCC (Federal Communications Commission) u SAD [5]. Regulacija izloženosti zračenju kada se upotrebljavaju uređaji je znatno složenija, najmanje iz dva razloga: prvo, uređaji su u toku upotrebe veoma blizu ljudskog tela, i drugo, neophodno je uzeti u obzir i faktore kao što je oblik delova tela. Dodatno je regulacija granice izloženosti otežana činjenicom da različite frekvencije zračenja rezultuju različitom dubinom prodiranja EMP, a što zahteva upotrebu kombinacije metrika SAR i gustine snage.

Upotreba šireg RF-spektra otvara pitanje negativnog uticaja na zdravlje ljudi i životnu sredinu, kao i potrebe za nastavkom istraživanja o potencijalnim negativnim biološkim efektima. Međunarodna komisija ICNIRP publikuje i periodično revidira smernice za ograničenje izlaganja EMP koje obezbeđuju visoku zaštitu ljudima koji

su kratkotrajno i dugotrajno izloženi kontinuiranim i diskontinuiranim RF-EMP (Slika 2) [5]. Referentni nivoi izloženosti omogućavaju poređenje sa vrednostima izmerenih veličina. Poštovanje svih preporučenih referentnih nivoa obezbeđuje poštovanje osnovnih ograničenja. Ali ako su izmerene vrednosti veće od referentnih nivoa, to ne znači da su osnovna ograničenja prekoračena. U ovom slučaju treba proceniti da li su nivoi izloženosti ispod osnovnih ograničenja. Referentni nivoi za ograničavanje izloženosti su dobijeni iz osnovnih ograničenja za uslov maksimalne sprege EMP sa izloženom osobom, čime se obezbeđuje maksimalna zaštita. Referentni nivoi su generalno namenjeni da budu prostorno prosečne vrednosti po dimenziji tela izložene osobe, ali uz važno ograničenje da lokalizovana osnovna ograničenja izloženosti nisu premašena. U određenim situacijama gde je ekspozicija znatno lokalizovana, kao što su ručni telefoni i ljudska glava, upotreba referentnih nivoa nije prikladna. U takvim slučajevima poštovanje lokalizovanog osnovnog ograničenja neophodno je direktno proceniti.

EU preporuka 1999/519/EC za ograničavanje izlaganja populacije EMP (0 Hz - 300 GHz), prati ICNIRP smernice u formiranju zajedničkog zaštitnog radnog okvira [6]. Broj publikovanih akademskih referenci o efektima EMP izloženosti i posebno 5G mobilnih mreža, brzo raste. Pojedini naučnici smatraju da je neophodno uspostaviti nove granice izloženosti koje uzimaju u obzir nove karakteristike izloženosti. Takve granice treba da budu zasnovane na biološkim efektima EMP zračenja, pre nego na specifičnoj brzini apsorpcije zasnovane na energiji [7, 8].

Nadalje, u poglavlju 2. opisani su ciljevi Evropske unije (EU) u vezi sa uvođenjem 5G bežične komunikacije i iskazane potrebe za uvođenjem novih tehnologija. Upotreba šireg RF opsega otvara pitanje negativnog uticaja na zdravlje ljudi i životnu sredinu, kao i potreba za nastavkom istraživanja o potencijalnim negativnim biološkim RF-EMP efektima. Sekcija 2.1. navodi istraživanja uticaja 5G EMP na ljudsko zdravlje i da akademske publikacije o efektima izloženosti se brzo uvećavaju. Sekcija 2.2. opisuje biološke efekte RF-EMP. Studije ukazuju da su impulsni EMP u većini slučajeva potencijalno opasniji od nepulsnih. Sekcija 2.3. se odnosi na uticaje 5G na životnu sredinu. U tu grupu spadaju kičmenjaci (izostavljeni su ljudi), beskičmenjaci i biljke. Ukazuje se na potrebu istraživanja o izloženosti biljaka, gljiva i beskičmenjaka RF-EMP na frekvencijama ispod 6 GHz i istraživanje kičmenjaka, biljaka, gljiva i beskičmenjaka na frekvencijama između 6 GHz i 300 GHz. U poglavlju 3. su date smernice za ograničavanje izlaganja električnim, magnetnim i EMP.

2. REGULACIJA IZLOŽENOSTI 5G EMP

Cilj EU je da pokrije sve urbane oblasti, železnice i najznačajnije saobraćajnice neprekidnom 5G bežičnom komunikacijom i to se može postići samo implementacijom veoma guste mreže predajnika i antena. Drugim rečima, značajno će se povećati broj baznih stanica sa višim RF i povećava se broj drugih uređaja. 5G mreže upotrebljavaju RF milimetarske talasne dužine mmWave (*Millimeter wave*) i više frekvencije od prethodnih

tehnologija. Elektromagnetna polja (EMP) su nevidljive oblasti energije, merene u jedinicama Hz. U zavisnosti od frekvencije, postoje dve kategorije EMP: jonizujuće i nejonizujuće zračenje. Mikrotalasne i mmWave talasne dužine su nejonizujuće. Milimetarski talas se kreće u opsegu od 10 do 1 milimetra. mmWave je veoma efikasan spektar sa velikim propusnim opsegom, ali je takođe veoma osetljiv na spoljašnje varijable i podložan je smetnjama usled prepreka ili atmosferskih padavina.

Po prvi put, 5G upotrebljava milimetarske talase, koje do sada nisu korišćene u 2G, 3G i 4G tehnologiji. Zbog ograničene pokrivenosti, za implementaciju 5G, ćelijske antene je neophodno postaviti veoma blizu jedna drugoj, što prouzrokuje izloženost stanovništva EMP u dužim vremenskim intervalima. Upotreba 5G takođe zahteva nove tehnologije, kao što su aktivne antene sposobne za formiranje snopa i praćenje korisnika (*beam forming/steering/switching*) i kombinovana antenska MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) tehnologiju. Na višim RF i skraćenim dometima, neophodan je veći broj baznih stanica kako bi se obezbedila potpuna pokrivenost signalom i izbegle nedostupne zone. Mogući su dometi od 20-150 metara sa polu-prečnikom ćelije od samo 20 metara, što zahteva oko 800 SAWAP (*small area wireless access points*) stanica po kvadratnom kilometru. Tehnologije 3G i 4G generacije upotrebljavaju makro-ćelije domete od 2-15 kilometara ili više, i stoga pokrivaju veće područje sa manje pojedinačnih kanala, tako da podržavaju manji broj istovremenih korisnika. Dodatno, 5G upotrebljava više RF i veće propusne opsege koji će korisnicima omogućiti brži prenos bežičnih podataka.

Na osnovu prethodno iznetog postavlja se pitanje negativnog uticaja na zdravlje ljudi i životnu sredinu usled stalne izloženosti kompletne populacije. Dok istraživači generalno smatraju da takvi radio talasi ne predstavljaju pretnju po stanovništvo, dosadašnja istraživanja nisu se bavila stalnom izloženošću koju 5G donosi. Shodno tome, deo naučne zajednice smatra da je potrebno više istraživanja potencijalnih negativnih bioloških efekata 5G elektromagnetnih polja. Neophodni su istraživači iz različitih disciplina, posebno medicine i fizike ili inženjerstva, i sprovođenje dodatnih istraživanja 5G uticaja na zdravlje i okolinu.

2.1 Istraživanje uticaja 5G EMP na ljudsko zdravlje

Akadska literatura o efektima izloženosti EMP i posebno 5G brzo se uvećava. Pojedini istraživački radovi podržavaju moguće zdravstvene rizike. Svetska zdravstvena organizacija WHO, međunarodna agencija za istraživanje kancera IARC (*International Agency for Research on Cancer*) su 2011. godine klasifikovale RF-EMP kao potencijalno kancerogen za ljude i nedavno dodelile prioritet za proučavanje u narednih pet godina (2020-2024) [9]. Deo naučne zajednice, uglavnom doktori i istraživači u medicinskim naukama, tvrdi da postoje negativni uticaji EMP izlaganju i da se povećavaju sa primenom 5G. Apel je predstavljen Ujedinjenim nacijama 2015. godine i Evropskoj uniji od 2017. godine, uz sve veći broj potpisa naučnika. Potpisnici navode da sa sve ekstenzivnijom upotrebom bežične tehnologije, posebno kada se primenjuje 5G, niko ne može izbeći izlaganje konstantnom EMP uticaju zbog velikog broja 5G

potencijalnih predajnika sa procenjenim 10 do 20 milijardi konekcija. Osim toga, u apelu se navodi da veliki broj naučnih publikacija ilustruje efekte izloženosti EMP kao što su povećan rizik od raka, genetska oštećenja, neurološki poremećaji. U apelu se ukazuje ne samo na uticaj na ljude, već i životnu sredinu i poziva se EU da sledi Rezoluciju 1815 Saveta Evrope i da nezavisna radna grupa izvrši novu procenu.

2.2 Biološki efekti 5G EMP

Neophodno je uspostaviti nove granice izloženosti koje su zasnovane na biološkim efektima EMP zračenja, a ne na specifičnoj brzini apsorpcije energije. Studije ukazuju da su impulsni EMP u većini slučajeva biološki aktivniji i samim tim opasniji od nepulsnih EMP. Svaki pojedinačni bežični komunikacioni uređaj komunicira delimično putem pulsiranja. Shodno tome, iako 5G može biti slab u smislu snage, njegovo konstantno abnormalno pulsno zračenje može imati efekta. Zajedno sa načinom i trajanjem izlaganja, čini se da karakteristike 5G signala povećavaju biološke i zdravstvene uticaje izloženosti.

Pretražujući baze podataka PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>) medicinske literature i EMP Portal (<https://www.emp-portal.org/>), i primenjujući metodologiju pregleda obima istraživanja, pretraženo je 950 radova o kancerogenosti RF-EMP kod ljudi i 911 radova o eksperimentalnim studijama glodara, ukupno 1861 publikovanih studija. Dodatno je pretraženo 2834 rada za epidemiologiju i 5052 studije za eksperimentalne studije glodara, ukupno 7886 publikovanih reproduktivnih/razvojnih studija. Na osnovu rezultata istraživanja, formulisane su sledeće opcije politike:

- ✓ odlučiti se za novu tehnologiju mobilnih telefona koja omogućava smanjenje izloženosti RF-EMP,
- ✓ revizija ograničenja izloženosti za javnost i životnu sredinu kako bi se smanjila izloženost RF-EMP sa antenskih stubova,
- ✓ donošenje mera za podsticanje smanjenja izloženosti RF-EMP,
- ✓ promovisanje multidisciplinarnih naučnih istraživanja procene dugoročnih efekata 5G EMP na zdravlje i pronalaznja adekvatne metode praćenja izloženosti,
- ✓ promovisanje 5G informativnih kampanja.

2.3 Uticaji 5G EMP na životnu sredinu

Pretragom baze podataka publikovanih referenci iz ove oblasti, utvrđena je podela na osnovu dva klasifikatora. Prva grupa koja istražuje kičmenjake (ne obuhvata ljude), beskičmenjake i biljke. Druga grupa proučava frekvencije RF-EMP podeljene na niži opseg (0.45-6 GHz) i viši opseg (6-300 GHz). Rezultat je šest kategorija, koje se posebno razmatraju [9].

Dielektrično zagrevanje usled izlaganja biološkog tkiva RF-EMP prikazano je u svim kategorijama. Zagrevanje izaziva povećanje unutrašnje temperature u organizmima ili ćelijama, što zauzvrat prouzrokuje biološke efekte kao što je termo-regulacioni odgovor. Ovo implicira da uvek postoji nivo gustine snage RF-EMP koji će izazvati biološke efekte, koji se nazivaju toplotnim efektima. Efekti razdvajanja uzrokovani povišenim temperaturama i prisustvom RF-EMP unutar biološkog tkiva su osnovna pitanja u ovoj oblasti proučavanja.

Mnoge studije se fokusiraju na demonstriranje (odsustva) efekata koji nisu termalni. Ovo su efekti koji su uzrokovani izlaganjem RF-EMP, ali nisu povezani sa bilo kakvim promenama temperature. Proučava se širok spektar drugih efekata izlaganja RF-EMP. Međutim, nijedan efekat, osim dielektričnog zagrevanja, nije proučavan u svih šest kategorija.

Dielektrično zagrevanje usled izlaganja RF-EMP prikazano je u svim proučavanim kategorijama. U nižem RF opsegu (0.45-6 GHz), većina postojeće literature se fokusira na kičmenjake, za koje se proučava niz potencijalnih efekata. One studije koje istražuju izloženost beskičmenjaka RF-EMP u nižem frekventnom opsegu fokusiraju se na dielektrično zagrevanje i razvojne, genetske ili bihevioralne efekte. Literatura o beskičmenjacima koji nisu insekti je veoma ograničena. Studije o izloženosti biljaka u nižem frekventnom opsegu, koje ciljaju na ishode izloženosti na nivou biljke, pokazuju eksperimentalne nedostatke. Broj studija u ovoj kategoriji je ograničen u poređenju sa onim studijama koje se fokusiraju na životinje. U višem RF opsegu (6-300 GHz) broj recenziranih publikacija je generalno manji nego u nižem RF opsegu. Za kičmenjake se proučava niz potencijalnih ishoda izloženosti, dok je literatura o beskičmenjacima i biljkama iznad 6 GHz veoma ograničena. Neophodno je više istraživanja u ovoj oblasti. Imajući u vidu rezultate ovog pregleda, formulisane su četiri opcije politike.

- ✓ Prva opcija politike je finansiranje istraživanja izloženosti biljaka, gljiva i beskičmenjaka RF-EMP ispod 6 GHz i finansiranje istraživanja kičmenjaka, biljaka, gljiva i beskičmenjaka (nisu obuhvaćeni ljudi) u opsegu 6 GHz i 300 GHz. Ove studije bi mogle da predstavljaju osnove politike zasnovane na dokazima u vezi sa RF-EMP izloženošću neljudskih organizama.
- ✓ Druga opcija politike je poziv na sistematsko praćenje uticaja RF-EMP na životnu sredinu, zato što su osnovni izvor izloženosti neljudskim organizmima i očekuje se promena izloženosti tokom vremena.
- ✓ Treća opcija politike je zahtev objavljivanja informacija o RF-EMP operativnim aspektima telekomunikacionih mreža sa ciljem kvantifikacije izloženosti RF-EMP životne sredine tokom vremena.
- ✓ Četvrta opcija politike je da se zahtevaju studije usklađenosti za organizme koji nisu ljudi, kada su antene baznih stanica instalirane u telekomunikacionoj mreži sa ciljem sprečavanja prekomernog RF-EMP izlaganja neljudskih organizama u blizini takvih antena.

3. SMERNICE ZA OGRANIČAVANJE IZLAGANJA

Međunarodna komisija za zaštitu od nejonizujućeg zračenja ICNIRP, nevladina organizacija koju je zvanično priznala svetska zdravstvena organizacija WHO, publikuje smernice za ograničavanje izlaganja električnim, magnetnim i EMP poljima, koje se periodično revidiraju [5]. EU preporuka 1999/519 ograničenja EMP izloženosti populacije, prati ove smernice [6]. Kako je preporuka Saveta zajednički zaštitni okvir država članica EU koji postavlja osnovna ograničenja i referentne nivoe, u zavisnosti od RF, sledeće fizičke veličine određuju osnovna ograničenja EMP:

- ✓ u opsegu 0-1 Hz predviđena su osnovna ograničenja za gustinu magnetnog fluksa za statična magnetna polja (0 Hz) i gustinu struje za vremenski promenljiva polja do 1 Hz, kako bi se sprečili efekti na kardio-vaskularni i centralni nervni sistem;
- ✓ u opsegu 1 Hz i 10 MHz, predviđena su osnovna ograničenja za gustinu struje kako bi se sprečili efekti na funkcije nervnog sistema;
- ✓ u opsegu 100 kHz i 10 GHz, predviđena su osnovna ograničenja specifične stope apsorpcije SAR kako bi se sprečio toplotni stres celog tela i prekomerno lokalizovano zagrevanje tkiva;
- ✓ u opsegu od 100 kHz do 10 MHz, postoje ograničenja za gustinu struje i SAR;
- ✓ u opsegu 10 GHz i 300 GHz, predviđena su osnovna ograničenja gustine snage kako bi se sprečilo zagrevanje tkiva na ili blizu površine ljudskog tela.

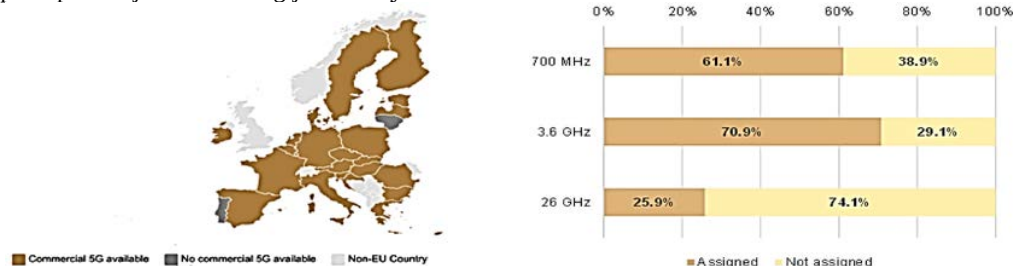
4. ZAKLJUČAK

Postoji hitna potreba za ekonomskim oporavkom i napretkom u primeni digitalnih tehnologija za dugotrajn privredni rast. Međutim, neophodno je razmotriti sve moguće kolateralne negativne uticaje. Uzimajući u obzir tehnno-ekonomske aspekte 5G, predstoji mnogo izazova kao što je zabrinutost industrije o planovima komercijalne 5G implementacije, s obzirom na tehničku složenost i neophodne investicije. Postoji zabrinutost dovoljne potražnje za 5G, pitanja bezbednosti zdravlja i životne sredine. Neophodna je saglasnost javnosti, ali dvostruka je zabrinutost u pogledu mogućih negativnih uticaja na zdravlje usled neizbežne stalne izloženosti populacije u 5G okruženju. Nedavno publikovana akademska literatura ilustruje da neprekidno EMP prouzrokuje biološke efekte, posebno imajući u vidu specifične 5G karakteristike: kombinacija milimetarskih talasa, viših RF opsega, masivan broj predajnika i ostvarenih konekcija. Različite studije 5G uticaja na zdravlje ljudi i okruženje sugerisu oprezan pristup novoj 5G tehnologiji. Stručnjaci retko

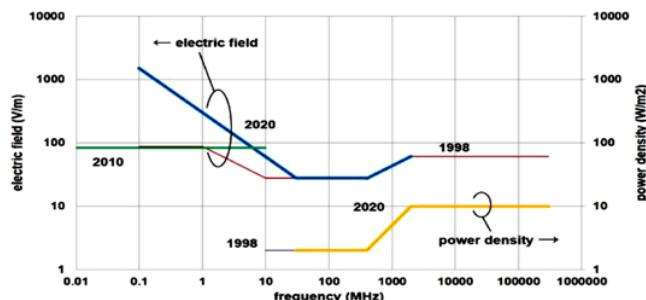
poseduju komplementarna iskustva u fizici ili inženjerstvu i medicini, tako da je potpuniju naučnu ekspertizu moguće postići kombinovanjem istraživačkih timova sa iskustvom u svim relevantnim disciplinama.

LITERATURA

- [1] EC Directorate-General for Communications Networks, Content and Technology, *5G Observatory, Quarterly Report 13*, Oct. 2021.
- [2] D. Milovanovic, Z. Bojkovic, T. Dagiuklas, P. Fowdur (Eds.), *Driving 5G mobile communications with Artificial Intelligence towards 6G*, CRC Press 2022.
- [3] Z. Bojkovic, D. Milovanovic, P. Fowdur (Eds.), *5G multimedia communication: technology, multiservices and deployment*, CRC Press 2020.
- [4] R. Terzić, V. Pantović, D. Milovanović, “Mogućnosti i izazovi zdravstva 4.0: 5G-IoT BigData prediktivna analitika”, in Proc. YUINFO 2020, pp.1-5.
- [5] ICNIRP International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, *Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz)*, March 2010/2020.
- [6] EU Council Recommendation 1999/519, *The limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)*, Official Journal of the EU, 30.7.1999/2009.
- [7] EPRS European Parliamentary Research Service, Panel for the Future of Science and Technology, *Health impact of 5G*, July 2021.
- [8] EPRS European Parliamentary Research Service, Panel for the Future of Science and Technology, *Environmental impacts of 5G*, June 2021.
- [9] F. Belpoggi, *Health impact of 5G*, EU Panel for the Future of Science and Technology (STOA), July 2021.



Slika 1. Pregled 5G implementacije u 2020-2021. periodu:
a) 5G komercijalni servisi u 25 EU država, b) sprovedene aukcije obuhvatile 52.7% 5G RF spektra [1]



Slika 2. Referentni ICNIRP nivoi za prosek izloženosti celog tela: a) intenzitet električnog polja, b) gustina snage [5].

UPOTREBA BLOCKCHAIN TABELA U ZAŠTITI INTEGRITETA PODATAKA

UTILIZING BLOCKCHAIN TABLES FOR DATA INTEGRITY

Miloš Živadinović¹

Oracle¹

Sadržaj – U ovom radu predstavljen je način za korišćenje blockchain tabela unutar Oracle baze podataka radi očuvanja integriteta ostalih podataka baze podataka. Prikazane su prednosti i mane korišćenja blockchain tabela i njihovo poređenje sa Azure SQL Server Ledger tabelama. Na kraju, prikazana su dva primera potencijalne arhitekture za očuvanje integriteta podataka uz upotrebu blockchain tabela.

Abstract – This paper represents a way to utilize blockchain tables inside of the Oracle database in order to preserve integrity of data inside of the database. Advantages and disadvantages of using blockchain tables are shown, as well as their comparison with Azure SQL Server Ledger tables. Finally, two examples of potential data integrity architectures utilizing blockchain tables are shown.

1. UVOD

Zaštita integriteta podataka je postala neophodna u današnje savremeno doba. Sa velikom količinom raznih uređaja dostupnih svakome, kao i sa velikim brojem računarskih sistema koji proizvode različite podatke, dolazimo do pitanja i problema: da li su podaci sa kojima upravljamo ispravni? I da li su podaci sa kojima upravljamo neizmenjeni u odnosu na originalno stanje? Integritet se može definisati kao postojanost i očuvanje prvobitnog stanja, od latinske reči *integritas* [1]. Kreiranjem lažnih podataka ili izmenom postojećih podataka dolazi do promene integriteta podataka koja može da utiče na ostatak sistema. Jedan od glavnih problema današnjeg doba za integritet podataka jeste postojanje tzv. "deepfake" sadržaja. "Deepfake" sadržaj predstavlja računarski generisan sadržaj, najčešće koristeći različite kombinacije algoritama, koji sadrži karakteristike koje bi ga učinile verodostojnim [2]. Pored toga, korišćenjem podataka koji imaju narušeni integritet možemo da smatramo da je svaki sledeći podatak koji zavisi od kompromitovanog podatka podjednako kompromitovan.

Integritet podataka se može jednostavno zaštititi zabranom izmene podataka nakon što su kreirani. Iako jednostavan, ovakav sistem je problematičan za implementaciju zbog prirode podataka gde se jednostavnim kopiranjem podataka (ako smatramo da kopiranje nije operacija izmene nad podacima) dešava da postoje dve identične kopije podataka, čime integritet može da bude narušen izmenama nad kopijom. Takođe uvodimo dodatan problem: koji podatak je originalan, iz koga je nastala kopija?

Ovakvo rešenje možemo da unapredimo uvođenjem dodatnog polja koje bi se pridruživalo podatku, kao što je datum kreiranja. Datum kreiranja bi se generisao zajedno sa kreiranjem podatka. U slučaju relacionih baza podataka, INSERT AFTER trigger bi bio zadužen za popunjavanje datuma kreiranja podatka. Moguće je da se desi da datum nije dovoljan identifikator jedinstvenosti podataka i da je neophodno uvesti dodatnu logiku kako bi se očuvao integritet podataka. Već su postojali radovi na temu zaštite integriteta podataka koristeći blockchain tehnologije [3], ali nisu bili fokusirani na relacione baze podataka. Nama je interesantno rešenje zasnovano na konceptima blockchain tehnologije i primenjeno na relacione baze podataka. Upotrebom blockchain tehnologije dolazimo do međuzavisnosti između integriteta podataka, čime utičemo na integritet celokupnog sistema, pored pojedinačnog podatka.

2. OSNOVE BLOCKCHAIN-A

Prikažaćemo način funkcionisanja blockchaina kroz Bitcoin [4] kao prva blockchain implementacija. Blockchain predstavlja distribuiranu jednostruko ulančanu listu podataka međusobno povezanih kriptografskim hash-evima. Podaci su predstavljeni konceptom blokova - celina koje sadrže hash vrednosti prethodnog bloka i podatke koji se mogu vezati za trenutni unos. U slučaju Bitcoin-a, podaci predstavljaju identifikacije o transakcijama prenosa Bitcoin-a kao digitalne valute među različitim učesnicima. Na ovaj način osigurana je bezbednost podataka, pošto, da bi se izmene izvršile nad bilo kojim blokom podataka, neophodno je da se izvrše izmene na svim prethodnim blokovima kako bi se ažurirale vrednosti hash-eva.

Hashevi su međusobno predstavljeni kao Merkle-ova stabla [4]. Merkle-ova stabla predstavljaju strukturu podataka u obliku binarnog stabla gde su čvorovi predstavljeni kao hash-evi kombinacija prethodnih čvorova [5]. Prednost Merkle-ovih stabala je u tome što, da bi se potvrdila njegova ispravnost, nije neophodno izvršiti proveru svih čvorova u stablu. Dovoljno je izvršiti proveru putanje autentifikacije od korenog čvora (koji je poznat) do trenutnog podataka unutar bloka i $\log_2 n$ vrednosti čvorova. Putanja od korenog čvora do trenutnog podatka nad kojim se vrši autentifikacija zove se putanja autentifikacije [6].

Distribuiranost blockchaina se ogleda u tome što više uređaja vrši međusobnu sinhronizaciju i očuvanje blockchaina-a. Pored toga, kako bi se očuvao integritet blockchaina i kako bi svi čvorovi međusobno bili usaglašeni u vezi podataka koji se upisuju na njega,

neophodno je utvrditi način međusobnog dogovora. U slučaju Bitcoin-a, način dogovora među čvorovima zove se Proof-of-Work. Upotrebom Proof-of-Work dogovora, svaki čvor povezan na Bitcoin blockchain mora da uspešno reši predstavljen kriptografski problem kako bi dobio pravo da upiše sledeći blok na blockchain. Kriptografski problemi se svode na brute force pogađanje početne vrednosti hash funkcije koja je predstavljena kao tražena vrednost rešenja. Ovakav postupak je energetski zahtevan [7] i na osnovu toga postaje sve manje prihvatljiv. Alternativa za Proof-of-work algoritam može se naći u alternativnim algoritmima poput Proof-of-stake [8] i Proof-of-Burn [9].

Dalji razvoj blockchain rešenja je doveo do više platformi zasnovanih na blockchain tehnologiji. Neke od poznatijih u trenutku pisanja su Ethereum [10], Solana [11] i Hyperledger Fabric [12].

3. BLOCKCHAIN U RELACIONIM BAZAMA PODATAKA

Koncepti blockchain tehnologije primenjeni na relacione baze podataka predstavljaju jedan od jedinstvenih slučajeva korišćenja blockchain tehnologija. Svrha primene blockchain tehnologija je u očuvanju integriteta podataka unutar relacionih baza podataka, tako da podaci budu podjednako dostupni korisnicima, bez dodatnih bezbednosnih mera. Njihovom upotrebom aplikacije koje koriste relacione baze podataka, pa i same relacione baze podataka, dobijaju dodatni nivo bezbednosti sa smanjenim nivoom kompleksnosti uz minimalne izmene načina pristupa.

U trenutku pisanja ovog rada, aktuelne su dve primene blockchain tabela nad relacionim bazama podataka. Prva primena je napravljena od strane kompanije Microsoft sa njihovom Azure SQL Database Ledger tehnologijom [13] koja se koristi nad Azure SQL Database [14] tehnologijom, dok je druga napravljena od strane kompanije Oracle i zove se Oracle Blockchain Table [15] koja je primenljiva nad Oracle bazama podataka verzije 19c 21c.

Glavna sličnost između ovih primena blockchain tehnologije je u načinu funkcionisanja. Obe tehnologije uvode koncept tabela na kojima su moguće jedino INSERT operacije (append only tables), kao i koncept kriptografskih potpisa kao metapodataka. Kriptografski potpisi su predstavljeni rezultatom hash funkcije nad podacima. Pored toga, obe implementacije predstavljaju primer centralizovane blockchain tehnologije, gde baza podataka, Oracle ili Microsoft, predstavljaju pouzdan izvor informacija.

U slučaju Oracle implementacije, kriptografski potpisi se nalaze na nivou pojedinačnih tabela. Moguće je imati više blockchain tabela, ali svaka od njih je pojedinačna i nezavisna jedinica u zavisnosti od ostalih blockchain tabela. Unutar blockchain table, vrši se heširanje podataka i ulančavanje sa hash funkcijom prethodnog reda, stvarajući jednostruko ulančanu listu podataka. Sa

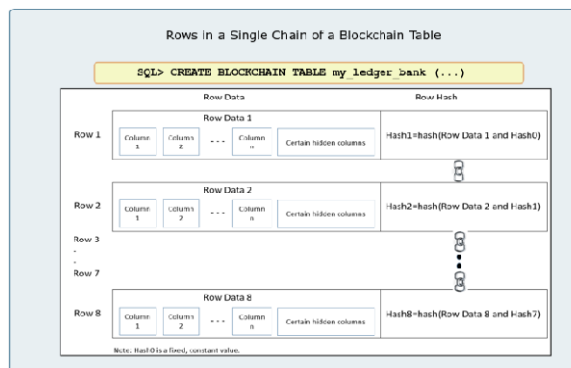
druge strane, Microsoft implementacija implicira povezanost između blockchain tabela u takozvani database ledger [16] gde se beleže sve transakcije nad bazom podataka u Merkle-ovo stablo.

Upotreba Microsoft tehnologije povlači neophodnost kreiranja nove baze podataka sa aktiviranim mogućnostima za podršku database ledger-a, pored činjenice da je funkcionalnost database ledger-a dostupna jedino na Microsoft Azure platformi. Zajedno sa append only tabelama, na Microsoft-ovoj implementaciji moguće je koristiti tabele koje podržavaju UPDATE operacije (updateable ledger tables) uz upotrebu sistemskih history tabela [13]. Oracle Blockchain Table podržavaju append only tabele, mogućnost integracije sa postojećom infrastrukturom i sistemima tako da nije neophodno rekreiranje ili pravljenje novih baza podataka. Još jedna prednost Oracle Blockchain Table je podjednaka dostupnost na on-premise i na cloud infrastrukturi (kroz Oracle Cloud Infrastructure).

Za potrebe ovog rada, kao i kasnije opisane korisničke slučajeve, fokusiraćemo se na implementaciju blockchain tabela pri Oracle bazama podataka.

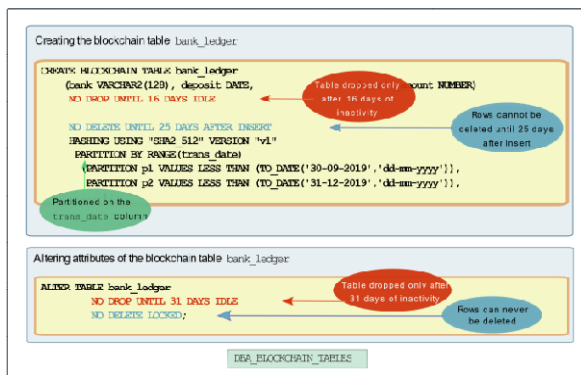
4. ORACLE BLOCKCHAIN TABLE

Oracle Blockchain Table funkcionalnost za Oracle baze podataka dostupna je od 24. decembra 2020. godine, prvobitno za verziju Oracle 21c, a nakon toga i za verziju 19c [15]. Kao što je pomenuto u prethodnom poglavlju, blockchain tabele su tabele gde su dozvoljene jedino INSERT operacije. Izmena redova nije dozvoljena, dok je brisanje redova u blockchain tabeli zabranjena ili vremenski ograničena. Korisnici imaju mogućnost da provere autentičnost podataka i potvrde da redovi nisu izmenjeni. Ova mogućnost pružena je od strane hash algoritama i ulančavanja među redovima unutar blockchain tabele koji se vode kao metapodaci tabele [17].



Slika 1 Prikaz ulančavanja redova unutar blockchain tabele [17]

Na slici ispod prikazan je primer DDL izjave blockchain tabele sa karakterističnim poslovnim ograničenjima: zabranjenim brisanjem redova ako su mlađi od 25 dana, kao i zabrana brisanja tabele osim u slučaju neaktivnosti u trajanju od 16 dana.



Slika 2 Prikaz DDL naredbi blockchain tabele [17]

Pokušajem izmena, uključujući brisanja tabela ili redova unutar tabela dobijamo grešku tipa ORA-05715 [18] koja označava zabranu izmena nad blockchain bazom podataka.

Nakon unosa podataka u blockchain tabele, pojavljuje se potvrda za očitavanjem podataka iz blockchain tabele, kao i provera integriteta podataka. Očitavanje podataka iz blockchain tabele se vrši kao u slučaju običnih tabela, dok se provera integriteta podataka vrši kroz procedure iz DBMS_BLOCKCHAIN_TABLE paketa [19]. Paket je instaliran kao integralni deo instalacije baze podataka i pripada SYS korisniku, dok se za izvršavanje koriste privilegije pozivara. U trenutku pisanja rada, dostupno je sedam procedura [20] unutar paketa:

- DELETE_EXPIRED_ROWS
- GET_BYTES_FOR_ROW_HASH
- GET_BYTES_FOR_ROW_SIGNATURE
- GET_SIGNED_BLOCKCHAIN_DIGEST
- SIGN_ROW
- VERIFY_ROWS
- VERIFY_TABLE_BLOCKCHAIN

U ovom radu ćemo opisati rad procedura GET_SIGNED_BLOCKCHAIN_DIGEST, SIGN_ROW, VERIFY_ROWS i VERIFY_TABLE_BLOCKCHAIN koje predstavljaju osnovu sistema za zaštitu integriteta podataka koje ćemo opisati.

GET_SIGNED_BLOCKCHAIN_DIGEST procedura vraća hash vrednost koja predstavlja trenutno stanje blockchain tabele potpisan privatnim ključem korisnika šeme podataka. Upotrebom ove procedure dobijamo ulazne vrednosti za procedure VERIFY_ROWS i VERIFY_TABLE_BLOCKCHAIN kojima vršimo proveru integriteta redova i blockchain tabele [21].

Upotrebom SIGN_ROW procedure dodajemo još jedan nivo zaštite unutar blockchain tabele kroz potpisivanje reda koristeći korisnički sertifikat. Kako bi potpisivanje bilo uspešno, neophodno je da je trenutni korisnik vlasnik reda koji se potpisuje, da hash vrednost (ako je dodata) bude identična kao postojeća hash vrednost reda, kao i da je digitalni sertifikat za potpisivanje ispravan [21].

VERIFY_ROWS vrši proveru integriteta svih redova unutar blockchain tabele. Pored toga, moguće je vršiti parcijalnu verifikaciju redova, tako da nije neophodno svaki put verifikovati sve redove unutar blockchain tabele. Neophodno je koristiti rezultat od GET_SIGNED_BLOCKCHAIN_DIGEST procedure [21].

VERIFY_TABLE_BLOCKCHAIN predstavlja generalizovanu verziju VERIFY_ROWS koja vrši verifikaciju svih redova blockchain tabele koja pripada određenom vremenskom periodu. Neophodno je koristiti rezultat od GET_SIGNED_BLOCKCHAIN_DIGEST procedure [21].

5. ZAŠTITA INTEGRITETA PODATAKA KROZ BLOCKCHAIN TABELE

Kako bi zaštita integriteta kroz blockchain tabele bila korišćena, neophodno je izvršiti migraciju postojećih podataka u ekvivalentne blockchain tabele. U zavisnosti od modela podataka, moguće je koristiti blockchain tabele kao kopije jedan prema jedan u odnosu na originalne tabele sa podacima. Svake sledeće operacije nad podacima bivaju preusmerene na odgovarajuće blockchain tabele. Neophodno je izvršiti ažuriranje određenih komponenti, u zavisnosti od prirode i dizajna aplikacija, kako bi počelo aktivno korišćenje blockchain tabele. Pored toga, neophodno je izvršiti izmenu logika brisanja podataka i očitavanja podataka iz baze podataka.

Naime, pošto blockchain tabele nemaju mogućnost brisanja podataka, neophodno je da svaka operacija brisanja bude pretvorena u operaciju dodavanja podataka, gde se dodaje informacija koji prethodni podatak više nije ispravan (tzv. soft delete). Na isti način, neophodno je promeniti logiku očitavanja podataka iz baze podataka tako da se ignorišu podaci koji su označeni neispravnim, kao i podaci koji vrše proglašavanje neispravnih podataka. Slično je neophodno izvršiti i za operaciju izmene podataka, gde bi se svaka izmena podataka tretirala kao soft delete starih podataka (moguće je tretirati izmenu podataka kao unos novog podataka koji sadrži razliku u odnosu na trenutno stanje podataka, ali za potrebe ovog rada, ovaj način je zanemaren).

Integritet podataka na ovaj način biva zaštićen višestruko. Integritet podataka je zaštićen dizajnom i ograničenjima koje blockchain tabela pruža (poput zabrana izmene i brisanja podataka, kao i ulančavanja redova i hash-eva svakog reda). Pored toga, izvršavanjem SIGN_ROW procedure nakon svakog unosa i vršenjem održavanja integriteta baze podataka uz kombinaciju procedura VERIFY_TABLE_BLOCKCHAIN i VERIFY_ROWS dobijamo ispravnu potvrdu da podaci nisu bili izmenjeni nakon njihovog unosa.

Upotreba SIGN_ROW procedure može se dodatno poboljšati tako što bi svaki korisnik aplikacije koja koristi blockchain tabele bio mapiran sa korisnicima u Oracle bazi podataka. Na taj način, svaki korisnik bi imao svoj

jedinstven digitalni sertifikat i jedinstven potpis za unos svakog reda unutar blockchain tabele. Na sličan način, postavljanje vremenskih pravila izvršavanja VERIFY_TABLE_BLOCKCHAIN i VERIFY_ROWS možemo da imamo potvrdu istorije promena nad blockchain tabelama unutar baze podataka.

6. ZAŠTITA INTEGRITETA PODATAKA KROZ SPOLJNE TABELE UPOTREBOM BLOCKCHAIN TABELA

Za razliku od prethodnog predloga arhitekture, gde je neophodno izvršiti migraciju podataka iz postojećih tabela u blockchain tabele, zaštitom integriteta podataka kroz spoljne tabele podaci ostaju u originalnim tabelama (spoljnim tabelama). Integritet podataka u spoljnim tabelama je očuvan upotrebom blockchain tabela unutar kojih se nalaze informacije o promeni stanja originalnih podataka. Kao i u prethodnom predlogu arhitekture, neophodno je izvršiti izmene nad određenim komponentama aplikacije koja komunicira sa bazom podataka. Potrebno je takođe izmeniti postupak izmene i brisanja podataka u spoljnim tabelama.

Kod upotrebe predložene arhitekture. UPDATE i DELETE operacije nad spoljnim tabelama su zabranjene. Umesto toga, vrši se dodavanje novih redova (INSERT) u odgovarajuće blockchain tabele. Dodati redovi u blockchain tabele sadrže referencu spoljnim ključem na originalni red iz spoljne tabele, kao i izmene koje su primenjene. Ako se vrši brisanje podataka, vrši se soft delete objašnjen u prethodnom primeru arhitekture. Kao i prethodnom primeru arhitekture, neophodno je izvršiti određene promene na logici očitavanja podataka. Pored brige o soft delete poljima, neophodno je pobrinuti se o trenutnom stanju podataka. Naime, u zavisnosti da li unos u blockchain tabelu predstavlja parcijalnu izmenu podatka ili celokupnu izmenu podatka iz spoljne tabele, neophodno je da se izvrši izmena očitavanja podataka tako da prikazani podaci budu ažurne vrednosti. Ažurne vrednosti nastaju primenom originalnih podataka iz spoljne tabele, izmenjenih koristeći podatke iz blockchain tabele.

Dodatno poboljšanje integriteta podataka unutar blockchain tabele može se izvršiti na već opisan način koristeći SIGN_ROW procedure radi potpisivanja svakog unetog reda u blockchain tabeli. Pored toga, VERIFY_TABLE_BLOCKCHAIN i VERIFY_ROWS procedure mogu da se koriste na identičan opisan način kao u prethodnom prikazu arhitekture.

7. ZAKLJUČAK

Blockchain tehnologija i njeni koncepti su primeljivi ne samo kroz postojeće koncepte kriptovaluta, već kao i dodaci na sisteme relacionih baza podataka. Sa druge strane, sistemi relacionih baza podataka su se pokazali nezamenljivim i postojanim već desetinama godina. Prikazane arhitekture primene blockchain tehnologija i blockchain tabela na zaštitu integriteta podataka predstavlja novinu u upravljanju podacima unutar

relacionih baza podataka zasnovanu na hibridnom pristupu tradicionalnih i modernih tehnologija. Daljim istraživanjima moguće je utvrditi mogućnosti distribuiranosti blockchain tabela čime bi se postiglo celokupno blockchain rešenje unutar relacionih baza podataka.

LITERATURA

- [1] "integritas," *Wiktionary*. Feb. 28, 2022. Accessed: Apr. 13, 2022. [Online]. Available: <https://en.wiktionary.org/w/index.php?title=integritas&oldid=66028474>
- [2] "Prepare, Don't Panic: Synthetic Media and Deepfakes," *WITNESS Media Lab*. <https://lab.witness.org/projects/synthetic-media-and-deep-fakes/> (accessed Apr. 13, 2022).
- [3] B. Ravishankar, P. Kulkarni, and M. V. Vishnudas, "Blockchain-based Database to Ensure Data Integrity in Cloud Computing Environments," in *2020 International Conference on Mainstreaming Block Chain Implementation (ICOMBI)*, Bengaluru, India, Feb. 2020, pp. 1–4. doi: 10.23919/ICOMBI48604.2020.9203500.
- [4] S. Nakamoto, "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System," p. 9.
- [5] R. C. Merkle, "Method of providing digital signatures," US4309569A, Jan. 05, 1982 Accessed: Apr. 04, 2022. [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/US4309569A/en>
- [6] R. C. Merkle, "Protocols for Public Key Cryptosystems," in *1980 IEEE Symposium on Security and Privacy*, Oakland, CA, USA, Apr. 1980, pp. 122–122. doi: 10.1109/SP.1980.10006.
- [7] D. Malone and K. J. O'Dwyer, "Bitcoin Mining and its Energy Footprint," in *25th IET Irish Signals & Systems Conference 2014 and 2014 China-Ireland International Conference on Information and Communities Technologies (ISSC 2014/CICT 2014)*, Limerick, Ireland, 2014, pp. 280–285. doi: 10.1049/cp.2014.0699.
- [8] I. Bentov, C. Lee, A. Mizrahi, and M. Rosenfeld, "Proof of Activity: Extending Bitcoin's Proof of Work via Proof of Stake," p. 19.
- [9] K. Karantias, A. Kiayias, and D. Zindros, "Proof-of-Burn," p. 30.
- [10] V. Buterin, "Ethereum: A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform.," p. 36.
- [11] A. Yakovenko, "Solana: A new architecture for a high performance blockchain," p. 32.
- [12] "Hyperledger – Open Source Blockchain Technologies," *Hyperledger Foundation*. <https://www.hyperledger.org/> (accessed Apr. 13, 2022).
- [13] V. To, "Azure SQL Database ledger overview - Azure SQL Database." <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/azure-sql/database/ledger-overview> (accessed Apr. 04, 2022).
- [14] "What is the Azure SQL Database service? - Azure SQL Database | Microsoft Docs."

- <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/azure-sql/database/sql-database-paas-overview> (accessed Apr. 09, 2022).
- [15] M. Rakhmilevich, "Native Blockchain Tables Extend Oracle Database's Multi-model Converged Architecture." <https://blogs.oracle.com/blockchain/post/native-blockchain-tables-extend-oracle-databases-multi-model-converged-architecture> (accessed Apr. 04, 2022).
 - [16] VanMSFT, "Database ledger - Azure SQL Database." <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/azure-sql/database/ledger-database-ledger> (accessed Apr. 09, 2022).
 - [17] "Details: Oracle Blockchain Table." <https://docs.oracle.com/en/database/oracle/oracle-database/21/nfcon/details-oracle-blockchain-table-282449857.html> (accessed Mar. 17, 2022).
 - [18] "Oracle | Blockchain Tables." http://www.morganslibrary.org/reference/blockchain_tables.html (accessed Apr. 13, 2022).
 - [19] A. Srinivas, A. Srinivas, and A. Srinivas, "DBMS_BLOCKCHAIN_TABLE," *Oracle Help Center*. https://docs.oracle.com/en/database/oracle/oracle-database/21/arpls/dbms_blockchain_table.html#GUID-8B000001-AE8B-42EA-8BF3-E590BCBA6657 (accessed Apr. 11, 2022).
 - [20] "Practice: Managing Blockchain Tables and Rows." <https://docs.oracle.com/en/database/oracle/oracle-database/21/nfcon/practice-managing-blockchain-tables-and-rows-282450221.html> (accessed Mar. 17, 2022).
 - [21] P. Potineni, R. Bhatiya, L. A. A. Agrawal, and M. Doran, "Managing Tables," *Oracle Help Center*. <https://docs.oracle.com/en/database/oracle/oracle-database/21/admin/managing-tables.html#GUID-2BFE362F-B86C-4D01-8AAF-D9C1EEBF0ACB> (accessed Apr. 13, 2022).

PROFILISANJE MREŽNOG SAOBRAĆAJA ZASNOVANO NA NETFLOW PODACIMA

NETWORK TRAFFIC PROFILING BASED ON NETFLOW DATA

Valentina Timčenko¹, Slavko Gajin²
Institut Mihajlo Pupin, Beograd¹
Elektrotehnički fakultet - Univerzitet u Beogradu²

Sadržaj – U radu se prikazuje novi metod za profilisanje mrežnog saobraćaja koji koristi samo IP adrese i brojeve portova prikupljene preko NetFlow protokola. Koristeći pristup sličan računanju entropije kod detekcije anomalija, izračunavaju se dodatni atributi koji odražavaju komunikacionu aktivnost učesnika u posmatranom vremenskom intervalu, tzv. epohi. Ovi atributi se zatim transformišu u karakteristične potpise, koji se dalje grupišu u profile koristeći algoritam hijerarhijskog klasterovanja.

Abstract - The paper presents a new method for network traffic profiling which uses only IP addresses and port numbers collected via the NetFlow protocol. Similarly to the approach based on the calculation of entropy in the detection of anomalies, the proposed method calculates additional attributes which reflect the communication activity of the participants in the observed time interval, the so-called epoch. These attributes are then transformed into characteristic signatures, which are further grouped into profiles using a hierarchical clustering algorithm.

1. UVOD

Moderna mrežna okruženja su većinom zasnovana na koncepciji integracije i međusobne interoperabilnosti velikog broja različitih tehnologija, kojima se obezbeđuju različiti operativni, poslovni i korisnički servisi. Takva mrežna okruženja treba da se odlikuju fleksibilnošću, ekonomičnim i efikasnim radom, mogućnošću prenosa velikih količina podataka koji su vrlo često različitih formata, optimizacijom iskorišćenja dostupnih resursa i efektivnim upravljanjem servisima i procesima. U tom kontekstu, jedan od osnovnih problema je obezbeđivanje sigurnosti mreže i podataka u realnom vremenu. Mrežni sistemi su izloženi različitim napadima, među kojima su najčešći: odbijanje servisa (*Denial of Service*, DoS), skeniranje mreže/portova, krađa kredencijala i drugo.

Sigurnosna rešenja su inicijalno podrazumevala primenu fizičkih zaštita (*firewalls*) i primenu sistema za detekciju napada i anomalija (*Intrusion Detection Systems*, IDS) zasnovanih na bazi potpisa poznatih napada. Međutim, ovakva rešenja ne obezbeđuju potpunu zaštitu zbog nemogućnosti detekcije novih, nepoznatih napada.

U radu je predstavljen nov pristup detekciji napada i anomalija koji se zasniva na proceduri profilisanja mrežnog saobraćaja. Opisano rešenje je zasnovano na primeni osnovnih podataka o mrežnom saobraćaju, IP (*Internet Protocol*) izvorišnim i odredišnim adresama i brojevima portova koji su prikupljeni NetFlow protokolom. Rešenje podrazumeva dalju obradu dobijenih podataka i primenu tehnika agregacije kojima se obezbeđuje generisanje dodatnih atributa mrežnog

saobraćaja. Vrednosti generisanih atributa odražavaju komunikacionu aktivnost učesnika u posmatranom vremenskom intervalu. Na osnovu dobijenih atributa je omogućeno formiranje karakterističnih potpisa kojima se opisuju profili mrežnog saobraćaja. Zatim se nad tako dobijenim instancama mrežnog saobraćaja primenjuje unapređeni algoritam hijerarhijskog klasterovanja (*Hierarchical Clustering*, HC).

Ovaj rad je organizovan na sledeći način. U poglavlju 2 je dat pregled radova iz oblasti. Poglavlje 3 je posvećeno konceptu predloženog rešenja i detaljima njegove primene. U poglavlju 4 su predstavljeni odabrani rezultati analize unapređenog HAC algoritma, primenjenog nad modifikovanim skupovima modernih, slobodno dostupnih skupova CICIDS2017 i CTU-13. U poglavlju 5 su data osnovna zaključna razmatranja.

2. PREGLED RADOVA IZ OBLASTI

Istraživanja u oblasti sigurnosti mreža su sve više posvećena razvoju metoda za efikasno izdvajanje i tumačenje različitih profila ponašanja mrežnog saobraćaja. Sve se više primenjuju tehnike granulacije sistematskih procedura, čime je omogućena detaljnija predobrada podataka i njihovo usaglašavanje za primenu algoritama mašinskog učenja (*machine learning*, ML) [1].

Literatura obiluje radovima vezanim za analizu tokova mrežnog saobraćaja na osnovu kojih se obezbeđuje praćenja performansi i sigurnosti mreža, međutim mali je broj studija vezanih za metode analize komunikacionih obrazaca. Osim toga, vrlo malo dostupnih rešenja primenjuje algoritme hijerarhijskog aglomerativnog klasterovanja (*Hierarchical Agglomerative Clustering*, HAC) za koje se pokazalo da su od velike važnosti kada se radi sa retkim i neoznačenim instancama mrežnog saobraćaja [2-3]. Brojna istraživanja iz ove oblasti su posvećena optimizaciji izbora kriterijuma povezivanja (*linkage criterion*), koji ima snažan uticaj na ostvarive performanse pri klasterovanju podataka [4-5]. Metoda opisana u ovom radu podrazumeva proračun atributa instanci podataka u vremenskim epohama, a zatim agregaciju određenog broja instanci podataka. Međutim, relevantna istraživanja koja koriste takav pristup se zasnivaju na generisanju značajno manjeg broja dodatnih atributa [6-7]. Rešenje predstavljeno u ovom radu je zasnovano na formiranju dvosmernih tokova podataka, čime se prepoznaju inicijatori i odredište komunikacije. U istaknutoj studiji koja se zasniva na primeni agregacije nad dvosmernim zapisima, autori su primenom agregacije generisali dva dodatna atributa, *number of flows* i *source ports delta* i primenili algoritme veštačkih neuralnih mreža [8]. Međutim, navedeno istraživanje nije obuhvatilo entropijski zasnovano pretprocesiranje podataka, već je

agregacija primenjena nad sirovim instancama podataka. Time je onemogućeno korišćenje prednosti entropijskih metoda u cilju efikasnije detekcije napada. Pristup predstavljen u ovom radu pokriva detekciju većeg broja napada i anomalija, a ključan doprinos je primena agregacija sličnih kao kod entropijskog pristupa za generisanje 34 nova atributa ali na nivou svake instance podataka, na osnovu čega se određuje potpis komunikacionog ponašanja koji služi za klasterovanje u karakteristične komunikacione profile.

3. PREDLOŽENO REŠENJE

Pristup predstavljen u ovom radu se zasniva na upotrebi osnovne petorke podataka instanci tokova mrežnog saobraćaja (atributa): IP izvorišna (S) i odredišna adresa (D), izvorišni (s) i odredišni port (d) i protokol (p). Podaci su usklađeni sa NetFlow protokolom i nakon transformacije iz jednosmerih zapisa se čuvaju i koriste kao dvosmerni zapisi [9]. Razlikujemo dve kategorije nominalnih atributa: identifikacioni i volumetrijski. Rešenjem je predviđena kombinovana primena metoda za generisanje novih atributa i poboljšanog HAC algoritma na cilju efikasne detekcije anomalija i napada u mrežnom okruženju. Osnovna ideja se odnosi na primenu agregacije po atributima, generisanje ključeva agregacije na osnovu svih parova atributa, generisanje skupa atributa ponašanja, a zatim izbor ključeva i atributa koji nose najviše informacija za efikasno profilisanje i otkrivanje anomalija [10]. Veliki broj zapisa se zasniva na sličnim komunikacionim karakteristikama, na osnovu čega im se mogu dodeliti slični potpisi. Predložena procedura i algoritam se zasnivaju na primeni arhitekture i taksonomije koje su izložene u [11]. Za potrebe simulacije karakterističnih oblika napada i anomalija generisani su odgovarajući komunikacioni modeli DDoS napada (NTP i DNS amplifikacija i plavljenje SYN paketima), napada skeniranjem portova (*port scan*) i mrežnog skeniranja (*network scan*) i napada botovima. Profilisanje pojedinačnih zapisa je predstavljeno na slici 1, a zasniva se na sledećim koracima:

1. Jednosmerni tokovi mrežnog saobraćaja se konvertuju u dvosmerne tokove, obezbeđujući dodatne informacije o komunikacionim obrascima u mrežnom okruženju.
2. Nad dvosmernim zapisima se primenjuje agregacija po identifikacionim atributima, pri čemu se tokom svake epohe izračunava ukupan broj tokova i jedinstvenih vrednosti atributa ponašanja (*behaviour attributes*). Na taj način se, zajedno sa osnovnim atributima o toku podataka, generiše obogaćeni skup podataka (*enriched flow dataset*).
3. Slična ponašanja mrežnog saobraćaja se objedinjavaju uvođenjem diskretizacije vrednosti atributa ponašanja u jednu od tri referentne kategorije vrednosti $\{0, 1, 2\}$, pri čemu su pragovi kategorija empirijski postavljene na 10 i 100. Niskim vrednostima atributa se dodeljuje vrednost „0”, vrednost „1” odgovara vrednostima bliskim srednjoj vrednosti, a kategorija označena vrednošću „2” se dodeljuje visokim vrednostima. Za svaki atribut se dobijaju

jednostavni rezultati, koji se interpretiraju kao „potpis” komunikacionih aktivnosti na nivou toka podatka. Rezultat je skup podataka potpisa toka (*flow signature dataset*).

4. Potpisi tokova komunikacija se analiziraju tokom dužeg vremenskog perioda (nekoliko sati, jedan dan), vrši se njihova agregacija, a zatim se za svaki potpis proračunava ukupan broj tokova kojima odgovara. Time se svi zapisi sa istim potpisom spajaju u jedan inicijalni klaster, zadržavajući ukupan broj pripadajućih zapisa. Rezultat je skup podataka inicijalnih klastera (*seed clustering dataset*).

5. Potpisi anomalija i napada se izračunavaju i dodaju skupu za inicijalno klasterovanje, formirajući posebne klasterne odnosno referentne tačke podataka koje predstavljaju tipične anomalije.

6. Inicijalni klasteri kojima su obuhvaćeni slični potpisi se generišu primenom unapređenog HAC algoritma, koji se zasniva na funkciji proračuna udaljenosti koja koristi koordinate potpisa. Različiti profili mrežnog saobraćaja se dalje tumače na osnovu udaljenosti klastera u rezultujućem dendrogramu. Klasteri sa potpisima anomalije (ili u njihovoj blizini) se smatraju anomalijama.

7. Kada se profilisanje saobraćaja sprovodi u dužem periodu, ovaj postupak se može primeniti u skoro realnom vremenu, analizirajući zapise koji su prikupljeni tokom prethodne epohe. Primenom iste funkcije udaljenosti se omogućava pridruživanje novogenerisanih potpisa reprezentativnim regularnim profilima ili profilima anomalija.

Generisanje atributa

Agregacija se zasniva na grupisanju različitih vrednosti atributa koje odgovaraju ključu tokom posmatrane epohe, a kao rezultat se generišu atributi ponašanja (*behavior attributes*). Među atributima se posebno ističu broj tokova podataka (f) i atributi ponašanja izvedeni pomoću agregacionih ključeva sa jednim ili sa dva identifikaciona atributa, zadatih sledećim skupom ključeva za agregaciju: $A = \{S, D, s, d, S.D, S.s, S.d, D.s, D.d, s.d\}$.

Za atribute se proračunavaju raspodele broja pojavljivanja određene vrednosti atributa, a zatim se primenom određenog ključa agregacije računa broj pojavljivanja jedinstvenih vrednosti preostalih atributa za tako definisan ključ. Za svaki agregacioni ključ zasnovan na jednom atributu se proračunava četiri dodatna atributa (broj tokova i atributi ponašanja za preostala tri atributa). Za složeni ključ zasnovan na dva atributa se proračunavaju tri dodatna atributa (broj tokova i dva dodatna atributa ponašanja). Tako, za agregacioni ključ S se generišu atributi: $f[S]$, $D[S]$, $s[S]$ i $d[S]$, dok agregacioni ključ $S.D$ generiše $f[S.D]$, $s[S.D]$ i $d[S.D]$. Identifikacioni atribut *protokol* se odnosi na nekoliko često korišćenih protokola: TCP, UDP i ICMP. Najčešće se primenjuje za filtriranje podataka u podskupove kojima se bolje izdvajaju karakteristični klasteri. Osnovni algoritam agregacije zavisi od broja zapisa u epohi i ima kvadratnu složenost. Primenjuje se na svih 34 atributa u svakoj epohi, složen je, vremenski zahtevan i neefikasan za primenu u *real-time* aplikacijama.



Slika 1. Proces detekcije anomalija i napada primenom modifikovanog HAC algoritma

Predloženo rešenje optimizuje proceduru, pretragu podataka i računске operacija tokom agregacije primenom neuređene asocijativne strukture podataka (*unordered associative array*), odnosno heš-mapa (*hash map*) koje se koriste u programskom jeziku *Java*. Ostvarena vremenska složenost je $O(1)$, osim u slučaju primene uravnoteženih stabala pretrage (*balanced search trees*) kada je složenost $O(\log n)$. Predloženi algoritam se izvršava na sledeći način:

1. Svakim ključem agregacije se indeksira struktura podataka koja sadrži brojač instanci saobraćaja i ugrađeni niz heš-mapa koje su potrebne za agregaciju drugog stepena atributa ponašanja.
2. Ugnežđene heš-mape simuliraju skup podataka kao skup različitih vrednosti, bez potrebe proračuna broja pojavljivanja svakog elementa.
3. Na kraju epohe, broj pojedinačnih elemenata u ugnežđenoj heš-mapi predstavlja rezultujuću vrednost posmatranog atributa ponašanja kao ukupan broj njegovih različitih vrednosti pri agregaciji po drugom atributu.
4. Izračunate vrednosti se na kraju epohe unose kao novi atributi u odgovarajuće zapise mrežnog saobraćaja.

Da bi se izračunate vrednosti pridružile svakoj instanci podataka, potrebno je ponovo proći kroz sve zapise u epohi i koristiti pojedinačne vrednosti atributa kao ključeve za pristup izračunatim podacima u heš-mapi. Dobijeni podaci formiraju *obogaćeni skup podataka*. Efikasne heš-mape obezbeđuju linearnu složenost koja odgovara broju tokova u epohi (N). Potrebno je dva puta analizirati sve tokove podataka u epohi: za potrebe agregacije i za unos izračunatih atributa. Za svaki zapis se vrši operacija pretraživanja po svakom od 34 atributa. Navedeni postupak se može dodatno optimizovati korišćenjem Python programskog jezika sa odgovarajućim bibliotekama. *Pandas* biblioteka efikasno grupiše tabelarno zadate podatke, dok rezultati agregacije automatski čuvaju listu indeksa instanci saobraćaja koje su zadate u formi strukture *DataFrame*, pojednostavljujući ažuriranje karakteristika i eliminišući potrebu za drugim prolazom kroz skup podataka.

Generisanje potpisa tokova saobraćaja

Novogenerisani broj tokova i atributi ponašanja koji formiraju deo obogaćenog skupa instanci mrežnog saobraćaja predstavljaju odgovarajuću metriku komunikacione aktivnosti kojom instance mrežnog saobraćaja doprinose u posmatranoj epohi. Veliki broj tokova odgovara velikom broju sličnih instanci koje su u skladu sa agregacionim atributima, dok visoka vrednost nekog atributa ponašanja ukazuje na veliku raznovrsnost posmatranog atributa drugog stepena. Samim tim,

generisani atributi su se pokazali kao veoma korisni u profilisanju saobraćaja i detekciji anomalija [11]. Proces analize se pojednostavljuje diskretizacijom vrednosti atributa u kategorije: *low*, *medium* i *high*, predstavljene vrednostima 0, 1 i 2, respektivno. Pragovi koji su definisani za jedan atribut najčešće nisu optimalni za druge attribute, a zavise od trajanja epohe (vrednosti atributa se akumuliraju tokom epoha), mrežnog okruženja i od saobraćaja. Kako bi se dokazao koncept i potvrdila upotrebljivost predloženog metoda, u istraživanju se koriste fiksne vrednosti pragova 10 i 100, a vrednosti podeljene u tri nivoa predstavljaju prilično dobru indicaciju aktivnosti mrežnog saobraćaja u kontekstu posmatranog atributa. Vrednosti 34 atributa su spojene u tekstualno polje koje se tumači kao potpis ponašanja mrežnog saobraćaja na nivou instance. Atributi ponašanja i broj instanci su spojeni ključem agregacije i odvojene posebnim znakom za razgraničenje (slika 2).

Aggregation key	S		D		s		d		S,D	S,s	S,d	D,s	D,d	s,d														
Features	D	s	d	f	S	s	d	f	S	D	d	f	S	s	d	f	S	D	d	f								
Example	0	2	2	2	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	
Label	0222 0222 0000 0011 222 000 011 000 011 000																											

Slika 2. Potpis toka podataka

Skup podataka potpisa toka (flow signature dataset) je skup tokova podataka obogaćen oznakom potpisa i koordinatama potpisa.

Inicijalno klasterovanje

Tokovi mrežnog saobraćaja koji su u skladu sa istim komunikacionim profilom će generisati iste ili slične potpise u poređenju sa potpisima u bazi potpisa toka podataka. Klasterovanjem je moguće grupisati zapise na osnovu sličnosti sa nekim od potpisa profila mrežnog saobraćaja, međutim algoritmi klasterovanja su najčešće kvadratne složenost računanja i teško upotrebljivi u realnom vremenu pri radu sa milionima instanci. Međutim, veliki broj instanci deli isti potpis, čime je broj različitih potpisa mnogo manji. Agregacija prema uvedenim potpisima grupiše instance sa istim potpisom u jedan inicijalni klaster. Ukupan broj agregiranih tokova po klasteru, oznaka potpisa i 34 koordinate definišu skup podataka inicijalnih klastera. Ovaj skup podataka sadrži mnogo manji broj elemenata od originalnog skupa instanci, uključujući obogaćeni skup tokova podataka i skup podataka potpisa toka. Stoga je skup podataka inicijalnih klastera moguće koristiti u procesu daljeg klasterovanja korišćenjem odgovarajućeg algoritma nenadgledanog ML, čak i u realnom vremenu. Oznaka potpisa u skupu podataka potpisa toka predstavlja referencu svakog toka na

odgovarajući klaster u skupu podataka inicijalnih klastera, a koji je identifikovan ovom oznakom potpisa.

Referentni potpisi anomalija

Intenzitet određenih komunikacionih karakteristika je tokom napada najčešće veći u odnosu na redovni mrežni saobraćaj, dok se razlike uglavnom posmatraju kroz opseg vrednosti atributa ponašanja. Tako, na osnovu taksonomije komunikacionih modela, DDoS napad se opisuje oznakom N1-11 u slučaju fiksnog odredišnog porta (DNS pojačanja) ili sa N1-1N za nasumično generisani odredišni port (NTP pojačanja) [11]. Za svaki od profila taksonomije, simulacijom su generisane instance mrežnog saobraćaja i kombinovane sa redovnim saobraćajem. Skup podataka svakog modela anomalije je zatim obogaćen brojem instanci tokova po epohi i atributima ponašanja, koji se predstavljaju odgovarajućim potpisima. Rezultujuća oznaka potpisa i koordinate potpisa svakog modela anomalije se dodaju skupu podataka inicijalnih klastera. Nove tačke podataka se tumače kao posebni klasteri i predstavljaju 16 referentnih modela anomalija. Ukupan broj njegovih elemenata je postavljen na vrednost 1.

Algoritam klasterovanja

Agregacijom svih instanci sa istim potpisom dobija se skup podataka inicijalnih klastera, pri čemu je ukupan broj inicijalnih klastera mnogo manji od početnog broja posmatranih instanci. Efikasno klasterovanje je ostvareno primenom HAC algoritma nad svim koordinatama potpisa. HAC u svakom koraku spaja dva najbližija klastera u novi klaster, sve dok se svi klasteri ne kombinuju u jedan klaster. Pri tome se održavaju: matrica povezivanja (*linkage matrix*) koja pruža informacije o klasterima i njihovom odnosu, i matrica udaljenosti (*distance matrix*) u kojoj se smeštaju podaci o rastojanjima između klastera i daje se mera njihovih različitosti. Počevši od N početnih tačaka podataka kao singleton (*singleton*) klastera, u svakoj iteraciji se novoformirani klaster dodaje u matricu povezivanja, zadržavajući reference na spojene klasterne i njihovu udaljenost. Algoritam istovremeno uklanja iz matrice udaljenosti dva spojena klastera, dodaje novoformirani klaster i ažurira njegovu udaljenost u matrici udaljenosti ka svim preostalim klasterima. Zbog simetrije je dovoljno da se ažurira samo polovina matrice udaljenosti, dok se u matricu povezivanja ukupno dodaje $N-1$ novih klastera, a matrica udaljenosti kolabira u jedan zapis koji odgovara konačnom „superklasteru”. Matrica povezivanja se grafički predstavlja u formi dendrograma, gde svaki čvor predstavlja klaster na nivou koji odgovara udaljenosti spojenih podklastera, predstavljenih granama do sledećeg čvora koji se nalazi u nižem sloju u generisanoj hijerarhiji ili do tačke gde se nalaze singletoni. Presekom dendrograma na određenom nivou udaljenosti se odvaja određeni broj klastera, od kojih je svaki dovoljno različit da predstavlja specifične karakteristike svih pripadajućih podklastera i početnih instanci podataka koje obuhvata. Za sprovođenje HAC algoritma su inicijalno određene specifične funkcije udaljenosti i metod klasterovanja. Funkcija udaljenosti se primenjuje na koordinate potpisa, gde slični potpisi imaju manje međusobno rastojanje, što predstavlja meru različitosti. U praksi se koristi *Eucledean* i *Manhattan* funkcije, međutim da bi se dala veća težina

razlici između kategorija *low* i *high*, nego između *low* i *medium*, kao i između *medium* i *high* kategorija, primenjuje se kvadratna funkcija udaljenosti kao zbir kvadrata razlika u svakoj dimenziji (jednačina 1):

$$d(x, y) = \sum_{i=0}^n |x_i - y_i|^2 \quad (1)$$

Metode klasterovanja definišu izračunavanje rastojanja između dva klastera koji sadrže proizvoljan broj instanci podataka. Udaljenost između klastera je važna metrika jer HAC u svakom koraku spaja dva najbližija klastera, te je potrebno da ponovo izračuna rastojanje novoformiranih klastera do svih preostalih klastera.

U skupu podataka inicijalnih klastera, početna težina potpisa koji predstavlja ovaj pojedinačni klaster je zadata ukupnim brojem agregiranih instanci. Spajanjem dva klastera u novi klaster, njihovi potpisi se moraju uzeti u obzir u skladu sa njihovim relativnim doprinosom u novom klasteru. Ako je klaster C_1 , sa ukupno n_1 instanci koje imaju potpis S_1 , spojen sa klasterom C_2 , koji ima n_2 instanci sa potpisom S_2 , onda je ekvivalentni potpis $S_{1\cup 2}$ novog klastera $C_{1\cup 2}$ predstavljen relacijom (2):

$$S_{1\cup 2, i} = \frac{n_1 S_{1, i} + n_2 S_{2, i}}{n_1 + n_2}, i = 1..n \quad (2)$$

pri čemu $S_{x, i}$ predstavlja i -tu koordinatu potpisa S_x . Predloženo rešenje podrazumeva korišćenje metode neponderisane grupe parova sa aritmetičkom sredinom (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*, UPGMA), pri čemu je rastojanje između klastera C_1 i C_2 dato relacijom 3 [12]:

$$d(C_1, C_2) = \frac{1}{n_1 n_2} \sum_{x \in C_1} \sum_{y \in C_2} d(x, y) \quad (3)$$

U svakoj iteraciji se ažurira udaljenost između spojenih klastera C_1 i C_2 .

$$d(C_{1\cup 2}, C_x) = \frac{n_1 d(C_1, C_x) + n_2 d(C_2, C_x)}{n_1 + n_2} \quad (4)$$

Udaljenost novog klastera $C_{1\cup 2}$ koji je nastao spajanjem klastera C_1 i C_2 , u odnosu na neki od preostalih klastera C_x koji u datoj iteraciji nisu spojeni sa nekim drugim klasterom, zadata je proporcionalnim usrednjavanjem rastojanja $d(C_1, C_x)$ i $d(C_2, C_x)$ (relacija 4). U svrhu profilisanja mrežnog saobraćaja originalni HAC je modifikovan tako da:

1. Polazne tačke su, umesto singleton klastera, definisane kao agregirani inicijalni klasteri sa ukupnim brojem originalnih instanci tokova koji imaju isti potpis.
2. Svaki novoformirani klaster čuva podatke o najvećem pripadajućem inicijalnom klasteru (dominantni inicijalni klaster) i njegovim početnim elementima.
3. Oznaka sa potpisom dominantnog inicijalnog klastera je odgovarajući superklaster na svakom nivou hierarhije.
4. Relativni doprinos dominantnog inicijalnog klastera u superklasteru je dat odnosom ukupnog broja elemenata u dominantnom inicijalnom klasteru i ukupnog broja svih elemenata u superklasteru.

5. Prvi referentni model anomalije spojen u neki klaster se čuva i prenosi na sve dalje superklaster, predstavljajući najbližnju anomaliju.

4. VERIFIKACIJA I ANALIZA REZULTATA

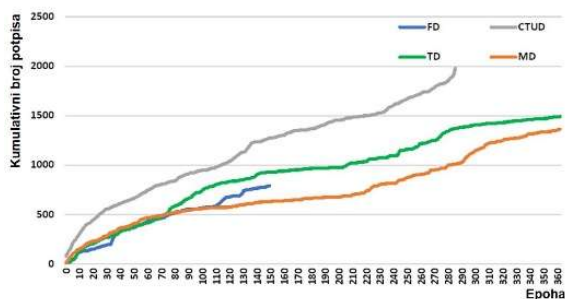
Validacija predloženog rešenja je sprovedena kroz niz eksperimenata nad slobodno dostupnim skupovima podataka, CICIDS2017 i CTU-13, i to:

- CICIDS2017, podskup „Monday” (MD), koji obuhvata instance normalnog saobraćaja.
- CICIDS2017, podskup „Friday-Afternoon” (FD), koji obuhvata instance Port Scan napada.
- CICIDS2017, podskup „Tuesday” (TD), koji obuhvata instance FTP/SSH-Patator napada.
- CTU-13 scenario 10 (CTUD), zasnovan na podskupu podataka „CTU-Malware-Capture-Botnet-51”.

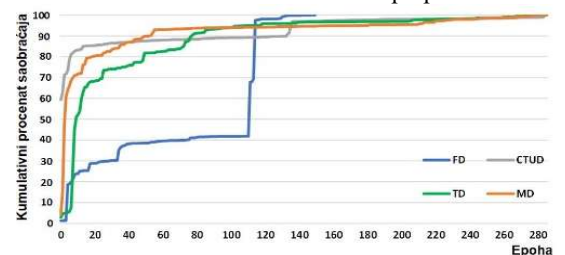
Raspodela pojavljivanja potpisa je neujednačena, neki potpisi su veoma česti, a mnogi se pojavljuju sporadično.

Tabela 1. Raspodela obuhvaćenih potpisa

	MD	FD	CTUD	TD
Ukupan broj potpisa	1542	792	1980	1608
Potpisi u 95. percentilu	325	138	197	366
Potpisi u 95. percentilu (%)	21.1	17.4	9.9	22.8



Slika 3. Kumulativna suma potpisa



Slika 4. Kumulativni procenat ukupnog mrežnog saobraćaja pokriven potpisima

Na slici 3 je prikazana kumulativna suma broja potpisa otkrivenih po epohama. Najčešći potpisi se javljaju u ranim epohama. Praćenjem potpisa koji se otkrivaju tokom epoha i kumulativnog procenta ukupnog saobraćaja obuhvaćenog tim potpisima uočava se da se potpisi koji se odnose na većinu podataka pojavljuju vrlo brzo (slika 4). Manja povećanja broja u kasnijim epohama su posledica novonastalih komunikacija koje su dovoljno intenzivne da budu uočljive. Zbog toga se uvodi pravilo odsecanja na

osnovu percentila (*percentile cutting off rule*), kojim se u analizi zadržavaju potpisi u skladu s granicom procenta 95% ili više, odnosno potpisi koji pokrivaju 95% ukupnog saobraćaja, iako predstavljaju manji procenat identifikovanih potpisa (Tabela 1). U nastavku rada su predstavljeni rezultati dobijeni za CICIDS2017 MD skup.

Eksperimentalni rezultati i analiza - CICIDS2017 MD

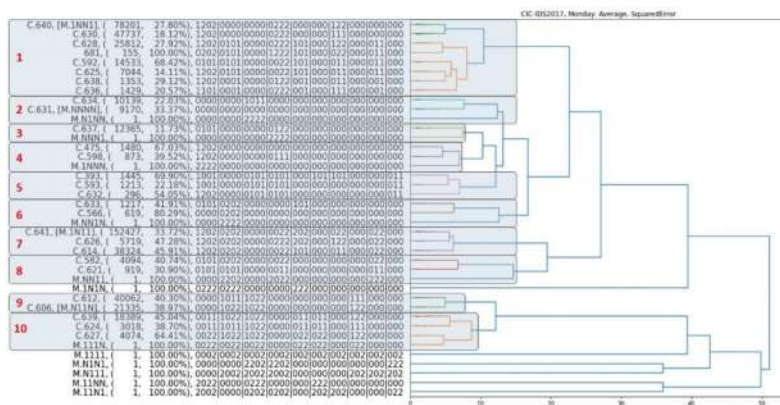
Primenom predloženog metoda na CICIDS2017 MD skup dobijeni su rezultati u vidu dendrograma sa 40 najviših klastera u hijerarhiji (slika 5). Svaki klaster je označen potpisom dominantnog podklastera u kombinaciji sa informacijom o ukupnom broju pripadajućih tokova i procentu tokova koji pripadaju dominantnom podklasteru. Vodeća oznaka je interna identifikacija klastera i koristi se za dublji uvid u prethodna spajanja i podklaster. Ako referentni profil pripada klasteru, njegova oznaka je prikazana u uglastim zagradama i ukazuje na povezano ponašanje komunikacije. Klasteri sa singleton referentnim profilom su označeni imenom referentnog profila, jer su klasteri grupisani po sličnosti dominantnih potpisa. Sečenjem grane na rastojanju između 10 i 15 karakterističnih klastera se grupišu u različite segmente. Njihovi potpisi su još sličniji, kao u slučaju klastera C.640 (slika 6), gde poslednja kolona predstavlja broj tokova svakog potpisa, dok su dominantni potpis i referentna tačka podataka anomalije (1N-N1) podebljani. Komunikacioni obrazac klastera se analizira u kontekstu pripadajućeg referentnog profila i aktivnih atributa u potpisu („1” ili „2”). U slučaju skupa MD, analizom se izdvaja 10 grupa klastera, među kojima su karakteristične sledeće:

Grupa 1 ukazuje na komunikaciju malog broja izvorišnih hostova (11) sa različitim izvorišnim portovima, a koji komuniciraju sa velikim brojem odredišnih hostova (3500 Web servera) i samo nekoliko odredišnih portova. Svaki od 11 hostova radi samostalno, generišući sporadično saobraćaj u različitim epohama i obimima saobraćaja, sve vreme prateći 1N-N1 komunikacioni model.

Grupa 2 ukazuje na aktivnost koja liči na slanje odgovora sa nekoliko Web servera (897) ka nekoliko (12) odredišnih adresa, koristeći specifične portove Web servisa kao izvorišne portove (80 i 433) i 2096 odredišnih portova. Komunikacija odgovara modelu N1-NN i suprotno je ponašanju grupe 1, sa obrnutim izvorišnim i odredišnim parametrima. Jasno je da se ponašanje u okviru ove grupe zasniva na greškama u procesu dvosmernog uparivanja, gde jednosmerni tokovi nisu bili ispravno upareni.

Grupa 4 obuhvata mali broj izvorišnih adresa (pojedinačni izvori koji komuniciraju u različitim vremenima, epohama i različitim su intenzitetima), koje imaju komunikaciju sa velikim brojem odredišnih adresa i portova, a komunikacija je opisana 1N-NN modelom.

Grupa 7 predstavlja komunikaciju 10 izvorišnih hostova koji šalju zahteve ka jednom odredišnom serveru preko DNS odredišnog porta 53, u skladu sa 1N-11 modelom. Grupa 9 pokriva odgovore velikog broja Web servera, uparenih sa izvorišnim brojevima porta 443 ili 80, a koji komuniciraju sa jednim (ili najviše 6) odredišnih hostova koji poruke upućuju ka slučajnom, ali velikom broju odredišnih portova (6045 portova). Ovakav model komunikacije odgovara modelu N1-1N.



Slika 5. Rezultati klasterovanja za MD skup podataka

ID	Model	child label	Count
C.640	M.1NN1	1202 0000 0000 0222 0000 000 122 000 000 000	78201
1416	Data	2202 0000 0000 0000 0222 0000 000 122 000 000 000	6586
1412	Data	2202 0000 0000 0000 0122 0000 000 122 000 000 000	4339
1417	Data	2202 0000 0000 0000 0222 0000 000 222 000 000 000	14576
M.1NN1	Model	2202 0000 0000 0222 0000 000 122 000 000 000	1
1420	Data	2202 0000 0000 1222 0000 000 222 000 000 000	952
1419	Data	2202 0000 0000 1222 0000 000 122 000 000 000	348
1111	Data	1202 0000 0000 1222 0000 000 122 000 000 000	638
1104	Data	1202 0000 0000 0222 0000 000 122 000 000 000	21743
1096	Data	1202 0000 0000 0122 0000 000 122 000 000 000	12470
1103	Data	1202 0000 0000 0222 0000 000 112 000 000 000	4418
1095	Data	1202 0000 0000 0122 0000 000 112 000 000 000	3104
1415	Data	2202 0000 0000 0222 0000 000 112 000 000 000	493
1411	Data	2202 0000 0000 0122 0000 000 112 000 000 000	267
1451	Data	2202 0000 0000 0222 0000 000 222 000 001 000	1311
1449	Data	2202 0000 0000 0222 0000 000 122 000 001 000	525
1152	Data	1202 0000 0000 0122 0000 000 112 000 001 000	581
1150	Data	1202 0000 0000 0122 0000 000 111 000 001 000	425
1168	Data	1202 0000 0000 0222 0000 000 111 000 001 000	409
1170	Data	1202 0000 0000 0222 0000 000 112 000 001 000	394
1438	Data	2202 0000 0000 0122 0000 000 122 000 001 000	327
1179	Data	1202 0000 0000 1222 0000 000 122 000 001 000	122
1163	Data	1202 0000 0000 0222 0000 000 122 000 001 000	207
1172	Data	1202 0000 0000 0222 0000 000 122 000 001 000	2205
1154	Data	1202 0000 0000 0122 0000 000 122 000 001 000	1760

Slika 6. Rezultati klasterovanja za C.640 klaster skupa MD

5. DISKUSIJA I ZAKLJUČAK

Dobijeni rezultati nedvosmisleno ukazuju na to da predstavljeni dendrogrami izražavaju sličnost generisanih potpisa, izolujući najsličnije klustere. Izolovani klasteri predstavljaju određeni profil ponašanja mrežnog saobraćaja, odnosno obuhvataju tokove mrežnog saobraćaja koji dele isti komunikacioni obrazac. S obzirom na to da je komunikacijsko ponašanje izraženo potpisima, tačnost ove metode direktno zavisi od toga kako se potpisi generišu i koriste. Korišćena je jednostavna metoda sa fiksnim pragovima za diskretizaciju vrednosti atributa i jednako ponderisanim atributima u funkciji kvadratne greške udaljenosti, čiji rezultati potvrđuju relevantnost predložene metode za profilisanje saobraćaja. Atributi „aktivirani” u potpisu ne zavise samo od odgovarajućeg toka podataka već i od ukupne aktivnosti uključenih hostova i broja portova aktivnih tokom epoha. Samim tim, potpisi zapisa sa sličnim komunikacionim profilima koji dele iste attribute u potpisu, i dalje mogu da se razlikuju po vrednostima u nekim drugim atributima. Osim toga, primenom predloženog rešenja obezbeđena je dodatna efikasnost zasnovana na značajnoj uštedi procesorskih i memorijskih resursa, a koja se zasniva na uvedenom pravilu odsecanja percentila koje ne utiče na visoku pouzdanost i tačnost dobijenih rezultata.

ZAHVALNICA

Rad je finasiran u okviru projekata Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije i EUREKA programa „Sistem za detekciju anomalija u mrežnom saobraćaju na bazi analize NetFlow podataka – TRADE” (grant broj E!13304).

LITERATURA

[1] Liu, H., Cosea M. “Granular computing-based approach for classification towards reduction of bias in ensemble learning”, Granular Computing, Vol. 2, pp. 131-139, 2017.

[2] Fahad, A. et al., “A survey of clustering algorithms for big data: taxonomy and empirical analysis”, Trans. Emerging Topics in Computing, Vol. 2, pp 267-279, 2014.

[3] Gowda, K.C., Krishna G. “Agglomerative clustering using the concept of mutual nearest neighbourhood,” Pattern Recognition, Vol. 10, No. 2, pp 105-112, 1978.

[4] Kim, W. et al. “Unsupervised learning of image segmentation based on differentiable feature clustering”, IEEE Trans. on Image Process., Vol. 29, pp 8055-8068, 2020.

[5] Yildirim, P., Birant, D. “K-linkage: A new agglomerative approach for hierarchical clustering”, Advances in Electrical and Computer Engineering, Vol. 17, No. 4, pp 77-88, 2017.

[6] Xu, K. et al. “Internet traffic behavior profiling for network security monitoring”, IEEE/ACM Trans. on Netw., Vol. 16, No. 6, pp 1241-1252, 2008.

[7] Thatte, G. et al. “Parametric methods for anomaly detection in aggregate traffic”, IEEE/ACM Trans. Netw., Vol. 19, No. 2, pp 512-525, 2010.

[8] Hindy, H. et al. “Utilising deep learning techniques for effective zero-day attack detection”, Electronics, Vol. 9, No. 10, pp1684, 2020.

[9] Claise, B. “Cisco systems netflow services export version 9”, No. RFC 3954. 2004.

[10] Timcenko, V., Gajin, S. “Machine learning enhanced entropy-based network anomaly detection”, Advances in Electrical and Computer Engineering, Vol. 21, No. 4, pp 51-60, 2021.

[11] Juma, I., Gajin, S. “Entropy-based network traffic anomaly classification method resilient to deception”, Computer Science and Information Syst., Vol. 19, No.1, pp 87-116, 2022.

[12] Gronau, I. and Shlomo, M. “Optimal implementations of UPGMA and other common clustering algorithms”, Inf. Process. Letters, Vol. 104, No. 6, pp 205-210, 2007.

ANALIZA RIZIKA U OBLASTI SAJBER BEZBEDNOSTI

RISK ANALYSIS IN CYBER SECURITY

Jana Vugdelija¹, Nenad Kojić², Natalija Vugdelija²

Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu¹

ATUSS – Odsek Visoka škola za informacione i komunikacione tehnologije, Beograd²

Sadržaj – U ovom radu je prvo predstavljena analiza stabla otkaza (FTA) u oblasti sajber bezbednosti. Analizirane su uzročno-posledične veze među događajima koji mogu rezultovati uspešnim sajber napadom i zloupotrebom podataka. Nakon toga predložene su određene mere prevencije, kao i kriterijumi za razmatranje pri izboru metoda za zaštitu podataka. Na kraju je predstavljen model kojim se mogu rangirati metode prevencije prema određenim kriterijumima primenom višeatributivnog odlučivanja.

Abstract - This paper first presents fault tree analysis (FTA) in the field of cyber security. Causal relationships between events that may lead to a successful cyber attack and data misuse have been analysed. After that, certain prevention measures are proposed, as well as several criteria to be considered when choosing data protection methods. Finally, a model to rank prevention methods according to certain criteria using multi-attribute decision making is presented.

1. UVOD

Svaki korisnik Interneta susreće se sa stalnom pretnjom da može postati jedna od meta sajber napada. Povećan broj zlonamernih napada poslednjih godina, uveliko je posledica značajnog prebacivanja poslovanja na on-line platforme, jednim delom zbog globalnog pomeranja tržišta izazvanog pandemijom Covid-19, a sa druge strane zbog porasta gig ekonomije [1]. Svedoci smo da se i proizvodni procesi sve više povezuju sa Internetom, pa samim tim i industrija postaje meta sajber napada, poput krađe intelektualne svojine, industrijske sabotaže, DoS i napada ransomware-om [2].

Odgovarajuće preventivne mere, koje ne zahtevaju prevelika finansijska ulaganja, mogu značajno smanjiti rizik od pojedinih sajber napada koji mogu izazvati veliku štetu. Primer je sprečavanje preuzimanja zaraženog sadržaja pristiglog mail-om. Mesečni izveštaji firme Kaspersky pokazuju da je Srbija jedna od 10 zemalja koje su najviše ugrožene sajber pretnjom tipa maliciozni mail-ovi [3]. Malver je skraćenica od malicious software i projektovan je da na neki način proдре do računara na mreži sa namerom da se unište podaci, izvrše razorni ili nametljivi programi, ili se na drugi način ugrozi poverljivost, integritet, raspoloživost podataka žrtve, aplikacija ili operativnog sistema [4]. Iako statistike pokazuju značajan porast svih sajber napada tokom pandemije Covid-19, po nekim istraživanjima ransomware je u 2021. godini bio pretnja broj 1 po sajber bezbednost [5]. Ransomware je tip malvera novije generacije koji ima zadatak da zaključa računar ili šifruje - zaključava fajlove bez mogućnosti oporavka posle čišćenja od virusa [6]. Preko sredine ekrana se pojavljuje

obaveštenje, kao što je prikazano na sl.1, u kome se kaže da su vaši fajlovi šifrovani i da u naznačenom roku treba platiti otkup da biste vratili fajlove u prvobitno stanje.



Slika 1. Poruka na računaru nakon ransomware napada

Osim svih ličnih fajlova, šifruju se i fajlovi na mrežnim diskovima koji su mapirani, tako da su deljeni fajlovi nečitljivi i svima ostalima koji koriste taj mrežni disk. Malver može dospeti na sistem najčešće uz pomoć phishing mail-a i kontaminiranih linkova ili priloga u mail-u. Instalira se i šifruje sve fajlove na računaru, bez obzira na kojoj su particiji ili mapirane mrežne foldere na računaru. Nakon toga zahteva se uplata određene sume kako bi napadač otključao sadržaje. Čak i ako se pristupi fajlovima uz pomoć nekog drugog operativnog sistema u "live" režimu, fajlovi će i dalje biti neupotrebljivi. Ako se pravi backup na cloud servisu metodom automatske sinhronizacije sa računarom i u cloud-u će biti šifrovani fajlovi. Prema [7], u prva dva meseca 2022. godine primećuje se značajan porast ransomware napada u odnosu na prethodne dve godine.

2. PRIMERI NAPADA

Primer 1

Napad ransomware-om pogodio je manju firmu sa nekoliko desetina radnika, smeštenu u Zaječaru, koja se bavi trgovinom na veliko. Preko jednog računara, stalno povezanog na Internet, obavljala se email komunikacija i komercijalisti sa terena razmenjivali su podatke sa administracijom u firmi. Zbog problema sa primanjem fajlova od terenskih komercijalista, na tom računaru je isključen firewall i svi korisnici su imali administratorske privilegije. Ovo na žalost nije redak slučaj u praksi, naročito kod malih i srednjih preduzeća. Vlasnici i zaposleni po pravilu ne sagledavaju moguće posledice smanjene sajber bezbednosti i mnogi smatraju da su meta napada uglavnom velike firme. Malver se najčešće nalazi

u attachment-u e-mail poruke koji neko od zaposlenih neoprezno otvori. Itraživanja firme koja se bavi zaštitom od sajber napada, pokazuju da se oko 75% ransomware napada dešava vikendom ili noću, u proseku 3 dana nakon aktiviranja malvera, kako zaposleni ne bi mogli da intervenišu i prekinu napad [8]. U navedenoj firme sekretarica je redom otvarala pristigle poruke i pokrenula malver, koji je kasnije kriptovao sve korisničke fajlove.

Primer 2

U Novom Sadu se dogodio napad na sistem JKP "Informatika" 2021. godine koji je blokirao celu gradsku upravu. Svi fajlovi su kriptovani, i na svakom računaru je stajalo da je zaključan. Jedna od mogućnosti nakon napada ransomware-om je plaćanje traženog iznosa, ali samim plaćanjem nema garancije za povraćaj svih podataka. Napad je izvršen uz pomoć mail-a i traženo je 50 bitcoina, što je skoro pola miliona evra, što je nakon nekoliko dana spušteno na 20 bitcoina. U samom napadu nikad nije cilj uništenje podataka već samo enkripcija kako bi napadači mogli naplatiti dekripciju ili prodati podatke.

Primer 3

Napad sajber kriminalaca iz 2021. godine, na servere grada Kruševca putem ransomware-a izvršen je mail-om, kao i u prethodnim primerima. Napadači su zaključali sve podatke koji su postojali od opštinskih, preko izvoda, računa i privatnih podataka. Nakon komunikacije sa BIA-om, sistem je ostao zaključan zbog neplaćanja određenoog broja bitcoin-a, ali srećom većina podataka je sačuvana u papirnom obliku. Iako je opština grada preduzela neke od koraka odbrane, kao što je kreiranje rezervnih kopija, nedovoljno znanje je dovelo do toga da se rezervne kopije čuvaju na istim uređajima kao i originali, a ne na nekim eksternim uređajima bez pristupa internetu, pa je backup bio neupotrebljiv.

Primer 4

Trenutno u Republici Srbiji imamo nekoliko phishing kampanja koje ciljaju građane, banke, hotele, poštu, MUP, zdravstvene centre. Phishing napad je vrsta online prevare gde napadač uz pomoć e-maila pokušava da ukrade vaše podatke i zarazi računar. Hakeri se predstavljaju kao poznate kompanije i navode korisnike da preuzmu fajlove koji se nalaze u prilogu poruke.

Do skoro je bila aktuelna kampanja u kojoj se kao mamac koristi Digitalni zeleni sertifikat. Phishing email poruke navodno stižu i od Instituta za javno zdravlje Srbije "Dr Milan Jovanović Batut" sa temom COVID-19 i porukom da Ministarstvo zdravlja počinje sa besplatnom podelom zaštitne opreme. U prilogu se nalazi maliciozni zip fajl sa naslovom „obrazac zahtjeva za preventivnu opremu.pdf.zip“ i sa adresom iz Slovenije.

MUP Republike Srbije, ranije je izdalo saopštenje u kome kažu da se pojavio maliciozni program koji šalje poruke sa navodne email adrese MUP-a i upozoravaju da se takve poruke ne otvaraju. Poruke su slate sa adrese "invitations@mup.gov.rs" u kojima se pošiljalac predstavlja kao direktor policije i poziva primaoca da dođe u policiju u vezi istrage koja se vodi protiv njega.

Poruke su pisane na ćirilici kako bi izgledale što uverljivije, ali sadrže gramatičke greške, a to je signal da se radi o prevari. Nacionalni CERT Republike Srbije na [9] upozorava građane o aktuelnim sajber napadima.



Slika 2. Primer phishing napada

3. ANALIZA RIZIKA

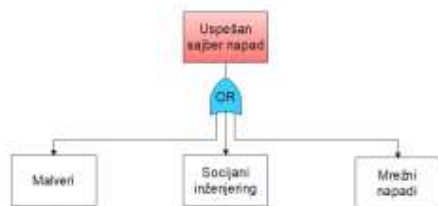
Rizik je neizbežan aspekt poslovanja, nezavisno od delatosti, i može se definisati na različite načine. U osnovi, kada se govori o riziku, razmatra se verovatnoća da do određenih neželjenih događaja dođe, kao i ozbiljnost posledica ukoliko se pomenuti događaji dese. Jedna od često korišćenih tehnika u oblasti upravljanja rizikom jesta analiza stabla otkaza ili fault tree analysis (FTA) [10]. Ova metoda omogućava analizu pojedinačnih rizika, uz identifikovanje uzročno-posledičnih veza i međuzavisnosti [11]. Analiza stabla otkaza je deduktivna metoda, sa fokusom na otkrivanje uzroka koji dovode do neželjenog događaja [12]. Ova tehnika razvijena je 1960-tih godina od strane H. Watson i A. Mearns za potrebe evaluacije vojnih sistema [13]. Metodologija polazi od identifikovanja glavnog neželjenog događaja, nakon čeka se grafičkim putem, u vidu stabla, predstavljaju događaji koji mogu dovesti do glavnog otkaza sistema i logičke veze između njih.

U oblasti sajber bezbednosti pored analize stabla otkaza koriste se i druge tehnike bazirane na ovoj metodi: stablo napada i graf napada [14]. Kod ovih metoda centralni događaj je najčešće, kao i kod analize stabla otkaza, uspešno izveden napad na sistem, s tim što se pri kreiranju stabla ili grafa napada događaji pretežno posmatraju iz perspektive samog napadača. Odnosno, stablo napada se dalje grana na događaje koji predstavljaju korake napada ili podciljeve koje napadač teži da ostvari [15]. U ovom radu će kvalitativna analiza biti prikazana korišćenjem stabla otkaza.



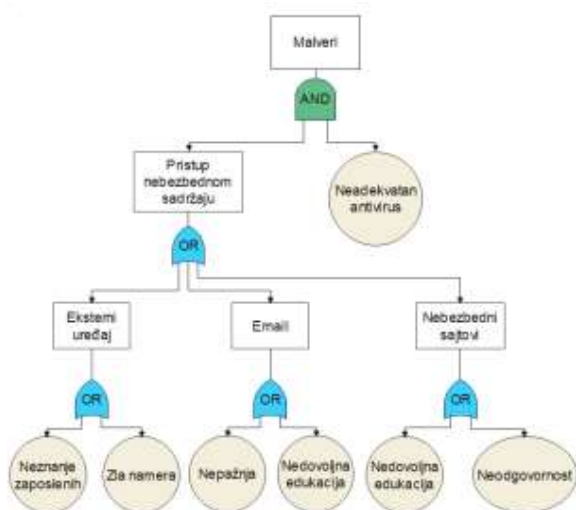
Slika 3. Stablo otkaza – simboli

Na slici 3. prikazani su simboli korišćeni pri kreiranju stabla otkaza, dok je na slici 4. prikazan je prvi nivo dekompozicije stabla.



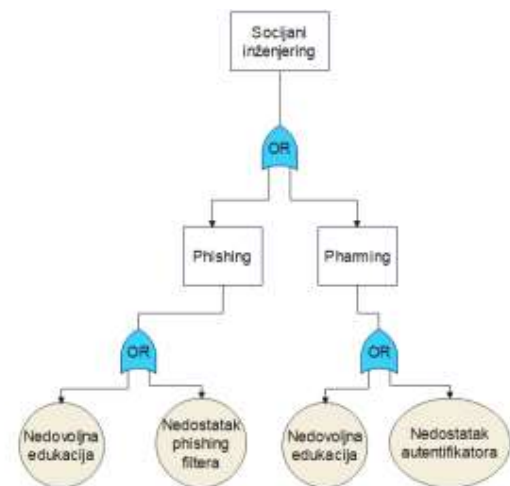
Slika 4. Prvi nivo dekompozicije stabla otkaza

U prvom koraku se navode događaji koji mogu dovesti do uspešnog sajber napada: preuzet sadržaj koji u sebi sadrži maliciozni softver – malver, socijalni inženjering, ili mrežni napad. Dalje grananje stabla predstavljeno na sl. 5, sl. 6. i sl. 7.



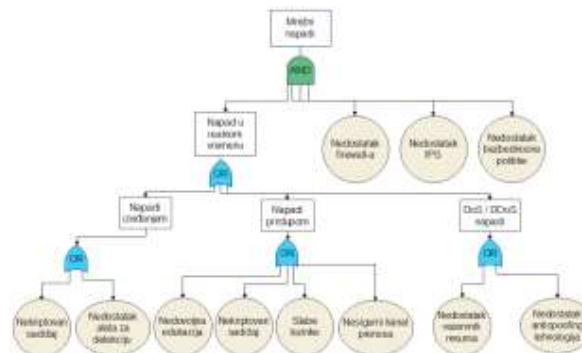
Slika 5. Stablo otkaza – Malveri

Za usešan napad malverom ključni su neadekvatna antivirus zaštita i ljudski faktor.



Slika 6. Stablo otkaza – Socijalni inženjering

Socijalni inženjering je uvod u druge vrste napada koji mogu dovesti do vrlo ozbiljnih posledica, naročito pharming koji pogađa krupne poslovne subjekte i odlično je pripremljen i podržan od strane napadača.



Slika 7. Stablo otkaza – Mrežni napadi

Mrežni napadi koriste slabosti sistema i omogućavaju napadaču da preuzme kontrolu, pa je potrebno obezbediti pristup sistemu kako bi se napadi izbegli.

Važno je primetiti da tehnička rešenja, ma koliko bila dobra neće sprečiti napad kada nisu adekvatno upotrebljena ili zaposleni nisu obučeni za njihovo korišćenje.

4. PREVENCIJA SAJBER NAPADA

Na osnovu analize stabla otkaza uočava se da nepažnja i neznanje korisnika omogućavaju da veliki broj sajber napada bude uspešan. Za firme kojima sajber napad može da izazove prekid poslovanja i teško nadoknadive materijalne gubitke, važna je dobra bezbednosna politika koja predviđa ogovarajuće mere zaštite, kao i sprovođenje tih mera.

Borba protiv zlonamernih programa je neprekidan proces. Sve provere moraju da se vrše redovno. Često ažuriranje softvera, ali i znanja korisnika kroz edukaciju o pretnjama, od ključne su važnosti za uspešnost ove borbe. Korisnici, kao i zaposleni bi trebalo da prođu obuku o sajber bezbednosti. Važno je da znaju da prepoznaju phishing email-ove, a kompanije bi trebalo da implementiraju rešenja za identifikovanje i uklanjanje zlonamernih email-ova. Većina korisnika je naučila da je backup važan u borbi protiv zlonamernih programa, ali primeri pokazuju da backup bez odgovarajuće zaštite i procesa oporavka ne znači mnogo. Iz navedenih primera možemo zaključiti da je u Srbiji potrebno kvalitetnije obrazovanje naših građana, a pre svega radnika u državnim institucijama, na temu sajber bezbednosti, iako je još 2015. godine u [16] naglašen značaj ove vrste obrazovanja.

Navedene su neke od opštih mere prevencije, koje mogu značajno povećati bezbednost, ukoliko se adekvatno primenjuju, od kojih se pojedine navode i na sajtu MUP-a Republike Srbije u [17]:

- Obučiti zaposlene o sajber bezbednosti, malverima i rizicima socijalnog inženjeringa,
- Razvijati strategije za potvrđivanje identiteta preko telefona, putem email-a ili lično,
- Šifrovati i zaštititi lozinkom osetljive podatke,
- Implementirati bezbednosni hardware i software poput firewalls, Intrusion Prevention Systems (IPSs), Virtual Private Network (VPN) uređaja, antivirus software...
- Koristiti VPN i višefaktorsku autentifikaciju,
- Koristiti jake lozinke i redovno ih menjati,
- Promeniti default lozinke na Wi-Fi ruteru,
- Redovno ažurirati operativne sisteme i aplikacije,
- Koristiti službeni računar samo za poslovne namene, a ne i za zabavu,
- Praviti rezervne kopije, skladištiti ih odvojeno od originala i testirati ih,
- Koristiti bezbedne i proverene cloud servise,
- Izbegavati korišćenje USB memorije i povezivanje sa neproverenim mobilnim uređajima ili onemogućiti autorun,
- Onemogućiti automatsko izvršenje macroa i obratiti dodatnu pažnju na .exe fajlove,
- Razviti pisanu bezbednosnu politiku za kompaniju
- Za mobilne uređaje, treba implementirati MDM(Mobile Device Management) / EMM (Enterprise Mobility Management) rešenja,
- Spremiti planove za oporavak od napada

Sve ovo smanjuje rizik od infekcije jer ni jedna tehnologija nije 100% efikasna.

5. IZBOR STRATEGIJE PREVENCIJE

U praksi, u velikom broju slučajeva nije moguće sprovesti sve mere prevencije. Potrebno je ispoštovati određena ograničenja od kojih je među značajnijim raspoloživi budžet. Kako bi se odredilo koje strategije prevencije će biti implementirane, poželjno je rangirati razmatrane alternative. S obzirom na to da je u ovakvim situacijama neophodno razmatrati veći broj faktora, ili kriterijuma, koji će uticati na to kako će neka alternativa biti rangirana u odnosu na ostale, zadatak izbora najpogodnijih opcija nije nimalo jednostavan. Iako se mogu koristiti iskustva drugih kompanije kao smernice, ne može se tvrditi da će optimalno rešenje u jednom slučaju biti odgovarajuće i u drugom, niti se može ordediti univrzalno tačan redosled alternativa. Svaka kompanija treba da izvrši evaluaciju svog trenutnog stanja i da na osnovu toga definiše kriterijume koji će za donošenje odluke biti najrelevantniji. Neki od kriterijuma koji se mogu razmatrati prilikom izbora metoda za zaštitu podataka i mera prevencije zloupotrebe podataka usled sajber napada mogu biti:

- Troškovi uvođenja (podrazumevajući pritom i troškove edukacije zaposlenih za koršćenje novog sistema, kao i potencijalne troškove prilagođavanja aktuelnih sistema novom)
- Lakoća održavanja
- Troškovi održavanja
- Vreme implementacije

- Lakoća korišćenja
- Dodatna zaštita koju će pružiti (razlika između procenjenog trenutnog stanja sistema i očekivanog stanja nakon implementacije)
- Ometanje poslovanje (u kojoj meri će novouvedeni sistemi otežati ili usporiti određene procese)
- Doslednost u primeni (verovatnoća da će se, nakon uvođenja, strategija zaštite sprovoditi na adekvatan način)
- Značajnost za bezbednost date kompanije (uzimajući u obzir oblast poslovanja, ciljeve i prioritete kompanije)
- Iskustvo drugih kompanija (slične veličine koje posluju u sličnoj sferi, koje su tu strategiju koristile).

Primeru radi, strategije čuvanja podataka pravljnjem rezervnih kopija, ili kriptovanjem sadržaja možda neće biti toliko značajne za manju zanatsku radnju koliko za neku zdravstvenu instituciju, zbog osetljivosti samih podataka kojima se raspolaže. Upravo iz ovog razloga, važno je izvršiti analizu stanja sistema i na adekvatan način postaviti problem odlučivanja.

Nakon izbora kriterijuma u odnosu na koje će se alternative rangirati, potrebno je evaluirati svaku od razmatranih alternativa po svim kriterijumima i svakom kriterijumu dodeliti ocenu značajnosti, odnosno težinu. Evaluacija se često oslanja na ekspertsku procenu, pri čemu je moguće, čak i poželjno, uključiti više stručnjaka i uzeti u obzir nekoliko imputa na osnovu kojih će se na određeni način izračunati potrebne vrednosti kako bi se formirala početna matrica odlučivanja.

Kada se govori o rangiranju alternativa, postoji veliki broj metoda koje se koriste u oblasti višekriterijumskog odlučivanja, od kojih su među najpoznatijim AHP (analitički hijerarhijski proces) [18], PROMETHEE (Preference ranking method for evaluation enrichment) [19] i VIKOR (višekriterijumsko kompromisno rangiranje) [20]. Proces višekriterijumske analize odlučivanja se generalno sastoji od dva koraka: normalizacije kriterijuma na zajedničku meru i agregacije kriterijuma u jedan kompozitni pokazatelj [21]. Potrebno je pre samog procesa struktuirati problem, o čemu je do sada bilo reči. Nakon određivanja redosleda alternativa trebalo bi izvršiti evaluaciju dobijenih rezultata. U ovom radu biće ilustrovan jedan princip rangiranja alternativa, prikazan na teorijskom primeru. Neka su alternative koje se razmatraju predstavljene u Tabeli 1.

Alternativa	Oznaka
Implementirati bezbednosni hardware i software	A1
Obučiti zaposlene o sajber bezbednosti	A2
Redovno ažurirati operativne sisteme i aplikacije	A3
Praviti rezervne kopije i testirati ih	A4
Koristiti jake lozinke i redovno ih menjati	A5
Razviti politiku bezbednosti	A6

Tabela 1. Skup razmatranih alternativa

Neka su kriterijumi uzeti u obzir predstavljeni u Tabeli 2. Težine kriterijuma mogu se odrediti direktnim putem od strane jednog ili više donosilaca odluke, ili se kriterijumi mogu međusobno porediti kako bi se došlo do ocene značajnosti, itd. Neka su u ovom slučaju težine kriterijuma predstavljene ocenom od 1 do 10.

Kriterijum	Tip	Oznaka	Težina (w)
Troškovi uvođenja	Min	C1	8
Troškovi održavanja	Min	C2	7
Ometanje poslovanja	Min	C3	4
Doslednost u primeni	Max	C4	9
Značaj za bezbednost date kompanije	Max	C5	10

Tabela 2. Kriterijumi

Težine kriterijuma obično se normalizuju tako da njihov zbir bude jednak 1, odnosno može se reći i da je značajnost svakog kriterijuma izražena u procentima. Zbog toga se ocena za svaki kriterijum deli zbirom svih vrednosti što je prikazano u (1), odnosno primenjujemo normalizaciju L1 normom.

$$W_j = \frac{w_j}{\sum_j w_j} \quad (1)$$

Nakon normalizacije dobijaju se težine kriterijuma respektivno:

$$\begin{aligned} W_1 &= 8/(8+7+4+9+10) = 8/38 = 0,21 \\ W_2 &= 7/(8+7+4+9+10) = 7/38 = 0,18 \\ W_3 &= 4/(8+7+4+9+10) = 4/38 = 0,11 \\ W_4 &= 9/(8+7+4+9+10) = 9/38 = 0,24 \\ W_5 &= 10/(8+7+4+9+10) = 10/38 = 0,26 \end{aligned}$$

Nakon određivanja vrednosti kriterijuma za svaku od alternativa, može se definisati tabela odlučivanja prikazana u Tabeli 3.

Alternativa	C1 (n. j.)	C2 (n. j.)	C3 (1-10)	C4 (1-10)	C5 (1-10)
A1	100	20	1	10	10
A2	30	20	4	3	10
A3	0	10	2	5	8
A4	10	10	3	3	6
A5	0	0	2	6	9
A6	60	5	1	4	9

Tabela 3. Početna tabela odlučivanja

Za svođenje različitih kriterijuma na istu meru ponovo se koristi normalizacija. U ovom slučaju korišćena je min-max normalizacija, jedna od poznatijih funkcija skaliranja kriterijuma [21]. Na ovaj način sve vrednosti se svode na interval [0,1] pri čemu će najlošija vrednost kriterijuma dobiti ocenu 0, dok će najpovoljnija imati vrednost 1. Za normalizaciju se koristi formula prikazana u (2).

$$X_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_i x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}} \quad (2)$$

Normalizovana tabela odlučivanja data je u Tabeli 4.

W	0,21	0,18	0,11	0,24	0,26
Alternativa	C1	C2	C3	C4	C5
A1	0	0	1	1	1
A2	0,70	0	0	0	1
A3	1	0,50	0,67	0,29	0,50
A4	0,90	0,50	0,33	0	0
A5	1	1	0,67	0,43	0,75
A6	0,40	0,75	1	0,14	0,75

Tabela 4. Normalizovana tabela odlučivanja

U sledećem koraku vrednosti za svaku alternativu iz prethodne tabele biće pomnožene težinama odgovarajućeg kriterijuma, nakon čega se vrednosti za svaki red, odnosno za svaku alternativu sabiraju, kao što je prikazano u (3).

$$A_i = \sum_j X_{ij} * W_j \quad (3)$$

Na ovaj način dobijene su otežane sume prema kojima će alternative biti rangirane. Rang alternativa, kao i njihove otežane sume prikazan je u tabeli 5.

Alternativa	Rang	Σ
Koristiti jake lozinke i redovno ih menjati	1	0,762
Implementirati bezbednosni hardware i software	2	0,610
Redovno ažurirati operativne sisteme i aplikacije	3	0,573
Razviti politiku bezbednosti	4	0,558
Obučiti zaposlene o sajber bezbednosti	5	0,407
Praviti rezervne kopije i testirati ih	6	0,315

Tabela 5. Rangiranje alternativa

Metode višekriterijumskog odlučivanja mogu se koristiti i u slučaju izbora konkretnog rešenja koje će u okviru izabrane mere prevencije biti implementirano. Primera radi, prilikom izbora konkretnog antivirusa ili firewall-a koji će biti nabavljen i slično.

6. ZAKLJUČAK

Ni jedan sistem koji je povezan na Internet nije u potpunosti bezbedan, a broj sajber napada je u stalnom porastu. Može se samo povećati bezbednost i otežati pristup napadačima tako da im napad bude neisplativ.

Analizom stabla otkaza može se uočiti da je ljudski faktor u velikom broju slučajeva uzrok uspešnog sajber napada. Za sprečavanje napada koji mogu izazvati ozbiljne posledice važno je implementirati odgovarajuća softverska i hardverska rešenja (posebno za mrežne napade), a potrebno je i imati adekvatnu bezbednosnu politiku i sprovesti je.

Uvek je dobro napraviti kombinaciju više bezbednosnih mera, a važno je sagledati opšte karakteristike, ali i specifičnosti jednog sistema kako bi se odredio optimalni skup mera. Kako firme često nisu u mogućnosti da primene sve preporučene bezbednosne mere, višekriterijumsko odlučivanje može da posluži kao koristan alat za određivanje prioriteta ili prilikom izbora nekog konkretnog rešenja.

LITERATURA

- [1] Tan Z. M., Aggarwal N., Cowls J., Morley J., Taddeo M., Floridi L. "The ethical debate about the gig economy: A review and critical analysis", *Technology in Society*, Volume 65, May 2021.
- [2] Naanani A., Masaif N. "Security in Industry 4.0: Cyber-attacks and countermeasures", *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, Vol. 12, No. 10, 6504-6512, 2021.
- [3] Kaspersky, Securelist, Statistics-Malicious mail, <https://statistics.securelist.com/mail-anti-virus/month>, pristupljeno u periodu od 01. 02. 2022. do 23. 03. 2022.
- [4] Sikorski M., Honig A. "Practical Malware Analysis: The Hands-On Guide to Dissecting Malicious Software" 1st Edition, No Starch Press, San Francisco, 2012.
- [5] Firth J., "10 Cyber Security Trends You Can't Ignore In 2021", <https://purplesec.us/cyber-security-trends-2021/>, pristupljeno u januaru 2022.
- [6] Mohanta A., Hahad M., Velmurugan K. "Preventing Ransomware: Understand, prevent and remediate ransomware attacks", Packt Publishing Ltd., Birmingham – Mumbai, 2018.
- [7] The state of ransomware in 2022, BlackFog, <https://www.blackfog.com/the-state-of-ransomware-in-2022/>, pristupljeno u martu 2022.
- [8] Ransomware Attack Trends – Key incident response ransomware data points, Observed ransomware deployment by hour, <https://www.fireeye.com/current-threats/what-is-cyber-security/ransomware.html>, pristupljeno u martu 2022.
- [9] Nacionalni CERT Republike Srbije - Regulatorna agencija za elektronske komunikacije i poštanske usluge, <https://www.cert.rs/rs/obavestjenja.html>, pristupljeno u periodu od januara do marta 2022.
- [10] Kabir, S. "An overview of fault tree analysis and its application in model based dependability analysis", *Expert Systems with Applications*, 77, 114–135, 2017.
- [11] de Gusmão, A. P. H., Silva, M. M., Poletto, T., e Silva, L. C., & Costa, A. P. C. S. "Cybersecurity risk analysis model using fault tree analysis and fuzzy decision theory", *International Journal of Information Management*, 43, 248-260, 2018.
- [12] Patil, P., Zavorsky, P., Lindskog, D., & Ruhl, R. "Fault tree analysis of accidental insider security events", In 2012 International Conference on Cyber Security (pp. 113-118). IEEE, 2012.
- [13] Ericson, C. A., & Li, C. "Fault tree analysis", In *System Safety Conference*, Orlando, Florida (Vol. 1, pp. 1-9), 1999.
- [14] Lallie, H. S., Debattista, K., & Bal, J. "A review of attack graph and attack tree visual syntax in cyber security", *Computer Science Review*, 35, 100219, 2020.
- [15] Ou X., Singhal A. "Attack Graph Techniques. In: Quantitative Security Risk Assessment of Enterprise Networks", SpringerBriefs in Computer Science. Springer, New York, NY, 2012.
- [16] Nedeljković, S., Forca, B. "Evropska strategija bezbednosti i sajber pretnje–značaj za Srbiju." Vojno delo, Ministarstvo odbrane Republike Srbije (2015).
- [17] Ministarstvo unutrašnjih poslova Republike Srbije – Korisni saveti za zaštitu računara, <http://www.mup.gov.rs/wps/portal/sr/gradjani/saveti/visokotehnoloski+kriminal/korisni+saveti+za+zastitu+racunara>, pristupljeno u periodu od januara do marta 2022.
- [18] Zaborko, J., & Szulżyk-Cieplak, J. "Information security risk assessment using the AHP method" In IOP conference series: materials science and engineering (Vol. 710, No. 1, p. 012036). IOP Publishing, 2019.
- [19] Torbacki, W. "A hybrid MCDM model combining DANP and PROMETHEE II methods for the assessment of cybersecurity in industry 4.0", *Sustainability*, 13(16), 8833, 2021.
- [20] Yarovenko, H. M., Kuzmenko, O. V., & Stumpo, M. "Strategy for Determining Country Ranking by Level of Cybersecurity", 2020.
- [21] Suknović, M., Delibašić, B., Jovanović, M., Vukićević, M., Radovanović, S. "Odlučivanje", Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2021.

DDoS ATTACK DETECTION IN SOFTWARE-DEFINED NETWORKS BASED ON MULTIPLE ENTROPY

DETEKCIJA DDoS NAPADA U SOFTVERSKI DEFINISANIM MREŽAMA ZASNOVANA NA VIŠESTRUKOJ ENTROPIJI

Danijel Čabarkapa¹, Olivera Pronić Rančić², Dejan Rančić²

¹*Academy of Professional Studies Šabac, Department of Medical and Business-Technological Studies*

²*University of Niš, Faculty of Electronic Engineering*

Abstract – *Software-Defined Networking (SDN) is considered one of the next-generation network architectures. SDN divides the data plane and control plane and supports the logical centralization of network control. However, SDN faces a series of issues that restricts its development and application. The centralized architecture of SDN is also a potential vulnerability for various types of malicious attacks. Distributed denial of Service (DDoS) attacks are one of the most frequent and destructive attacks in SDN networks. Entropy-based network traffic anomaly detection techniques are attractive due to their simplicity and applicability. However, the entropy-based DDoS attack detection method shows certain weaknesses such as accuracy of traffic variation detection and slow detection and this is the main obstacle to its wider deployment within the networks. This paper presents a DDoS attack detection method based on multiple entropy - Information Entropy (IE) and Log Energy Entropy (LEE). The proposed attack detection method uses these two types of entropy and achieves the purpose of improving the detection effect by using complementarity through their combination. Simulation outcomes indicate that the entropy value of the DDoS attack scenarios is significantly lower than normal network traffic scenarios with a fast attack detection speed. The proposed solution has significant advantages compared with other entropy-based attack detection methods.*

1. INTRODUCTION

Today traditional networks are becoming more complex and application-rich, and network designers often need to modify network software to achieve their requirements. Software-Defined Networking (SDN) attempts to move as much network functionality as possible into user-definable software. SDN is a new network paradigm and its core idea is the control plane and data plane are decoupled, where a controller is logically centralized and abstracted from the underlying network facility to allow simplified and flexible network programming. The emergence of SDN greatly improves the manageability, controllability, and scalability of the network [1].

However, with the popularity of SDN, their security has become one of the key research topics. The distributed denial of service (DDoS) attack, as one of the most important security threats, is particularly dangerous in SDN due to its strong destructiveness, simple implementation, and lack of simple and feasible

countermeasures. The recent changes in the cyber threat landscape indicate the increased activities of cybercriminal communities mostly focusing on malware, web-based attacks, DDoS, and botnets [2]. Considering the SDN network programmability, how to develop more efficient defense solutions against DDoS in SDN has attracted strong research in recent years [3]. There is a fact that there are different types of DDoS attacks on SDN. Therefore, any effort to secure SDN against DDoS attacks requires a comprehensive understanding of SDN characteristics: significant features of network traffic that characterize DDoS attacks against SDN and DDoS attack behaviors in SDN.

Novel DDoS detection techniques are mostly flow-based, and although claimed to be less accurate when compared to packet-based solutions, with an aid of specific approaches these can provide more fast and accurate results. There is a significant interest in implementing entropy-based techniques for network traffic anomaly detection because they provide more detailed insights than traditional traffic volume analysis [4]. In this paper, we contribute by proposing the flow-based anomaly detection architecture that relies on two types of entropy: Information Entropy (IE) and Log Energy Entropy (LEE). The proposed DDoS detection method uses these two types of entropy and achieves the purpose of improving the detection effect by using complementarity through their combination. Simulation outcomes that IE entropy has considerably entropy reduction in attack scenarios, but it does not have the feature of fast detection. Additionally, the LEE entropy reduces the entropy value in the attack scenario less than the IE entropy, and it can detect the attack at the beginning of the attack. Based on the aforementioned facts, this paper proposes entropy-based attack detection, which combines these two entropies and effectively utilizes the complementarity between them, which can quickly detect attacks and significantly reduce the entropy value.

The rest of this paper is organized as follows. Section 2 provides information on the SDN security background. Section 3 presents a brief introduction to the used entropy-based traffic analysis and addresses the proposed attack detection solution. Section 4 presents the simulation environment and details related to the applied research methodology. Section 5 presents and discusses the simulation results. Finally, the paper is concluded by summarizing the main contributions, and by defining directions for further research.

2. SDN SECURITY BACKGROUND

SDN is a new and preferable network paradigm to traditional network architecture in controlling network traffic flows as well as having elasticity and flexibility to be programmed for efficient network management. The SDN architecture is composed of three main components: the application plane, the control plane, and the data plane. The application plane contains SDN applications that are intended to perform various functionalities: enforcing security mechanisms and policies, performing network management, or running services on the SDN. The control plane contains the SDN controller, where the logic is centralized, as well as the global view of the network. Such a control plane manages the network, including applications in the application plane and the OpenFlow switches in the data plane. The third plane is the data plane, which is the combination of forwarding devices managed by the control plane through its southbound interface that implements the OpenFlow protocol. The devices in the data plane are used to forward traffic flows based on specific flow rules. [5]

The programmability and logically centralized controller of the SDN is well suited for security functions in the network. Flow rules in the OpenFlow switches can be effectively modified for mitigation purposes. SDN faces a series of issues that limit its development and application, where security is one of the serious issues [6]. Decoupling the network control plane from the data plane introduces a new attack vector for attackers to target or exploit that could potentially create a new security vulnerability. Generally, DDoS attacks have become major threats to SDN networks. In such attacks, by exhausting resources, SDN application services are disabled, and the network's performance is downgraded.

Several types of DDoS attacks affecting the SDN networks are TCP SYN Flood, UDP Flood, HTTP GET Flood, buffer overflow attack, NTP or DNS reflection amplification attack, ping of death, smurf attack, etc. [7-9] According to the hierarchical architecture of SDN, the DDoS aiming at the SDN network can be classified into three kinds, including DDoS against the infrastructure layer, DDoS targeted at the control layer and DDoS threatened the application layer. [10]

DDoS attacks on the SDN controller are launched by sending a massive amount of network traffic with spoofed source IP addresses from different sources (hosts' attacks). A sophisticated DDoS attack not only uses less bandwidth and a low number of packets but also mimics the behavior of normal traffic and varies the traffic rate to evade detection which increases the effectiveness of the attack. Attacks on the application layer usually attempt to deny legitimate users of services by exhausting the resource of the server that provides the particular service.

Fig. 1 shows a schematic view of a DDoS attack in SDNs [11]. DDoS attacks are achieved by creating several new flows that flood the bandwidth of the control plane, the OpenFlow switches, and the SDN controller. Attackers

generate several new flows that have spoofed IP addresses but are sent from single or multiple sources (1 and 2). These spoofed addresses do not match any existing flow rules in the flow table of the switch, resulting in a table miss case. Such a case results in generating massive packet-in messages sent to the SDN controller from the victim switch, which consumes communication bandwidth, memory, and CPU in both the control and the data plane of SDN. Since the victim switch buffers packet-in messages before sending them to the controller, if several new flows are received within a very short time, the buffer fills up (3). This results in higher consumption of the control plane's bandwidth and potentially delays the installation of new flow rules received from the SDN controller.

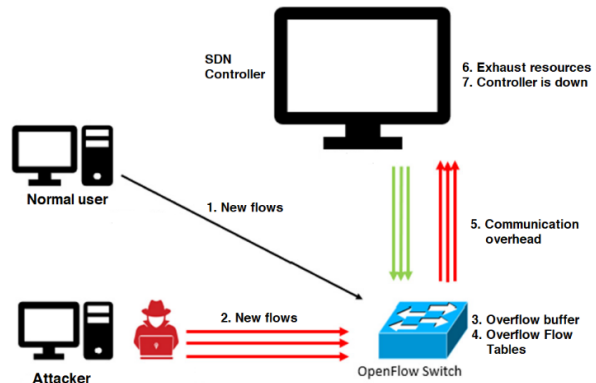


Fig 1. Schematic view of DDoS attack in SDN [11]

Having several new flows results in installing new rules to the forwarding table of the switch. The forwarding table fills up, and therefore, upon receiving a new flow rule from the controller, it is unable to install it - hence dropping the packet and sending an error message to the controller (4). The switch would not be able to forward packets until there is free memory in its forwarding table, resulting in delays and dropping of incoming packets. On the controller side, a high arrival rate of packet-in messages exceeding the controller processing capability results in overwhelming the controller and making it unreachable to legitimate traffic (5, 6, and 7). This could result in the failure of the entire SDN network.

3. PROPOSED ATTACK DETECTION METHOD

This section presents the proposed DDoS attacks detection methodology and its implementation details. The implemented solution relies on the specific DDoS feature distribution approach, which is achieved by specific entropy calculations. Our detection methodology comprises: normal and attack traffic generation, packet data acquisition, and feature distribution with entropy calculation on POX controller and data processing.

Entropy is a degree of the uncertainty and randomness of a certain stochastic process. In network traffic analysis entropy can measure the randomness of packets entering the network. Entropy-based techniques rely on the traffic feature distribution and are categorized as (1) TCP

header-based (including IP addresses, ports, or flags) (2) volume-based (including IP or port-specific percentage of flows, packets, and bytes), and (3) behavior-based (dealing with the degree of inbound and outbound communications).

Entropy is considered as a measure of network traffic patterns variance, where it provides mechanisms for tracking the effects of traffic characteristics alteration when changing the values of features. In anomaly detection techniques entropy is used to present the level of randomness in a data distribution [12]. The changes in a data structure in a distribution obtained from the acquisition process will change the entropy value. If the entropy change is significant, it is considered an unusual behavior in network communication or an anomaly, which often indicates security threats. The main issue of the entropy approach is the accuracy of traffic variation detection and the choice of the features that would provide accurate detection [13].

A window is an interval for which entropy is to be calculated and consists of a certain number of incoming packets (window size) and a fixed time interval. In this paper, the window size is set to 50. The primary reason for choosing 50 is the limited number of incoming new connections to each host in the network. In the proposed simulation each test contains 250 data packets, divided by a window value of 50, and 5 test results will be obtained.

For proper functioning of the entropy calculation, the proposed flow-based anomaly detection method relies on the possible application of multiple entropy values: Shannon information entropy (IE) and Log Energy Entropy (LEE) [14]. This paper uses only these two types of entropy and achieves the purpose of improving the detection effect by using complementarity through their combination. In the simulation, we consider the probability of using a destination IP address of the packet.

At first, we used Shannon information entropy H_{IE} given in equation (2):

$$p_i = \frac{X_i}{\sum_{i=1}^N X_i}, \quad 0 \leq p_i \leq 1 \quad (1)$$

$$H_{IE}(X) = - \sum_{i=1}^N p_i \log(p_i) \quad (2)$$

The variable X_i represents the destination IP address of the i -th packet, and the empirical probability p_i of X_i is calculated by using equation (1). The total number of packets in the window is denoted as N and $i=1, 2, \dots, N$.

LEE entropy calculation is shown in equation (3), where N and p_i still represent the number of packets and the probability of destination IP addresses in a defined window.

$$H_{LEE}(X) = - \sum_{i=1}^N \log(p_i^2) \quad (3)$$

Based on available literature and research papers, it is concluded that the IE entropy value will be significantly

reduced when an attack occurs, but the attack cannot be detected quickly. Contrary, LEE entropy can quickly detect the attack, but the entropy value is not as obvious as the IE entropy values. To better characterize entropy fluctuations and attack detection speed, we consider combining these two entropies through weighting coefficients α_1 and α_2 , allowing entropy analysis more efficient. The selection of weighting coefficients is based on the change rate of entropy decline of the two kinds of entropy when the attack occurs. The combined entropy calculation H_C is shown in equation (4). In equation (5), 0.72 in α_1 represents the change rate of IE entropy, while 0.20 in α_2 represents the change rate of LEE entropy. The simulation results show that the combined entropy effectively realizes the complementary advantages of IE and LEE entropy, which can not only quickly detect the attack but also have a high decline rate of entropy.

$$H_C(X) = \alpha_1 H_{IE} + \alpha_2 H_{LEE} \quad (4)$$

$$\alpha_1 = \frac{0.72}{0.72+0.20}, \quad \alpha_2 = \frac{0.20}{0.72+0.20} \quad (5)$$

The steps of the proposed detection method are shown in Fig. 2. When multiple incoming data packets are received on the same switch/host port in a window and the number of data packets exceeds the size of the window, DDoS attacks are detected. For each incoming packet, the entropy value is calculated. If the entropy value is higher than or equal to the threshold, the next calculation will be carried out normally and entropy calculation for new incoming packets is performed. If the entropy value falls below the threshold, the incoming packet is recorded. The threshold is determined based on the entropy fluctuation in normal traffic scenarios. During an attack, if the computation entropy of a specified window continuously drops below the threshold, the target port on the specified switch is blocked.

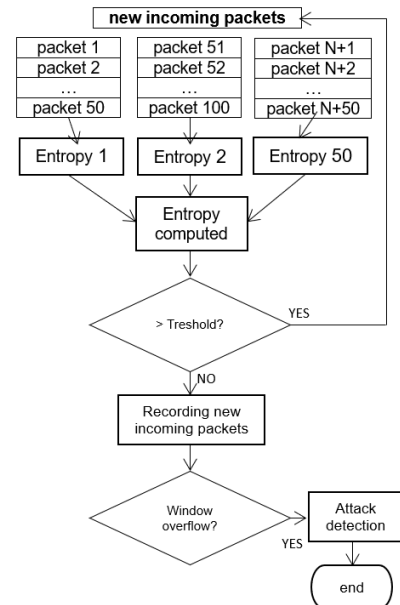


Fig 2. Attack detection algorithm

4. SIMULATION SETUP

To realize the simulation environment, the Mininet emulator was run on a Windows 11 PC (processor AMD Ryzen 5 3.6 GHz, 16 GB DDR4 RAM), running Virtual Machine (VM) and Ubuntu 20.04. The VirtualBox 6.1.22 hypervisor is used to instantiate VM with 8 GB of RAM for the proposed topology.

Simulation is being done on the Mininet 2.3 emulation tool, and Python 3.8.5 scripting was used for the topology initialization and setup. The network topology is shown in Fig. 3. We have considered Fat-Tree-based topology implemented over the eight hosts ($h1-h8$), six switches ($S1-S6$), and one POX controller. Fat-Tree topology was chosen for simplicity and to ensure that all switches are well-exercised. This topology has three switch layers including edge, aggregation, and core switches. Edge switches are directly connected to hosts in a way that N ports of the switch are connected to $N/2$ hosts and the rest are connected to higher-level aggregation switches. In the same manner, the aggregation switches are connected to core switches [15]. All the OpenFlow switches $S1-S6$ and $h1-h8$ hosts are connected in a hierarchical form and there are several paths between every two hosts which increases fault tolerance.

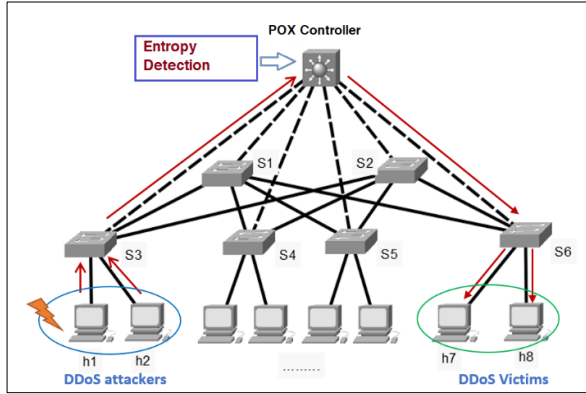


Fig 3. SDN Fat-Tree simulation topology

The POX controller is used in this simulation. POX is a component-based open-source OpenFlow controller implemented in Python. The location of POX is between network components on one side and the applications on the other side. Additionally, a POX controller is capable of converting particular OpenFlow devices to operate as switches, firewalls, load balancers, etc., and provides better features to SDN architecture. In the proposed simulation topology, the POX controller can have direct access and manipulation capability to the switches in presence of the OpenFlow protocol. Furthermore, POX is responsible for achieving any type of communication between applications and switches. POX also has the advantages of clear architecture, good performance, and strong scalability, so it was selected for the simulation experiment in this paper. POX allows user to develop their components according to their need. The full POX documentation is available on GitHub at [16].

To evaluate the performance of the proposed detection solution, a TCP SYN flooding attack is launched using a Scapy network packet generation tool [17]. Scapy is software for packet generation, attacking, sniffing, scanning and forgery. During the simulation, Scapy was used to inject normal traffic into the network as the background traffic, and then a TCP-SYN attack was launched from the hosts $h1$ and $h2$ to victim hosts $h7$ and $h8$. Spoofed IP addresses are used for targeting the victim hosts. For TCP-SYN attacks, different header values such as IP address, port, entropy, and TCP flags are used, but we consider only the entropy value to identify the attack. Two basic parameters set in Scapy are packet type and packet generation interval. The packet type includes TCP and UDP packets and the interval is set to fit the simulation conditions.

5. SIMULATION RESULTS

The numerous reference literature has demonstrated the efficiency and reliability of entropy-based solutions in the process of anomaly or attack detection. Our proposed solution corresponds to different DDoS attack variations, where it follows the form of having several source IP addresses sending packets and flooding one specific destination IP address. In a conducted simulation, each test contains 250 traffic data packets, divided by a window value of 50, so 5 results will be obtained. Each test was repeated 10 times and as the result, a total of 50 entropy value results were calculated. The entropy value calculated in the normal scenario is that host $h1$ randomly sends normal traffic to the simulated network topology. To simulate the attack scenario, two hosts $h1$ and $h2$ send Scapy-generated attack traffic to the victim hosts $h7$ and $h8$, as shown in Fig. 3.

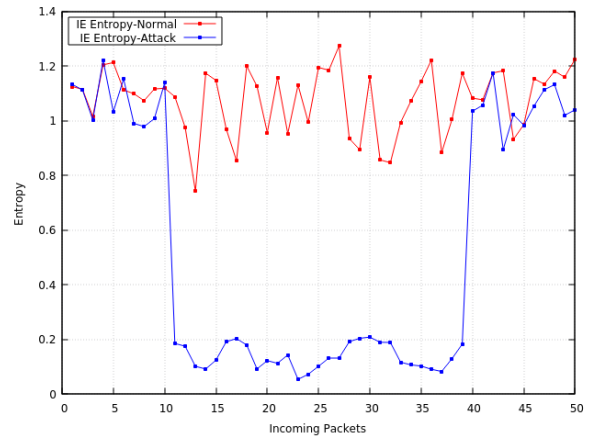


Fig 4. IE entropy variation for normal and attack scenario

Fig. 4 shows the comparison of IE between the two scenarios. Among the 50 calculations, the red line represents the IE entropy value in the normal scenario, and the blue line represents the IE value in the attack scenario. The green line shows that the entropy fluctuates between 0.74232 and 1.27299. The minimum entropy value of 0.8 was adopted as the threshold of our experiment, which could ensure the minimum error.

Under the DDoS attack scenario, from the 10th to the 40th packet, the entropy value drops sharply and remains in the low-value region between 0.05447 and 0.20899. The lowest point of normal flow entropy is 0.74232, and the highest point of attack flow entropy is 0.20899. The difference between the two is 0.53333, indicating a 71.84% ($\alpha_I=0.72$) decrease in IE entropy under attack in the normal scenario. According to the simulation results, when an attack occurs, the IE entropy value decreases obviously, but the attack is not detected instantly, i.e. after the 10th entropy calculation.

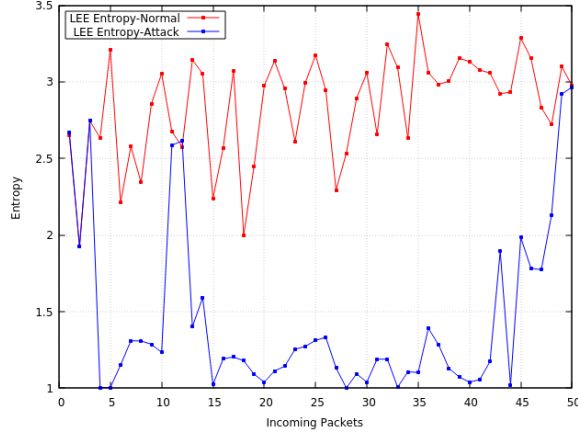


Fig 5. LEE entropy variation for normal and attack scenario

Fig. 5 shows the comparison of LEE entropy under the normal and attack scenarios. In normal traffic scenarios, the entropy value of packets ranges from 1.99983 to 3.44355. We use the minimum entropy value of 1.8 as the threshold to ensure a small error. In the attack scenario, the value of LEE entropy starts to decline from the third packet, showing an earlier change. The lowest point of entropy of normal flow is 1.99983. The maximum entropy of attack traffic is 1.59221 when very few abnormal data are discarded. The difference between the two is 0.40762, indicating that the LEE entropy decreases by 20.38% ($\alpha_2=0.20$) when the attack occurs. According to the simulation results of LEE entropy, when an attack occurs, the attack can be detected immediately, but the change of entropy is small, and even a few extremely high entropy values will appear. There are a few instances of excessive variations in the entropy values for the attack scenario. Dropping instances were observed frequently between 1-4, 10-15, and 43-49 of incoming packets, leading to degraded performance of the simulation run.

Fig. 6 shows the comparison of IE and LEE combined entropy under the normal and attack scenarios. In normal traffic scenarios, the entropy value of packets ranges from 2.01212 to 3.37365. We use the minimum entropy value of 2.0 as the threshold to ensure a small error. It can be seen from the figure that in the attack scenario, the value of IE/LEE combined entropy starts to decline from the third packet, showing an earlier change. The lowest point of entropy of normal flow is 2.01212. The maximum entropy of attack traffic is 0.21848 when very few

abnormal data are discarded. The difference between the two is 1.79364, indicating that the combined entropy decreases by 89.15% when the attack occurs. For the attack scenario, the entropy variations are scientifically uniform to the case of normal network traffic.

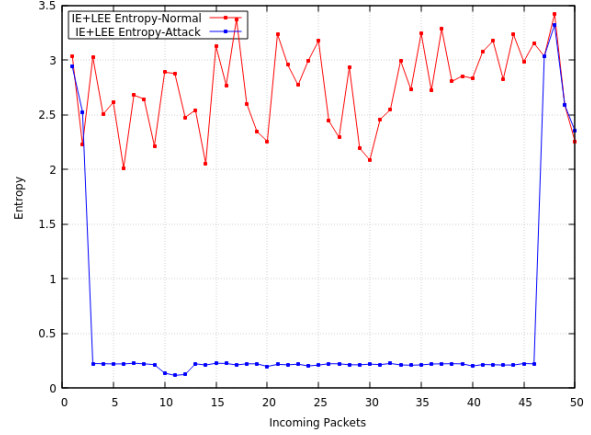


Fig 6. IE/LEE combined entropy variation for normal and attack scenario

The experimental results show that when an attack occurs, the IE/LEE entropy can quickly detect the attack, inheriting the advantages of LE entropy, while the entropy value decreases significantly, inheriting the advantages of IE entropy, and making good use of the complementarity of the two entropies to effectively detect the DDoS attack.

6. CONCLUSION

In this paper, we propose a method for the enhancement of analysis and decision process in entropy-based detection of DDoS attacks in a SDN network. In order to achieve the purpose of attack detection, this paper proposes a combined-entropy-based solution. This solution effectively uses the advantages of IE entropy and LEE entropy to achieve the complementarity feature. The combination of these two entropy values has the advantages of fast detection and obvious changes in entropy value, which can be used in DDoS attacks. The DDoS attack is detected in the fastest time and at the same time, the entropy value during the attack is 89.15% lower than the entropy value in the normal scenario, which can effectively detect the attack. Compared with other attack detection methods, it has considerable advantages in protecting the SDN network from attacks.

Finally, we believe that our work contributes to a better understanding of the entropy-based network behavior analysis and anomaly detection, despite many papers in this research field. Our further work will be oriented to the full implementation of the proposed architecture in a multi-controller and more complex SDN networks, focusing on better predicting the degree of certainty of detected network traffic anomalies.

REFERENCES

- [1] M. Casado, N. Foster, A. Guha “Abstractions for software-defined networks“, Communications of the ACM, Vol. 57, Issue 10, pp 86–95, 2014. <https://doi.org/10.1145/2661061.2661063>
- [2] European Union Agency for Network and Information Security “ENISA Threat Landscape Report 2016: 15 Top Cyber Threats and Trends”, 2017. doi:10.2824/92184
- [3] A. B. Dehkordi, M. Soltanaghaei “A Novel Distributed Denial of Service (DDoS) Detection Method in Software-Defined Networks“, in IEEE Transactions on Industry Applications, doi: 10.1109/TIA.2020.3001535
- [4] V. Timcenko, S. Gajin “Machine Learning Enhanced Entropy-Based Network Anomaly Detection”, Advances in Electrical and Computer Engineering, Vol. 21, no. 4, pp. 51-60, 2021, doi:10.4316/AECE.2021.04006.
- [5] J. Chen, X. Zheng, C. Rong “Survey on software-defined networking”, in Cloud Computing and Big Data, CloudCom-Asia, Vol. 9106, pp. 115-124, 2015, doi: 10.1007/978-3-319-28430-9_9.
- [6] R. Kandoi, M. Antikainen “Denial-of-service attacks in OpenFlow SDN networks”, IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management (IM), 2015, pp. 1322-1326, doi: 10.1109/INM.2015.7140489.
- [7] H. Wang, L. Xu, G. Gu “FloodGuard: A DoS attack prevention extension in software-defined networks”, 45th Annual IEEE/IFIP International Conference on Dependable Systems and Networks, 2015, pp. 239-250, doi: 10.1109/DSN.2015.27.
- [8] S. Scott-Hayward, S. Natarajan S. Sezer “A survey of security in software defined networks”, in IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol. 18, No. 1, pp. 623-654, 2016, doi: 10.1109/COMST.2015.2453114.
- [9] D. He, S. Chan, X. Ni, M. Guizani “Software-defined networking enabled traffic anomaly detection and mitigation”, IEEE Internet of Things Journal, Vol. 4, pp. 1890-1898, 2017, doi:10.1109/JIOT.2017.2694702
- [10] Q. Yan, F. R. Yu, Q. Gong, J. Li “Software-Defined Networking (SDN) and Distributed Denial of Service (DDoS) Attacks in Cloud Computing Environments: A Survey, Some Research Issues, and Challenges”, in IEEE Communications Surveys & Tutorials, Vol. 18, No. 1, pp. 602-622, 2016, doi: 10.1109/COMST.2015.2487361.
- [11] L. F. Eliyan, R. Di Pietro “DoS and DDoS attacks in Software Defined Networks: A survey of existing solutions and research challenges”, Future Generation Computer Systems Vol. 122, pp. 149-171, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.future.2021.03.011>.
- [12] A. Wagner, B. Plattner, “Entropy based worm and anomaly detection in fast IP networks,” 14th IEEE Int. Workshops on Enabling Technologies Infrastructure for Collaborative Enterprise, pp. 172-177, 2005, doi:10.1109/WETICE.2005.35
- [13] K. Xu, Z.L. Zhang, S. Bhattacharyya “Internet traffic behavior profiling for network security monitoring” IEEE/ACM Trans. Networking, Vol. 16, No. 6, pp. 1241-1252, 2008. doi:10.1109/TNET.2007.911438
- [14] C. E. Shannon “A mathematical theory of communication”, Bell system technical journal, 27(3), 1948, 379-423, doi: 10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x.
- [15] D. Cabarkapa, D. Rancic, “Performance Analysis of Ryu-POX Controller in Different Tree-Based SDN Topologies”, Advances in Electrical and Computer Engineering, Vol.21, No.3, pp. 31-38, 2021, doi:10.4316/AECE.2021.03004
- [16] POX Github documentation, [Available online]: <https://noxrepo.github.io/pox-doc/html/>
- [17] R. S. Rohith, R. Rohith, M. Minal, G. Shobha “Scapy - a powerful interactive packet manipulation program”, International Conference on Networking, Embedded and Wireless Systems (ICNEWS), 2018, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICNEWS.2018.8903954.

ISTRAŽIVANJE ZADOVOLJSTVA KORISNIKA MOBILNIH MREŽA U SRBIJI

MOBILE NETWORK SATISFACTION SURVEY IN SERBIA

Vesna Radonjić Đogatović, Sara Bošković, Momčilo Dobrodolac
Univerzitet u Beogradu – Saobraćajni fakultet

Sadržaj – Kako bi ostali konkurentni na tržištu mobilnih komunikacija, zadržali postojeće i pridobili nove korisnike, mobilni operatori treba da prepoznaju i ispune korisničke zahteve. U ovom radu su najpre razmatrani izvori informacija pri izboru mobilnog operatora. Ciljevi istraživanja obuhvataju utvrđivanje značajnih kriterijuma pri izboru mobilnog operatora i razmatranje zadovoljstva korisnika mobilnih mreža u Republici Srbiji. U tu svrhu, sproveden je upitnik korišćenjem pristupa kojim se samostalno upravlja i analizirani su dobijeni rezultati.

Abstract - In order to remain competitive in the mobile communications market, retain existing and gain new users, mobile operators need to recognize and meet user requirements. In this paper, the sources of information when choosing a mobile operator are first considered. The objectives of the research include determining significant criteria when choosing a mobile operator and considering the satisfaction of mobile network users in the Republic of Serbia. For this purpose, a questionnaire was conducted using an approach that independently manages and the obtained results are analyzed.

1. UVOD

Analiza zahteva, preferencija i izbora korisnika mobilnih mreža neophodna je radi donošenja strateških odluka značajnih za poslovanje mobilnih operatora. Brojni gradivni elementi ponašanja korisnika uzajamno deluju kako bi formirali složenu sliku koja povezuje čitav marketinški sistem sa kulturnim, socijalnim, ličnim i psihološkim karakteristikama korisnika [1].

Da bi se razumela motivacija korisnika, mora se ispitati njihovo ponašanje pri zahtevima za servisima, na koje utiče čitav niz internih i eksternih faktora [2]. Odabir najprikladnijeg kanala za razmenu informacija sa bazom korisnika postalo je jedno od ključnih pitanja za sve kompanije. Raznolikost i broj komunikacionih kanala raste jer nove tehnologije omogućavaju korišćenje virtualne i proširene realnosti. Iako se mnoge kompanije opredeljuju samo za ove inovativne opcije, većina provajdera servisa mobilne telefonije smatra da upotreba samo tehnološki najnaprednijih medijskih platformi ne bi bila dovoljna za angažovanje korisnika, te zbog toga najčešće koriste kombinaciju platformi za komunikaciju sa svojim korisnicima [3]. Bez obzira na dinamiku rasta novih tehnologija i komunikacionih kanala, usmena razmena korisničkih iskustava i dalje je jedan od najuticajnijih izvora informacija [4].

Korisnici se pri izboru mobilne mreže opredeljuju za ponudu koju procenjuju kao najadekvatniju u odnosu na

svoje zahteve [5]. Stoga, poznavanje korisničkih preferencija i uopšte vrednosti kojima korisnici pridaju značaj, kao i hijerarhija ovih vrednosti, pomažu mobilnom operatoru da kreira servise koji pokrivaju sve potrebne komponente. Na ovaj način se osigurava zadovoljstvo korisnika, lojalnost, kao i konkurentska prednost mobilnog operatora na tržištu.

Radi razmatranja faktora koji su korisnicima najznačajniji prilikom izbora mobilne mreže, najpopularnijih servisa, kao i ukupnog zadovoljstva korisnika mobilnih mreža u Republici Srbiji, sproveden je upitnik korišćenjem pristupa kojim se samostalno upravlja i u ovom radu su analizirani dobijeni rezultati.

U ovom radu nakon Uvoda, u drugom poglavlju obrazložene su faze u procesu izbora mobilne mreže od strane potencijalnih korisnika, izvori informacija i faktori koji značajno utiču na odluku korisnika. U trećem poglavlju predstavljena je struktura ispitanika u upitniku, dok su u četvrtom poglavlju analizirani rezultati istraživanja. U petom poglavlju su data zaključna razmatranja.

2. PROCES ODLUČIVANJA KORISNIKA

U cilju istraživanja zadovoljstva korisnika mobilnih mreža, razmatraju se sledeće međusobno povezane faze:

- Ulaz - Formiran od internih i eksternih uticaja, uključujući performanse kompanije i spoljašnje podsticaje i efekte okoline;
- Proces - Spoljašnji podsticaji na jedinstven način određuju socijalne, kulturne, psihološke i druge specifične karakteristike korisnika koje mogu uticati na njegov izbor mobilne mreže i servisa. Proces nameće složenu interakciju pojedinačnih karakteristika korisnika, uključujući njihovu motivaciju, učešće, učenje, percepciju, emocije i formiranje procesa donošenja odluka;
- Izlaz - Rezultat uključuje ne samo zahteve korisnika, već i korisničku procenu nakon obezbeđivanja servisa.

Iskustvo prilikom zahteva obogaćuje se i menja kako korisnici više puta prolaze kroz prethodne tri faze [6].

Odlučivanje korisnika može se formulisati kroz sledećih pet faza zasnovanih na racionalno-analičkom pristupu [2]:

- Prepoznavanje potrebe ili problema - Na svaku odluku o zahtevima korisnika na početku utiče uviđanje određenog problema ili potrebe;
- Prikupljanje informacija - Prikupljanje informacija potrebnih za izbor operatora/mreže/servisa.

- Procena alternativa - Analizirajući informacije prikupljene od različitih izvora, korisnik procenjuje alternative i bira odgovarajuću alternativu u skladu sa većinom željenih parametara.
- Izbor servisa ili odluka o zahtevu - Nakon razmatranja svih relevantnih kriterijuma, korisnik donosi odluku.
- Procena ishoda nakon realizovanja zahteva - Korisnik procenjuje da li servis ispunjava njegove zahteve.

Generalno, korisnici se pri donošenju konačne odluke oslanjaju na svoja prethodna iskustva sa operatorima i servisima. Ako ove vrste informacija nedostaju ili su ograničene, korisnici pokreću dalja istraživanja zasnovana na spoljašnjim izvorima, pod čime se podrazumevaju lični kontakti (porodica, prijatelji, kolege itd), javni izvori (mediji i povratne informacije korisnika na društvenim mrežama) i marketinški izvori (oglasi, brošure, web stranice itd). Eksterno pretraživanje informacija može da se definiše kao nivo pažnje i percepcije u direktnom nastojanju da se dobije specifično znanje o servisu. Među svim spoljašnjim izvorima informacija, marketinški tim po mnogim istraživanjima ima dominantan uticaj na odluku korisnika jer ne pruža samo alternative korisniku, već smanjuje nivo uočenog rizika [7].

Uobičajeno je da u slučaju složenijih zahteva, korisnik je primoran da selektuje samo određene informacije za donošenje svoje konačne odluke. Takva strategija čini ishod odluke rizičnijim [8]. U digitalnom dobu, korisnicima je sve lakše da interaktivno pretražuju i pronađu velike količine informacija. Pretraživanje informacija na Internetu danas je suštinski deo procesa donošenja odluka. Generalno, posebno kada je opaženi rizik veći, korisnici zahtevaju više informacija. Zajedno sa tim povećavaju se i pogodnosti pretraživanja za korisnika. Uočeno je da većina korisnika u početku pokušava da prikupi informacije koje otkrivaju pozitivne posledice određene odluke, a tek kasnije se usredsređuju na potencijalno negativne i preduzimaju mere za neutralizaciju rizika [7].

Na navike korisnika, kada su u pitanju zahtevi za servisima, značajno utiču različite demografske karakteristike poput starosti, pola, dohotka, bračnog statusa itd. Mnoge studije su pokazale da pol i starost korisnika u

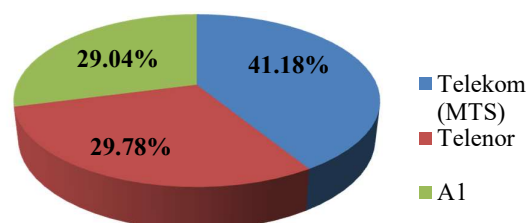
velikoj meri određuju njihovo ponašanje pri obradi informacija i zahtevima za servisima.

3. STRUKTURA ISPITANIKA U UPITNIKU

Za potrebe istraživanja, prikazanog u ovom radu, odabran je upitnik koristeći pristup kojim se samostalno upravlja (upitnik putem Interneta). Ovaj pristup pomaže u povećanju broja ispitanika u velikom obimu. Sva zatvorena pitanja su unapred pripremljena. Zatvorena pitanja u upitniku pružaju niz alternativnih odgovora od kojih se ispitanik upućuje da odabere jedno ili više [9].

Ukupan uzorak istraživanja čini 210 ispitanika – korisnika servisa mobilnih mreža u Srbiji. Istraživanje je sprovedeno od 29. novembra do 6. decembra 2021. godine. Ispitanicima je putem e-pošte, društvenih mreža (Facebook i Instagram) i komunikacionih platformi (WhatsApp i Viber) poslat upit za učestvovanje u istraživanju uz objašnjenje u koju svrhu se vrši istraživanje, kao i uz napomenu da su svi podaci anonimni i da će biti korišćeni isključivo u cilju ovog istraživanja.

Od 210 ispitanika koji su obuhvaćeni istraživanjem, najbrojniji su korisnici Telekom, odnosno MTS-a. Na drugom mestu po zastupljenosti nalazi se Telenor mobilna mreža (od marta 2022. Yettel), a neznatno manje ispitanici koriste A1 mobilnu mrežu, što je prikazano na slici 1.



Slika 1. Zastupljenost korisnika mobilnih mreža u Srbiji u uzorku

Od 210 ispitanika, 108 su ženske osobe (51,4%), a 102 osobe muškog pola (48,6%). Najveći procenat ispitanika (48,6%) živi u gradu, u manjem mestu 37,6%, dok su stanovnici seoskih naselja zastupljeni sa 13,8% u ukupnom uzorku. Struktura ispitanika u odnosu na starosnu grupu, obrazovanje i društveni status prikazana je u Tabeli 1.

Tabela 1. Struktura uzorka

Starosna grupa		Obrazovanje		Društveni status	
<18	1,9%	Osnovna škola	1,9%	Učenici	3,8%
18-30	22,4%	Srednja škola	35,8%	Studenti	15,2%
31-40	21,4%	Viša škola	15,2%	Nezaposleni	6,7%
41-50	21%	Fakultet – Osnovne studije	28,1%	Povremeno zaposleni	13,8%
51-64	20%	Fakultet – Master/magistar (Mr)	17,6%	Zaposleni	49,5%
≥65	13,3%	Fakultet – Doktor nauka (Dr)	1,4%	Penzioneri	11%

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Faktori koji najviše utiču na odluku korisnika pri izboru mobilne mreže su: cene servisa (cene pojedinačnih servisa i paketa servisa), kvalitet servisa (kvalitet mreže, dostupnost mreže, odnosno geografska pokrivenost, korisnička podrška - brzina povratnih informacija o upitima i žalbama itd), ponuda mobilnih telefona, mreža koju koriste lični kontakti (porodica, prijatelji, kolege itd), kao i njihovi saveti i iskustva, komentari korisnika dostupni na Internet portalima i društvenim mrežama i marketing, koji uključuje reklame u medijima i savete asistencije prodaje (online i u prodajnim objektima). Ispitanici u upitniku mogli su da se opredele za jedan ili više faktora koji značajno utiču na njihov izbor mobilne mreže.

U Tabeli 2 prikazan je značaj ovih uticajnih faktora u odnosu na socio-demografske kategorije ispitanika. Rezultati su predstavljeni procentom ispitanika koji su se izjasnili za svaki od navedenih faktora prema kategorijama kojima pripadaju.

Može se uočiti da je cena većini ispitanika na prvom mestu, nakon čega slede kvalitet servisa i ponuda mobilnih telefona, kao i ostali uticajni faktori u zavisnosti od kategorije ispitanika. Ženskim ispitanicima bitniji faktor je mreža koja je najzastupljenija među kontaktima sa kojima najviše komuniciraju, za razliku od ispitanika muškog pola koji prednost daju komentarima dostupnim na Internetu. Osim cene kao najvažnijeg faktora, ispitanicima iz većih gradova pri izboru mreže, najznačajnija je ponuda telefona, dok je stanovnicima seoskih naselja kvalitet servisa na drugom mestu po važnosti, a ispitanicima iz manjih mesta značajniji faktor je mreža koju koriste lični kontakti. Takođe, ispitanicima uzrasta do 30 godina, kao i učenicima i studentima pored cene i ponude mobilnih telefona, mreža koju koriste bliske osobe bitniji je faktor nego drugim starosnim grupama. Zaposleni ispitanici kao najznačajniji faktor izdvojili su kvalitet, nakon čega sledi cena servisa, a zatim ponuda mobilnih telefona i mreža koju koriste lični kontakti. Kada su u pitanju kategorije klasifikovane prema obrazovanju, ispitanicima sa završenom osnovnom i srednjom školom, kao i ispitanicima sa fakultetskim obrazovanjem, od velikog značaja su cene servisa, nakon

Tabela 2. Faktori koji utiču na odluku korisnika pri izboru mobilne mreže prema socio-demografskim kategorijama ispitanika

Kategorija ispitanika	Cena servisa	Kvalitet servisa	Ponuda mobilnih telefona	Mreža ličnih kontakata	Komentari na Internetu	Marketing
Muški pol	70,6%	59,8%	52,9%	29,4%	30,4%	10,8%
Ženski pol	71,3%	60,2%	55,6%	60,2%	18,5%	11,1%
Grad	69,6%	58,8%	51%	41,2%	28,6%	9,8%
Manje mesto	75,9%	59,5%	50,6%	60,8%	19%	12,7%
Seosko naselje	65,5%	62,2%	41,4%	51,7%	10,3%	10,3%
<18	50%	25%	75%	50%	25%	/
18-30	76,6%	53,2%	74,5%	63,8%	31,9%	8,5%
31-40	84,4%	55,6%	66,7%	33,3%	24,4%	13,3%
41-50	68,2%	68,2%	56,8%	34,1%	25%	11,4%
51-64	69%	59,5%	38,1%	35,7%	23,8%	9,5%
≥65	82,1%	67,9%	28,6%	42,9%	17,9%	10,7%
Osnovna škola	75%	50%	50%	50%	25%	25%
Srednja škola	77,3%	60%	60%	53,3%	26,7%	13,3%
Viša škola	68,8%	62,5%	62,5%	37,5%	40,6%	9,4%
Fakultet	76,3%	59,3%	50,8%	45,8%	22%	10,2%
Fakultet – Mr	67,6%	59,5%	54,1%	40,5%	18,9%	8,1%
Fakultet – Dr	66,7%	66,7%	33,3%	33,3%	33,3%	/
Učenici	50%	25%	75%	50%	25%	/
Studenti	71,9%	50%	71,9%	53,1%	31,3%	9,4%
Nezaposleni	92,8%	42,9%	57,1%	35,7%	21,4%	7,1%
Povr. zaposleni	79,3%	44,8%	62,1%	41,4%	27,6%	10,3%
Zaposleni	68,3%	72,1%	50%	46,2%	25 %	11,5%
Penzioneri	86,9%	65,2%	30,4%	43,5%	17,4%	13%

čega slede kvaliteta i ponuda telefona, a zatim mreža koju koristi većina njihovih ličnih kontakata, dok osobe sa završenom višom školom osim informacija o ceni, ponudi telefona i kvalitetu servisa, određuju se za mobilnu mrežu i na osnovu komentara korisnika dostupnih na Internetu.

U tabeli 3 prikazane su numeričke vrednosti koje preciznije određuju zadovoljstvo korisnika zavisno od socio-demografskih faktora. Rezultati su predstavljeni procentom ispitanika koji su se izjasnili za svaki od ponuđenih odgovora za mrežu, odnosno mreže čiji su korisnici. Najveći procenat ispitanika je zadovoljan servisima mobilnih mreža u Srbiji. Takođe se može primetiti da nema statistički značajnih razlika u nivou zadovoljstva korisnika u odnosu na socio-demografske faktore. Na osnovu javno dostupnih statistika [10], broj postpejd korisnika iz godine u godinu raste i premašio je broj pripejd korisnika mobilne telefonije. To potvrđuju i rezultati ovog istraživanja: 71,4% ispitanika koristi postpejd opciju naplate, 19% pripejd, a 14,8% i pripejd i postpejd. Najviše ispitanika koristi servise iste mobilne mreže duže od dve godine, čak 91%. Ovakav rezultat ukazuje na to da kada se korisnici servisa mobilnih operatora u Srbiji odluče za nekog operatora to uglavnom

podrazumeva dugoročnu posvećenost, a to potvrđuje i podatak da bi 84,3% ispitanika preporučilo svoju mobilnu mrežu drugima. Isti procenat ispitanika (84,3%) nije menjao svoju mobilnu mrežu, 11,4% su se izjasnili da su jednom promenili mobilnu mrežu, a samo 4,3% da su dva ili više puta promenili mobilnu mrežu. Najčešći razlozi za promenu mobilne mreže su cene i nedovoljno dobre ponude servisa. Od ukupnog broja ispitanika, 88,1% koristi servise samo jedne mobilne mreže, dok značajno manji procenat ispitanika koristi servise dve ili više mobilnih mreža (11,9%). Svi ispitanici, koji su se izjasnili kao korisnici više mobilnih mreža, zaposleni su i drugu mrežu koriste na službenom telefonu. Prema rezultatima ovog istraživanja, najviše korišćeni servisi mobilne telefonije među ispitanicima su: Internet pretraživanje, za koje se izjasnilo 65,7% ispitanika, zatim sledi korišćenje messaging aplikacija (Skype, Viber, WhatsApp itd) koje koristi 61,9% ispitanika i društvene mreže (Facebook, Instagram, Twitter) za koje se izjasnilo 58,8% ispitanika. Tek na četvrtom mestu je govorni servis sa 56,2%, dok poruke putem SMS-a (Short Message Service) šalje samo 45,1% korisnika. Svoje mobilne telefone korisnici uključeni u ovo istraživanje najmanje koriste za elektronsko bankarstvo (20,7%).

Tabela 3. Nivo zadovoljstva korisnika mobilnih mreža prema socio-demografskim kategorijama ispitanika

Kategorija ispitanika	Veoma nezadovoljan			Uglavnom nezadovoljan			Neutralan			Uglavnom zadovoljan			Veoma zadovoljan		
	MTS	Telenor	A1	MTS	Telenor	A1	MTS	Telenor	A1	MTS	Telenor	A1	MTS	Telenor	A1
Muški pol	8,2%	2%	4%	4%	4%	8,2%	8,2%	4,9%	3%	33,6%	10,4%	17%	46%	78,7%	67,8%
Ženski pol	4,6%	5,6%	4,6%	9,3%	5,6%	4,6%	7,4%	6,5%	8,3%	40,7%	50%	50%	62%	32,3%	32,5%
Grad	4%	4,9%	12%	7,8%	5,9%	6,9%	4,9%	9,8%	11,8%	39,2%	44,1%	42%	44,1%	35,3%	27,3%
Manje mesto	10,1%	5,1%	/	3,8%	10,1%	7,6%	3,8%	3,8%	/	35,4%	20,3%	33%	46,9%	60,7%	59,4%
Seosko naselje	/	/	/	13,8%	/	/	10,3%	3,4%	3,4%	13,8%	31%	17,2%	62,1%	65,6%	79,4%
<18	/	/	/	/	/	/	/	/	/	50%	/	/	50%	/	100%
18-30	4,2%	6,4%	8,5%	10,6%	6,4%	2,1%	12,8%	10,6%	10,6%	42,6%	38,3%	36%	29,8%	38,3%	42,8%
31-40	4,4%	/	/	4,4%	/	2,2%	6,7%	/	2,2%	35,6%	31,1%	40%	48,9%	68,9%	55,6%
41-50	4,5%	2,3%	/	2,3%	2,3%	4,5%	2,3%	2,3%	2,3%	27,3%	27,3%	34%	63,6%	65,8%	59,2%
51-64	/	/	/	4,8%	2,4%	4,8%	/	2,4%	/	31%	35,7%	31%	64,2%	59,5%	64,2%
≥65	/	/	/	/	/	/	7,1%	3,6%	3,6%	42,9%	32,1%	50%	50%	64,3%	46,4%
Osnovna škola	/	/	/	/	/	/	/	/	/	50%	/	/	50%	100%	100%
Srednja škola	4%	2,7%	4%	5,3%	1,3%	4%	5,3%	4%	4%	34,7%	32%	40%	50,7%	60%	48%
Viša škola	/	3,1%	/	6,3%	3,1%	3,1%	/	3,1%	3,1%	34,4%	31%	28%	59,3%	59,7%	34,2%
Fakultet	3,4%	5,1%	3,4%	6,7%	5,1%	3,4%	5,1%	3,4%	1,7%	33,9%	32,2%	30%	50,9%	54,2%	61,5%
Fakultet – Mr	2,7%	/	/	/	/	2,7%	2,7%	5,4%	8,1%	29,7%	32,4%	43%	64,9%	62,2%	53,8%
Fakultet – Dr	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	100%	100%	/	/	/
Učenici	/	/	/	/	/	/	/	/	/	50%	/	/	50%	/	100%
Studenti	3,1%	6,3%	6,3%	9,3%	6,3%	3,1%	12,5%	9,3%	9,3%	40,6%	37,5%	34%	34,5%	40,6%	47,3%
Nezaposleni	/	/	/	7,1%	/	/	/	7,1%	7,1%	28,6%	28,6%	36%	64,3%	64,3%	56,9%
Povr. zaposleni	/	/	/	/	/	/	3,4%	/	/	34,5%	37,9%	41%	62,1%	62,1%	59%
Zaposleni	4,8%	1,9%	/	5,7	2,9%	4,8%	2,9%	4,8%	5,7%	31,7%	32,7%	34%	54,9%	57,7%	59,5%
Penzioneri	/	/	/	/	/	/	4,3%	/	8,7%	43,5%	47,8%	61%	56,5%	52,2%	30,3%

Na pitanje da li je potreban novi mobilni operator na tržištu mobilne telefonije u Srbiji, 33,8% ispitanika odgovorilo je potvrdno, 34,8% smatra da nije potreban, a 31,4% ispitanika nisu sigurni. Ovaj rezultat pokazuje da bi novi operator morao da pruži veoma dobru ponudu servisa, a pre svega niže cene servisa u odnosu na postojeće mobilne operatore kako bi imao mogućnost da se dobro pozicionira na tržištu.

5. ZAKLJUČAK

Na tržištu mobilne telefonije u Republici Srbiji, obzirom da nema prepreka za prelazak korisnika iz jedne u drugu mrežu, presudno je poznavanje zahteva i preferencija korisnika, odnosno razloga zbog kojih korisnici daju prednost određenoj mobilnoj mreži.

Mrežni operatori su svesni da su cene i tarifni planovi najvažniji većini korisnika prilikom izbora mobilne mreže. Činjenica je da konkurentska borba doprinosi značajnom padu cena servisa i raznovrsnosti ponude paketa servisa. Često se koristi strategija smanjivanja cene osnovnog servisa promovisanjem dodatnih servisa u okviru osnovnog tarifnog paketa i na taj način se povećava percepcija vrednosti od strane korisnika. Promocije u okviru ponude uređaja ili ekskluzivnost ponude određenih mobilnih telefona mogu dodatno podstaći korisnika da odabere određenu mobilnu mrežu.

Kvalitet servisa, što uključuje kvalitet mreže, dostupnost mreže, odnosno geografsku pokrivenost i korisničku podršku (brzinu povratnih informacija na osnovu upita i rešavanje poteškoća u obezbeđivanju servisa na osnovu žalbi korisnika) može poslužiti kao alat za zadržavanje postojećih korisnika i povećanje njihovog zadovoljstva. Razvoj dugoročnih odnosa sa korisnicima podrazumeva stalnu interakciju između korisnika i operatora i na bazi dobijenih informacija, prilagođavanje ponude mobilnih servisa. Kvalitet servisa takođe utiče na sticanje novih korisnika, jer pozitivno iskustvo sa mobilnim operatorom može dovesti do preporuka poznanicima ili prijateljima.

Tržište mobilne telefonije u Srbiji je otvoreno, a da bi se pozicionirao novi mobilni operator, potrebna su značajna ulaganja u mobilnu mrežu, dobra ponuda servisa i mobilnih uređaja i svakako niže cene servisa u odnosu na konkurenciju.

LITERATURA

- [1] Armstrong, G., Kotler, P., Marketing: An introduction, Boston: Pearson, 2015.
- [2] Solomon, M. Consumer Behaviour, Boston: Pearson, 2013.
- [3] Moutusy, M., Mayukh, D., Piyush, K. „The impact of media richness on consumer information search and choice“, *Journal of Business Research*, vol. 87, 36-45, 2018.
- [4] Paswan, K., Ganesh, G., „Familiarity and interest: In a learning center service context“, *Journal of Services Marketing*, 17(4/5), 393–420, 2003.
- [5] Mandić, M., Sarajlić, H. „Istraživanje kriterijuma pri odabiru pokretne komunikacijske mreže“, *Zbornik Ekonomskog fakulteta u Zagrebu*, 15(2), 45-68, 2017.
- [6] Schiffman, L., Kanuk, L., Hansen, H., „Consumer behaviour: A European outlook“, Harlow: Pearson Education, 2012.
- [7] Zlateva, N., Kiriakov, L. „Preferred Informations Sources when Choosing a Mobile Operator, Economic Science, education and the real economy“: Development and interactions in the digital age, vol. 1, 287-300, 2020.
- [8] Baláz, V., Bacová, V., Skrinari, P. „Experience and information search patterns in complex decision making“, *Studia Psychologica*, 56(1), 3-20, 2014.
- [9] Saunders, M., Lewis, P., Thornhill, A., „Research Methods for Business Students“, Prentice Hall, Pearson Education Limited, 2009.
- [10] Regulatorna agencija za elektronske komunikacije i poštanske usluge – RATEL. „Pregled tržišta telekomunikacija i poštanskih usluga u Republici Srbiji u 2020. godini“, dostupno na: https://www.ratel.rs/uploads/documents/empire_plug/Godisnji%20izvestaj%202020%20RATEL%20web.pdf 05.03.2022.

PERFORMANSE BEŽIČNOG DIVERZITI SISTEMA SA SLOŽENIM EGC-SC KOMBINEROM U URBANOM OKRUŽENJU PERFORMANCE OF WIRELESS DIVERSITY SYSTEM WITH COMPLEX EGC-SC COMBINER IN URBAN ENVIRONMENT

Srđan Maričić¹, Dejan Drajić², Dejan Milić³, Nenad Milošević⁴, Jelena Anastasov⁵

*Fakultet za primenjeni menadžment, ekonomiju i finansije (MEF), Beograd*¹

*Elektrotehnički fakultet, Beograd*²

Elektronski fakultet, Niš^{3,4,5}

Sadržaj – U radu je predstavljena analiza performansi bežičnog radio-sistema sa tehnikom diverziteta u urbanom okruženju. Razmatrani diverziteti su složenog tipa i sastoje se od EG kombinera sa po dve antene na mikro nivou, kao i selektivnog kombinera na makro nivou kombinovanja. Efekat fedinga u pomenutom okruženju je predstavljen putem nezavisnog Nakagami-m modela. Za ovakav sistem su izvedene relevantne statističke karakteristike prvog reda, a na osnovu njih su određene performanse sistema u smislu verovatnoće otkaza, kao i verovatnoće greške za slučajeve digitalne frekvencijske i fazne modulacije. Dobijeni rezultati pokazuju da kombinovanje može u znatnoj meri potisnuti negativan uticaj efekta fedinga u ovakvim okruženjima.

Abstract – This paper presents performance analysis of a wireless radio system that employs diversity technique in an urban environment. The diversity is of complex type and uses EG combiners with two antennas each at micro level, with a selection combiner at macro level. Fading effect in the mentioned environment is represented by an independent Nakagami-m model. For this system model, we derive relevant first-order statistical characteristics, and in turn, we determine system performance in terms of outage probability, and also bit error rate for digital frequency and phase modulation formats. Obtained results show that the combining technique can significantly suppress negative influence of fading effect in these types of environments.

1. UVOD

U savremenim bežičnim mrežama, efekat fedinga [1] predstavlja jednu od ozbiljnih smetnji koja može dovesti do neočekivanog smanjenja kvaliteta usluge ili čak potpunog prekida veze. Štaviše, s obzirom na prirodu mobilnih sistema, efekat fedinga ima dinamički karakter koji je jako zavisen od međusobnog položaja baznih stanica, korisnika, kao i objekata u njihovom okruženju. Da bi se statistika kvaliteta usluge poboljšala, danas se obično koriste različite metode za smanjenje iznenadnih varijacija signala usled fedinga, a ove metode najčešće se zasnivaju na obradi signala koji potiču od više antena. Mobilni korisnik može imati prijemnik sa više ugrađenih antena, dok bazna stanica obično dozvoljava i veći nivo složenosti. Sa druge strane, sam sistem u kome bazne stanice međusobno komuniciraju dozvoljava i dodatni nivo obrade signala u kome se mogu kombinovati primljeni signali sa više različitih stanica [2]. Ovakvi diverziteti sistemi sa složenim kombinerom se primenjuju za slučaj kada je broj

antena četiri, ili veći od četiri. Princip rada složenih kombinera [3] je sledeći:

- broj signala na antenama se deli u više grupa. Nad svakom grupom moguće je uraditi kombinovanje sa istovetnim pojačanjem (EGC) [4] ili kombinovanje sa maksimalnim odnosom verodostojnosti (MRC) [5].
- nad signalima sa izlaza ovih kombinera obavlja se selekciono kombinovanje (SC) [6]. Na osnovu signala sa izlaza SC kombinera, prijemnik donosi odluku o simbolu koji se trenutno prenosi.

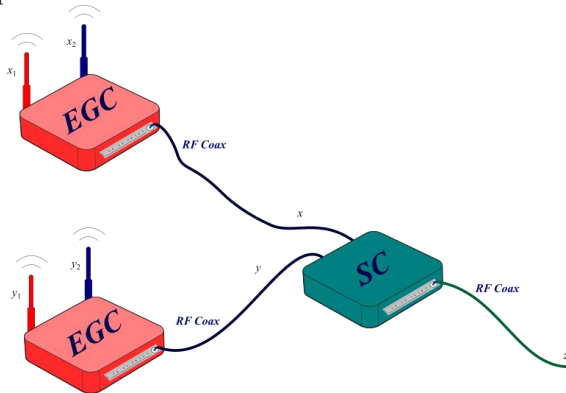
Takođe, moguće je nad svakom grupom anvelope signala obaviti SC kombinovanje, a na ovim signalima uraditi EGC ili MRC kombinovanje. U tom slučaju, signal sa izlaza EGC ili MRC kombinera služi za odlučivanje.

Očekivani doprinos diverziteti tehnike sa složenim kombinerom na smanjenje uticaja fedinga, po svom značaju bi morao biti bolji nego u slučaju korišćenja jednostavnih kombinera.

U radu se razmatra diverziteti sistem sa četiri antene. Anvelope signala sa antena se dele u dve grupe od po dve anvelope. Razmatra se slučaj kada je prisutan identični, nezavisni Nakagami-m fading [7]. Razmatra se slučaj kada se anvelope signala u grupama sabiraju, a zatim se odredi koji je od ta dva sabirka veći, i takva slučajna promenljiva predstavlja promenljivu koju prijemnik treba da detektuje u smislu određivanja simbola koji se trenutno prenosi.

2. 2×SC MAKRO-2×EGC MIKRO KOMBINER

Model razmatranog sistema koji se razmatra je prikazan na slici 1:



Slika 1. - Makrodiverziteti sistem sa SC makrokombinerom i dva EGC mikrokombinera na svojim ulazima

Na ulazima makrodiverziti sistema prisutan je Nakagami- m feding. Na ulazima prvog mikrodiverziti sistema anvelope signala su x_1 i x_2 . Na ulazima drugog mikrodiverziti sistema anvelope signala su y_1 i y_2 . Na izlazu prvog mikrodiverziti sistema anvelopa signala je x , dok je na izlazu drugog mikrodiverziti sistema anvelopa signala označena sa y . Anvelopa signala na izlazu makrodiverziti kombinera je z .

Signal na izlazu prvog mikrodiverziti kombinera jednak je zbiru signala na njegovim ulazima ($x = x_1 + x_2$). Isto važi i za izlaz drugog mikrodiverziti kombinera: signal na izlazu drugog mikrodiverziti kombinera jednak je zbiru signala na njegovim ulazima ($y = y_1 + y_2$).

Makrodiverziti kombinera je selektivnog tipa, odnosno signal na njegovom izlazu jednak je signalu sa onog izlaza mikrodiverziti sistema čija je snaga na ulazu veća.

Gustine verovatnoća anvelope signala na antenama su:

$$p_{x_i}(x_i) = \frac{2}{\Gamma(m)} \cdot \left(\frac{m}{\Omega}\right)^m \cdot x_i^{2m-1} \cdot e^{-\frac{m}{\Omega}x_i^2}, \quad (1)$$

$$x_i \geq 0, i = 1, 2$$

$$p_{y_k}(y_k) = \frac{2}{\Gamma(m)} \cdot \left(\frac{m}{\Omega}\right)^m \cdot y_k^{2m-1} \cdot e^{-\frac{m}{\Omega}y_k^2}, \quad (2)$$

$$y_k \geq 0, k = 1, 2$$

Signal na izlazu prvog EGC kombinera jednak je zbiru anvelopa signala na njegovim ulazima:

$$x = x_1 + x_2,$$

odakle se dobija da je:

$$x_1 = x - x_2 \quad (3)$$

Gustina verovatnoće signala x na izlazu prvog EGC kombinera jednaka je konvoluciji gustina verovatnoća signala na njegovim ulazima:

$$p_x(x) = \int_0^x p_{x_1}(x - x_2) \cdot p_{x_2}(x_2) \cdot dx_2 \quad (4)$$

Zamenom se dobija:

$$\begin{aligned} p_x(x) &= \int_0^x \frac{2}{\Gamma(m)} \cdot \left(\frac{m}{\Omega}\right)^m \cdot (x - x_2)^{2m-1} \cdot e^{-\frac{m}{\Omega}(x-x_2)^2} \cdot \\ &\cdot \frac{2}{\Gamma(m)} \cdot \left(\frac{m}{\Omega}\right)^m \cdot x_2^{2m-1} \cdot e^{-\frac{m}{\Omega}x_2^2} \cdot dx_2 = \\ &= \frac{4}{(\Gamma(m))^2} \cdot \left(\frac{m}{\Omega}\right)^{2m} \cdot \sum_{i=0}^{\infty} \left(-\frac{m}{\Omega}\right)^i \cdot \\ &\cdot \frac{1}{i!} \cdot \sum_{k=0}^{2m-r_i-1} \binom{2m-r_i-1}{k} \cdot x^{2m-r_i-1-k} \cdot \\ &\cdot (-1)^k \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{\Omega}{m}\right)^{m+\frac{k}{2}} \cdot \Gamma\left(m + \frac{k}{2}, \frac{m}{\Omega}x^2\right) \end{aligned} \quad (5)$$

Signal na izlazu drugog EGC kombinera jednak je zbiru anvelopa signala na njegovim ulazima:

$$y = y_1 + y_2,$$

odakle se dobija da je:

$$y_1 = y - y_2 \quad (6)$$

Gustina verovatnoće signala y na izlazu drugog EGC kombinera jednaka je konvoluciji gustina verovatnoća signala na njegovim ulazima:

$$p_y(y) = \int_0^y p_{y_1}(y - y_2) \cdot p_{y_2}(y_2) \cdot dy_2 \quad (7)$$

Kao i u prethodnom slučaju, može se dobiti gustina verovatnoće signala na izlazu drugog EGC kombinera i ona je jednaka:

$$\begin{aligned} p_y(y) &= \frac{4}{(\Gamma(m))^2} \cdot \left(\frac{m}{\Omega}\right)^{2m} \cdot \sum_{i=0}^{\infty} \left(-\frac{m}{\Omega}\right)^i \cdot \\ &\cdot \frac{1}{i!} \cdot \sum_{k=0}^{2m-r_i-1} \binom{2m-r_i-1}{k} \cdot y^{2m-r_i-1-k} \cdot (-1)^k \cdot \\ &\cdot \frac{1}{2} \left(\frac{\Omega}{m}\right)^{m+\frac{k}{2}} \cdot \Gamma\left(m + \frac{k}{2}, \frac{m}{\Omega}y^2\right) \end{aligned} \quad (8)$$

Kumulativna verovatnoća signala x jednaka je verovatnoći da je slučajna promenljiva manja od tekuće koordinate x :

$$\begin{aligned} F_x(x) &= \int_0^x p_x(t) dt = \\ &= \frac{2}{(\Gamma(m))^2} \cdot \left(\frac{m}{\Omega}\right)^m \cdot \sum_{i=0}^{\infty} (-1)^i \cdot \left(\frac{m}{\Omega}\right)^i \cdot \frac{1}{i!} \cdot \\ &\cdot \sum_{k=0}^{2m-r_i-1} \binom{2m-r_i-1}{k} \cdot x^{2m-r_i-1-k} \cdot (-1)^k \cdot \\ &\cdot \left(\frac{\Omega}{m}\right)^{\frac{k}{2}} \cdot \int_0^x dt \cdot t^{2m-r_i-1-k} \cdot \Gamma\left(m + \frac{k}{2}, \frac{m}{\Omega}t^2\right) \end{aligned} \quad (9)$$

Neka je

$$\int_0^x dt \cdot t^n \cdot \gamma(a, at^2) = f_1(x, n, a, \alpha) \quad (10)$$

Zamenom se dobija:

$$\begin{aligned} F_x(x) &= \frac{2}{(\Gamma(m))^2} \cdot \left(\frac{m}{\Omega}\right)^m \cdot \sum_{i=0}^{\infty} (-1)^i \cdot \\ &\cdot \left(\frac{m}{\Omega}\right)^i \cdot \frac{1}{i!} \cdot \sum_{k=0}^{2m-r_i-1} \binom{2m-r_i-1}{k} \cdot (-1)^k \cdot \\ &\cdot \left(\frac{\Omega}{m}\right)^{\frac{k}{2}} \cdot f_1\left(x, 2m-r_i-1-k, m + \frac{k}{2}, \frac{m}{\Omega}\right) \end{aligned} \quad (11)$$

Na sličan način se dobija kumulativna verovatnoće signala y u obliku:

$$\begin{aligned} F_y(y) &= \frac{2}{(\Gamma(m))^2} \cdot \left(\frac{m}{\Omega}\right)^m \cdot \sum_{i=0}^{\infty} (-1)^i \cdot \\ &\cdot \left(\frac{m}{\Omega}\right)^i \cdot \frac{1}{i!} \cdot \sum_{k=0}^{2m-r_i-1} \binom{2m-r_i-1}{k} \cdot (-1)^k \cdot \\ &\cdot \left(\frac{\Omega}{m}\right)^{\frac{k}{2}} \cdot f_1\left(y, 2m-r_i-1-k, m + \frac{k}{2}, \frac{m}{\Omega}\right) \end{aligned} \quad (12)$$

Signal sa izlaza kombinera, z - jednak je signalu sa prvog ulaza, x - ako je signal na drugom ulazu, y - manji od signala sa prvog ulaza. U suprotnom je na izlazu kombinera z jednako signalu sa drugog ulaza, odnosno y . Na osnovu toga je verovatnoća signala z sa izlaza jednaka:

$$\begin{aligned}
p_z(z) &= p_x(z) \cdot F_y(z) + p_y(z) \cdot F_x(z) = \\
&= 2 \cdot p_x(z) \cdot F_y(z) = 2 \cdot \frac{4}{(\Gamma(m))^2} \cdot \left(\frac{m}{\Omega}\right)^{2m} \cdot \\
&\cdot \sum_{i=0}^{\infty} \left(-\frac{m}{\Omega}\right)^i \cdot \frac{1}{i!} \cdot \sum_{k=0}^{2m-r_i-1} \binom{2m-r_i-1}{k} \cdot \\
&\cdot z^{2m-r_i-1-k} \cdot (-1)^k \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{\Omega}{m}\right)^{m+\frac{k}{2}} \cdot \Gamma\left(m+\frac{k}{2}, \frac{m}{\Omega} z^2\right) \cdot \\
&\cdot \frac{2}{(\Gamma(m))^2} \cdot \left(\frac{m}{\Omega}\right)^m \cdot \sum_{i_1=0}^{\infty} (-1)^{i_1} \cdot \left(\frac{m}{\Omega}\right)^{i_1} \cdot \frac{1}{i_1!} \cdot \\
&\cdot \sum_{k_1=0}^{2m-r_{i_1}-1} \binom{2m-r_{i_1}-1}{k_1} \cdot (-1)^{k_1} \cdot \left(\frac{\Omega}{m}\right)^{\frac{k_1}{2}} \cdot \\
&\cdot f_1\left(z, 2m-r_{i_1}-1-k_1, m+\frac{k_1}{2}, \frac{m}{\Omega}\right)
\end{aligned} \quad (13)$$

Pored ovako dobijene funkcije gustine verovatnoće signala sa izlaza složenog kombinera moguće je odrediti kumulativnu verovatnoću signala na izlazu, pomoću

$$F_z(z) = F_x(x)F_y(y) \quad (14)$$

Verovatnoća otkaza sistema jednaka je verovatnoći da je signal sa izlaza složenog kombinera manji od odgovarajućeg praga. U ovom radu izračunavali smo verovatnoću otkaza kao

$$P_{out} = F_z(z_{th}). \quad (15)$$

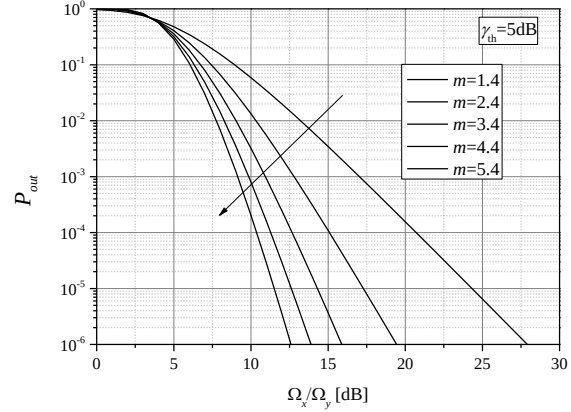
Verovatnoća greške za koherentne telekomunikacione sisteme koji koriste diverziti tehniku u cilju smanjenja uticaja Nakagami- m fedinga na performanse sistema i koji koriste složeni EGC-SC kombiner sa četiri ulaza, dobija se usrednjavanjem komplementarne funkcije greške, pomoću gustine verovatnoće signala na izlazu složenog kombinera. Verovatnoća greške za nekoherentne telekomunikacione sisteme se dobija usrednjavanjem izraza e^{az^2} , preko gustine verovatnoće signala na izlazu složenog kombinera.

$$P_b = \frac{1}{2} \int_0^{\infty} e^{-hz} p(z) dz, \quad (16)$$

gde je modulaciona konstanta, h , $h=0.5$ nekoherentnu binarno frekencijsku modulaciju (BFSK) i $h=1$ za binarni diferencijalno fazno pomeneni modulacioni format (BDPSK).

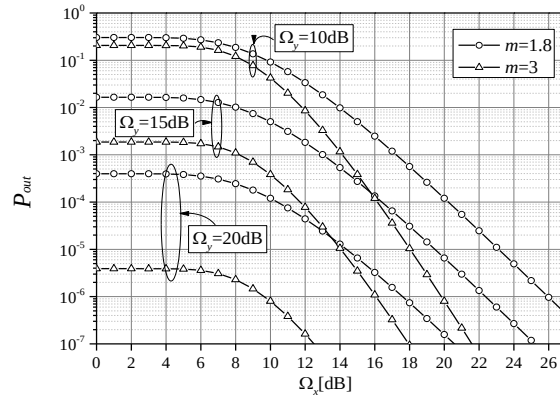
3. NUMERIČKI I GRAFIČKI REZULTATI

U ovo delu će biti prikazani numerički rezultati na osnovu izvedenih analitičkih izraza u prethodnom odeljku. Na slici 2. prikazana je verovatnoća otkaza za definisani prag prekida, a u zavisnosti od odnosa srednjih snaga signala na ulazu u SC makrodiverziti. Sa slike se može primetiti opadanje verovatnoće otkaza sa porastom feding parametra, m , pri čemu je taj pad P_{out} , tj poboljšanje performansi sistema očigledniji pri porastu feding parametra sa $m=1.4$ na $m=2.4$, u odnosu na porast sa $m=4.4$ na $m=5.4$. Svakako najniže vrednosti verovatnoće prekida se beleže za $m=5.4$.



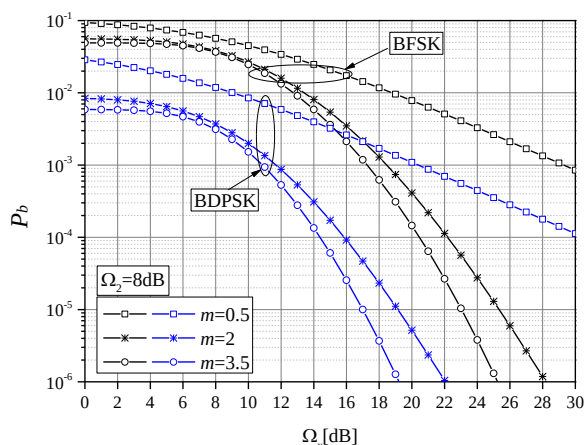
Slika 2. - Verovatnoća otkaza za različite parametre Nakagami- m fedinga

Na slici 2. prikazana je verovatnoća otkaza u zavisnosti od srednje snage signala na izlazu iz prvog mikrodiverziti sistema, a za različite vrednosti srednje snage signala na izlazu iz drugog. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da se povećanjem srednjih snaga signala, x i/ili y , verovatnoća otkaza smanjuje. Najveći uticaj smanjenja dubine fedinga u kanalima se može uočiti za najveću vrednost srednje snage signala na izlazu iz drugog mikrodiverzitija.



Slika 2. - Verovatnoća otkaza u kanalu za različite srednje snage makrodiverziti ulaznih signala

Na slici 3. predstavljena je zavisnost verovatnoće greške sistema od srednje snage signala na izlazu iz prvog mikrodiverziti sistema za BDPSK i BFSK modulacioni format. Analiziran je uticaj feding parametra m na vrednosti verovatnoće greške. Očigledno je da povećanjem parametra fedinga (tj. smanjenjem dubine fedinga), vrednosti verovatnoće greške opadaju. Takođe, znatno bolje performanse analiziranog sistema se dobijaju korišćenjem BDPSK modulacionog formata u toku prenosa.



Slika 3. - Verovatnoća greške sistema za različita stanja feding kanala

4. ZAKLJUČAK

Za prikazani model bežičnog radio-sistema sa tehnikom kombinovanja, pri uslovima prostiranja u urbanom okruženju, predstavljena je metodologija analize performansi. Kombinovanje složenog tipa se posmatra u smislu dve nezavisne bazne stanice na kojima postoji po jedan EG kombiner sa po dve antene na ulaznom mikro nivou. Pored toga, na makro nivou postoji jedan selektivni kombiner koji vrši izbor konkretne bazne stanice. Efekat fedinga u pomenutom okruženju je predstavljen putem nezavisnog Nakagami- m modela koji odgovara prostiranju u uslovima kada nema direktne optičke vidljivosti između prijemnika i baznih stanica. Za ovakav sistem su izvedeni analitički izrazi statističkih karakteristika prvog reda, a na osnovu njih su određene performance sistema - verovatnoća otkaza i verovatnoća greške. Dobijeni rezultati pokazuju da tehnika kombinovanja može u velikoj meri potisnuti negativan uticaj efekta fedinga. Verovatnoća otkaza zavisi od Nakagamijevog parametra fedinga, i brzo opada kada se ovaj parametar povećava, što konkretno odgovara sve povoljnijoj međusobnoj poziciji korisnika i bazne stanice ili više njih. Pri tome je dovoljno da korisnik

bude u povoljnom položaju barem u odnosu na jednu od baznih stanica. Nivo signala je od primarnog značaja pa je potrebno da i udaljenost od barem jedne bazne stanice bude u okviru predviđenog dometa.

Slični zaključci se odnose i na slučaj kada se razmatra verovatnoća greške. U slučaju kada je nivo signala iznad praga otkaza sistema, prenos se može smatrati uspešnim, pri čemu verovatnoća greške direktno zavisi od dostupne snage i dubine fedinga u odnosu na bazne stanice.

LITERATURA

- [1] M. K. Simon and M.-S. Alouini, Digital communication over fading channels, 2nd ed., vol. 95. John Wiley & Sons, 2005.
- [2] S. Mukherjee and D. Avidor, "Effect of microdiversity and correlated macrodiversity on outages in a cellular system," IEEE Trans. Wirel. Commun., vol. 2, no. 1, pp. 50–58, 2003.
- [3] P. S. Bithas, P. T. Mathiopoulos, and S. A. Kotsopoulos, "Diversity reception over generalized-K (KG) fading channels," IEEE Trans. Wirel. Commun., vol. 6, no. 12, pp. 4238–4243, 2007.
- [4] M.-S. Alouini and M. K. Simon, "Performance analysis of coherent equal gain combining over Nakagami- m fading channels," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 50, no. 6, pp. 1449–1463, 2001.
- [5] T. K. Y. Lo, "Maximum ratio transmission," in 1999 IEEE international conference on communications (Cat. No. 99CH36311), 1999, vol. 2, pp. 1310–1314.
- [6] L. Yue, "Analysis of generalized selection combining techniques," in VTC2000-Spring. 2000 IEEE 51st Vehicular Technology Conference Proceedings (Cat. No. 00CH37026), 2000, vol. 2, pp. 1191–1195.
- [7] M. Nakagami, "The m -distribution - A General Formula of Intensity Distribution of Rapid Fading," in Statistical Methods in Radio Wave Propagation, 1960, pp. 3–36.



YU-S3-EDR

E-društvo

Uticaj informacione tehnologije na upravljanje komunikacijom u savremenim poslovnim sistemima

Uticaj informacione tehnologije na upravljanje komunikacijom u savremenim poslovnim sistemima

Anđelina Petrović, Dragan Vukumirović

Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka

Sadržaj - Proces komunikacije u savremenim poslovnim sistemima podložan je učestaim promenama u dinamičnom poslovnom okruženju, kao i prilagođavaju sveobuhvatnim globalnim prilikama nastalih pod okriljem četvrte industrijske revolucije. Novonastale oklonosti pod uticajem COVID-19 panedemije donele su nove zahteve za razvojem tehnoloških inovacija u svim sferama poslovanja, i dodatno istakle značaj korišćenja novih tehnologija u svim procesima komunikacije poslovnih sistema, kao jedan od uslova opstanka na tržištu. Uticaj informacionih tehnologija na procese upravljanja komunikacijom savremenih poslovnih sistema, ogleda se u organizacionim promenama na polju internih i eksternih oblika komunikacije poput usklađivanja procesa, stvaranja novih i unapređenja postojećih kanala komunikacija do novih oblika neformalne komunikacije, diktiranih trenutnim globalnim tehnološkim promenama, kao i novim potrebama na polju upravljanja i zaštite velikih količina podataka, sa kojim se kompanije u današnjem poslovnom okruženju suočavaju. U radu je dat pregled tehnologija koje su poslednjih godina izvršile presudan uticaj na tokove i procese komunikacije u savremenim poslovnim sistemima, kao i osvrt na očekivane trendove razvoja nastale pod uticajem revolucije podataka u digitalnom okruženju.

Abstract - The process of communication in modern business mammals is subject to frequent changes in the dynamic business environment, as well as adaptation to the comprehensive global opportunities created under the auspices of the fourth industrial revolution. The emerging environments affected by COVID-19 pandemics have brought new demands for the development of technological innovations in all spheres of business, and further acknowledged the importance of using new technologies in all business communication processes, as one of the conditions for survival in the market. The impact of information technologies on the communication management processes of modern business systems is reflected in organizational changes in the field of internal and external forms of communication, such as synchronization of processes, creating new and improving existing communication channels to new forms of informal

communication, dictated by current global and technol changes, as well as new needs in the field of managing and protecting large amounts of data, which companies in today's business environment face. The paper provides an overview of the technologies that have made a crucial impact on the flows and communication processes in modern business systems in recent years, as well as a look at expected development trends created by the revolution of data in digital grazing.

1. UVOD

Mogućnost komuniciranja na udaljenim lokacijama beleži prvi značajni pomak 1844. sa razvojem telegrafa [1] koji je omogućio prenošenje informacija brže i jednostavnije u odnosu na dotadašnje metode i zauvek promenio način na koji pojedinci i organizacije razmenjuju informacije. Danas, na obrisima četvrte industrijske revolucije, i razvojem tehnologija poput veštačke inteligencije, virtuelne i proširene stvarnosti, internet stvari i 5G mrežom, mogućnost povezivanja i širenja informacija beleže eksponencijalni rast.

Četvrtka industrijska revolucija dovela je do povezivanja tehnologija i brisanja granica između digitalnog i fizičkog okruženja, doprinoseći na taj način do sada neslućenim mogućnostima za razvoj novih oblika komuniciranja, ali i promena u poslovnim modelima i pristupu upravljanju komunikacije u kompanijama.

Prilagođavanje komunikacionih strategija digitalnim promenama je dodatno je istaknuto 2020. godine, usled pojave globalne pandemije COVID-19, koja je pogodila sve sektore, i postavila nove zahteve u organizaciji kompanija, kao i načinu komunikacije sa internim i eksternim okruženjem.

Uspon digitalne i mobilne komunikacije učinio je da svet postane umreženiji, i omogućio je dostupnost velikim setovima podataka [2], pa ova pojava dovodi do pojednostavljenja samog procesa analize podataka i samim tim lakšeg prilagođavanja strategije komunikacija kompanije ka ciljnoj grupi.

2. DIGITALIZACIJA PROCESA KOMUNIKACIJE

Proces digitalizacije u domenu upravljanja komunikacijama kompanije umnogome je olakšao proces prenošenja informacija i ubrzao proces povezivanja svih učesnika u komunikaciji, čime je dodatno istaknut stepen značaja istraživanja i ulaganja na polju uvođenja inovativnih oblika komunikacije u korporativnom okruženju.

Prema nacrtu plana za digitalizaciju Evropske Unije 2030 (*2030 Digital Compass plan*), EU predviđa i postavlja ciljeve ulaganja u ovom domenu, te da će do 2030. godine, 75 odsto evropskih kompanija svoje poslovne procese bazirati na sledećim tehnologijama: *cloud-computing* usluge, veliki podaci (*Big Data*), i veštačkoj inteligenciji (AI), dok će više od 90 odsto evropskih malih i srednjih preduzeća dostići bar osnovni nivo "digitalnog intenziteta". [3] Kako bi ostvarila te ciljeve, EU je najavila povećanje investicija u digitalnoj infrastrukturi, što dodatno svedoči o predviđenim tokovima razvoja i značaju istraživanja na polju inovacija u svim aspektima poslovanja u savremenim poslovnim sistemima.

Pomenute tehnologije uveliko su pronašle svoju primenu na polju upravljanja komunikacijama poslovnih sistema, budući da su komunikacije sastavni deo svakog poslovnog procesa, na internom ili eksternom planu. Pre svega, omogućena je automatizacija komunikacije, korišćenjem alata za komunikaciju baziranih na tehnologijama veštačke inteligencije, mašinskog učenja, i *cloud* tehnologija čime se postiže efikasnost obavljanja procesa komunikacije, i dovodi do mogućnosti istovremenog komuniciranja na povećanom obimu kanala za komunikaciju (omni kanal komunikacija). Povećan obim komuniciranja kompanije doveo je do razvoja softvera koji uprošćuju proces komunikacije omogućujući dvadesetčetvoročasovnu dostupnost, automatski rad i rutinsko obavljanje zadatka. Jedan od najrasprostranjenijih alata u ovom domenu predstavljaju *chatbot*-ovi, koji su sve češće zastupljeni u kanalima komunikacije integrisanih marketinških komunikacija (IMK) savremenih poslovnih sistema. Iako se tehnologija *chatbot*-a, odnosno kompjuterski programi pod ovim nazivom pojavili 1966. kao deo *CMC* (*computer mediated communications*) projekta sa ciljem uspostavljanja veze između čoveka i mašine, dominantnu primenu u domenu komunikacije kompanija sa okruženjem stiče sa pojavom interneta, naročito sa ekspanzijom društvenih mreža. Konverzijski *chatbot* kanali kompaniji omogućavaju brzu komunikaciju automatizujući proces, pa se primenjuju u različitim procesima u domenu e- prodaje, konsaltinga, marketinga, i istraživanja, omogućavajući, između ostalog, automatizovanu komunikaciju kroz uniformisane odgovore na rutinska pitanja. Pored *chatbot*ova, sastavni deo kanala integrisanih marketinških komunikacija kompanije u digitalnom okruženju predstavljaju društvene

mreže, koje osim uspostavljanja imidža kompanije u javnosti, mogu da pruže značajne podatke o tržištu, ciljnoj grupi putem analitike, o čemu će više reči biti u nastavku rada, u odeljku o eksternoj komunikaciji.

Pored automatizacije i olakšanog povezivanja, presudan uticaj tehnologija na proces korporativnih komunikacija ogleda i u domenu upravljanja podacima, praćenju, analizi i korišćenju podataka, a pod uticajem COVID-19 pandemije i velike migracije podataka u *cloud* okruženje, dodatno se ističe i značaj korišćenja tehnologija u čuvanju podataka. Analiza podataka zasnoviva se na alatima veštačke inteligencije i primeni CRM platformi (*customer relationship management*), koji omogućavaju personalizovanu komunikaciju, koja je jedan od imperativa poslovnih komunikacija savremene doba sa tendencijom rasta. Prema istraživanju *Forrest consulting*, *Sales Force* kompanije, do 2023. će 79% globalnih organizacija koristiti CRM automatizovane alate na bazi veštačke inteligencije, koji omogućavaju prilagođenu komunikaciju. [4]

Pojava CRM platformi dovela je do evolucije marketinških komunikacija u direktnom marketingu, proširujući perspektivu sa ograničenog karaktera operativnog marketinga na doprinos i primenu u poslovnoj strategiji firme. Možemo zaključiti da je CRM tržišno orijentisana strategija digitalne doba, u službi marketinga, komunikacije i prodaje, koja je doživela ekspanziju isključivo zahvaljujući Informaciono-komunikacionoj tehnologiji, jer bi inače bilo nemoguće prikupiti i upravljati velikim količinama podataka sa svih kanala, koje kompanije u digitalnim komunikacionim strategijama koriste u izgradnji odnosa brenda i kupaca. [5]

Značaj implementiranja tehnoloških inovacija na polju komunikacija se pored uprošćavanja operativnih aspekata komunikacije, ogleda i na polju efektivnijeg upravljanja odnosima sa javnošću kompanije, obezbeđujući nove načine analize i praćenja podataka, kao i personalizovanu komunikaciju.

Kako su odnosi sa medijima od ključne važnosti za upoznavanje javnosti [6], uvođenje inovacija u ovom domenu predstavlja značajnu stavku u digitalnoj komunikacionoj strategiji kompanija. Ulaskom veštačke inteligencije u kognitivno doba, omogućeno je duboko učenje (*deep learning*), koje kompanije primenjuju prilikom analize podataka. [7]. Podaci dobijeni ovim putem se koriste u svrhe marketinga, upravljanju ljudskim resursima u kompaniji, kao i boljem razumevanju klijenata i krajnje, izgradnji i održavanju dugoročnih odnosa sa korisnicima.

3. INTERNA KOMUNIKACIJA

Interna komunikacija predstavlja komunikaciju između svih učesnika koji čine organizacionu jedinicu ili

preduzeće, pa se stoga upoređuje sa mrežom koja omogućava ujedinjenje organizacione jedinice. Kao alat za upravljanje, interna komunikacija pomaže u otkrivanju, uspostavljanju i održavanju odnosa između menadžmenta organizacije i njenih zaposlenih. [8]

Komunikacija je veština koju je potrebno stalno usavršavati [9], a uvođenje digitalnih alata omogućilo je brži razvoj internih kanala komunikacije, time direktno utičući da formiranje percepcije o organizaciju u svesti zaposlenih, kao i efikasnoj, nesmetanoj i efektivnijoj razmeni informacija unutar sistema, unapređujući tokove poslovne komunikacije.

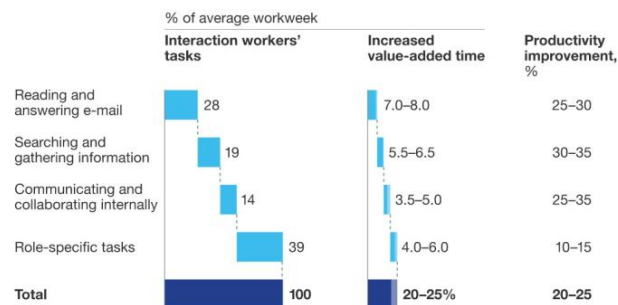
Uticaj pandemije COVID-19 je istakao značaj bezbednosti i čuvanja mreže komunikacija, kao i podataka unutar firme, pa je za kompanije koje posluju sa velikom količinom podataka i poseduju veliki broj konekcija uvođenje sopstvene VPN mreže postalo imperativ. Sa prelaskom poslovanja u cloud okruženje, koje karakteriše savremene poslovne sisteme istaknuta je sve veća opasnost od sajber napada. Slanje lažnih takozvanih *phishing mail-ova*, širenje dezinformacija, zloupotreba podataka, obustavljanje poslovnih operacija, krađa poverljivih informacija kompanije (DDoS napadi) su samo neki od zabeleženih oblika sajber napada tokom pandemije,

Pojava nelegitimnih komercijalnih softvera za komunikaciju u javnom globalnom digitalnom prostoru, dovode do zahteva za kreiranje sopstvene mreže komunikacija, i nameću potrebu za inkluzivnim kanalima interne komunikacije kompanije pa organizacije čiji su procesi digitalizovani takođe poseduju zatvorene interne portale povezane sa IP adresom i kompanijskim domenom, kao i zaštićene aplikacije i platforme koje olakšavaju komunikaciju i mogu pronaći primenu u operativnim zadacima u kompaniji, poput internih servisnih aplikacija za poručivanje opreme za rad, praćenje učinka zaposlenih, korišćenje digitalizovanih ID karica za kretanje unutar objekta firme i dr.

Jedna od rastućih tendencija u promeni organizacione strukture kompanija koja je nastala pod okriljem četvrte industrijske revolucije je poslovanje sa udaljenih lokacija, a biva omogućena zahvaljujući komunikaciji na daljinu. Ovakav trend nameće dodatne potrebe za razvojem hardvera i softvera koji će ovu komunikaciju učiniti bezbednom, brzom i efikasnom. Koliki je značaj adekvatnog i agilnog odgovora i digitalne spremnosti na polju komunikacija u informatičkom društvu, pokazalo se sa pojavom globalne pandemije koja je istakla zahteve za masovnu organizaciju rada od kuće, i time unela korenite promene u organizacionoj i komunikacionoj strukturi kompanija.

U aspektu svakodnevne razmene informacija između zaposlenih, poslovanje u *on-line* okruženju postavilo je zahteve za uvođenje novih oblika hardvera za kvalitetan

prenos video poruka na daljinu (pametni projektori, 360 stepeni kamere koje prate pokret predavača), kao i novih kanala koji se koriste u svakodnevnoj poslovnoj komunikaciji. Primeri nekih od dostupnih kanala za organizaciju podataka i upravljanje projektima zasnovanih na digitalnom prenosu informacija su *slack* kanali, *Google drive*, *Microsoft Share point*, dok su za razmenu informacija najpopularniji kanali poput *zoom*, *Microsoft teams*, *skype for business*, uz sopstvene interne kanale kompanije (interni portal, newsletter, interne aplikacije za zaposlene). Digitalizovana komunikacija u kompaniji, pored efikasnosti u obavljanju poslovnih procesa, dovodi i do povećanja produktivnosti zaposlenih. Prema istraživanju koje je McKinsey sproveo 2012. godine komunikacija putem digitalnih kanala komunikacije može povećati produktivnost do čak 25% u svakodnevnom obavljanju komunikacionih aktivnosti poput odgovaranja na *e-mail*, prikupljanja i istraživanja potrebnih informacija za rad na projektu, kao i konverzaciji sa kolegama.



Source: International Data Corporation (IDC); McKinsey Global Institute analysis

Slika 1. Uticaj digitalnih alata u komunikaciji na uvećanje produktivnosti u komunikaciji zaposlenih

Izvor: McKinsey Global Institute analysis

4. EKSTERNA KOMUNIKACIJA

Jedan od najvidljivijih aspekata komunikacije kompanije u digitalnom okruženju se odnosi na domen eksternih komunikacija. Sa pojavom interneta ostvarene su nove mogućnosti komunikacije, kako u vidu kreiranja sadržaja, tako i dostupnosti informacija i povezivanju kompanije sa okruženjem. "Poslovanje kompanija u savremenom svetu postaje nezamislivo bez korišćenja novih tehnologija, pre svega Interneta, koji mnogi smatraju zasebnim medijem, sve više prožima tradicionalne oblike komunikacije preteći da ih u potpunosti zameni" [11]

Korporativna komunikacija putem interneta je postala imperativ u kreiranju strategije komunikacija u svremenom poslovnom okruženju i globalnim uslovima poslovanja. Svedoci smo sve veće primene i značaja korišćenja kanala društvenih mreže u svrhe korporativne komunikacije, u domenu nastupa kompanije u javnosti,

istraživanja javnosti, kao i održavanja odnosa sa korisnicima. Društvene mreže posredovane internetom podrazumevaju on-lajn interakciju između pojedinaca, grupa, celokupnih organizacija ili društava. [12]

Moguće je reći da je uspeh društvenih mreža doveo do toga da postanu glavni kanal komunikacije kompanije u okviru odnosa sa javnošću, dok je uticaj tradicionalnih medija koje kompanije koriste u komunikaciji sa eksternom sredinom u potpunosti zanemaren. [13] Značaj korišćenja društvenih mreža takođe se nalazi u mogućnosti ostvarivanja direktne, dvosmerne komunikacije sa korisnicima, čime se obezbeđuje kvantitativniji i kvalitativniji obim podataka, a samim tim i uvid u tržište i preferencije ciljne grupe u odnosu na tradicionalne oblike jednosmerne komunikacije, pre pojave interneta.

Zahvaljujući tehnološkim inovacijama kompanijama su olakšani procesi prikupljanja i analize podataka, kao i kvalitetnije formiranje odnosa sa ključnim učesnicima u komunikaciji. IKT obrađuju veliku količinu podataka u okviru koncepta marketing inženjeringa, pomoću kojeg prate preferencije i zahteve potrošača, kao i poslovnih partnera, i drugim ključnim delovima javnosti. Korporativne komunikacije posredstvom tehnologija pružaju konkurentsku prednost zahvaljujući dodatnim mogućnostima personalizovanja usluge, odnosno prilagođavanje komunikacije korisnicima ili klijentima, baziranoj na analizi prikupljenih podataka. U ovom smislu, dominantnu ulogu imaju alati bazirani na veštačkoj inteligenciji, kao i razvoj i dostupnost e-platформи za upravljanje odnosima sa kupcima (CRM i CX)

Upravljanje odnosima sa kupcima (*customer relationship management*) predstavlja pristup u upravljanju koji je orijentisan na kreiranje, razvoj i poboljšanje odnosa sa targetiranim korisnicima, u svrhu maksimizacije vrednosti odnosa. Nastao je kao posledica brojnih trendova u eksternim komunikacijama, kao što je pomeranje poslovnog fokusa sa transakcionog na relacioni marketing, odnosno isticanje vrednosti odnosa kao jedan od osnovnih ciljeva komunikacije. [14] Veća upotreba tehnologija u upravljanju i maksimizaciji vrednosti informacija je posledično dovela i do modernog oblika CRM-a, zasnovanog na digitalnim alatima. Pojava novog oblika elektorskih sistema u komunikaciji (e-CRM) omogućila je kompanijama prednosti na planu organizacije prikupljenih podataka, uz bolju učinkovitost marketinških kampanja, usmerenih ka specifičnim potrebama korisnika.

Interaktivne tehnologije u sferi komunikacija pronalaze najrasprostranjeniju primenu u domenu digitalnog marketinga, koji se odnosi se na promovisanje proizvoda ili usluga posredstvom interneta, mobilnih telefona ili drugih interaktivnih kanala komuniciranja sa potrošačima. [15]

Pojaва elektronskih sistema za upravljanje odnosima sa korisnicima i kreiranje interaktivnih sajtova predstavlja

ključna sredstva za komunikaciju u digitalnom okruženju, pa će adekvatno planiranje dovesti do povoljnijih rezultata u eksternom nastupu kompanije. Ovakav vid komunikacije koji je baziran na bazama podataka dovodi do postizanja dugoročnih odnosa i vernosti korisnika, kao nekim od ključnih ciljeva eksterne komunikacije.

Prema Gartnerovoj studiji iz 2019. godine koja je obuhvatila preko 600 marketinških menadžera, prikazano je da je najveće ulaganje na polju integracije tehnologije i marketinških komunikacija zabeleženo u domenu poboljšanja korisničkog iskustva (CX) i uvođenja novih tehnologija u sferi personalizacije. Čak 29 procenata ukupnih troškova marketing budžeta usmereno je u tehnološke inovacije i platforme bazirane na digitalnim alatima, čineći ovu sferu najvećim udelom u investicijama marketinških resursa kompanije. [16]

Navike korisnika u informatičkoj eri su se promenile u odnosu na eru tradicionalnog marketinga, pa današnji korisnici imaju veću ulogu u kreiranju sadržaja. Direktna komunikacija i transparentnost koju nudi komuniciranje na kanalima društvenih mreža (*Facebook, LinkedIn, Instagram*), omogućavaju vidljivost povratne reakcije korisnika, što direktno utiče na poboljšanje odnosa sa korisnicima i formiranje brenda u javnosti.

Prema Gartnerovom istraživanju iz 2017, koje je obuhvatilo preko 300 lidera u marketingu, najveći procenat ulaganja u sferi marketinških eksternih komunikacija je zabeležen u sferi investicija u interaktivne sadržaje, digitalno oglašavanje, i kvalitetne vizuelno privlačne interaktivne sajtove kako bi se u narednom periodu postigla veća satisfakcija korisnika. [17]

Imajući u vidu nove navike potrošača sve je izraženija potreba korisnika za aktivnim učestvovanjem u komunikaciji, i vizuelom kreiranju sadržaja putem virtuelne i proširene realnosti, pa velike kompanije prate ovaj trend u komunikacijama kako bi se pozicionirale kao poželjni poslodavac ili klijent, u svesti mlađih korisnika (generacija Y i generacija Z). Globalne kompanije poput Instagrama, su svojim korisnicima ponudile kreiranje sopstvenih virtuelnih maski i filtera na bazi AR tehnologije, u saradnji sa Spark Cognition kompanijom, koja je ovaj softver učinila dostupnim i besplatnim svim kompanijama, koje ga najčešće koriste prilikom komunikacije u digitalnom marketingu, implementirajući oznake svojih brenda

5. ZAKLJUČAK

Komunikacione tehnologije su jedan od ključnih pokretača digitalnog razvoja, kao i generator promena u organizaciji poslovnih procesa savremenih kompanija. U trenutnim globalnim okolnostima, zavaljujući povezanosti putem informacionih tehnologija omogućena je nesmetano

obavljanje poslovnih procesa, uz razmenu informacija i komunikaciju sa udaljenih lokacija.

Prilagodjavanje i implementacija tehnoloških inovacija na polju komunikacije sa okruženjem se ogleda kako u automatizaciji operativnih procesa, tako i u boljem upravljanju podacima, odnosno novim mogućnostima za prikupljanja, analizu i obradu podataka, zatim strateško donošenje odluka, kao i prednosti na planu dugoročnog formiranja i održavanja odnosa sa internim i eksternim učesnicima u komunikacionoj strukturi kompanije.

LITERATURA

[1] Morse, Samuel, "First Telegraphic Message," 24 May 1844. Courtesy of Library of Congress

[2] Rainie, H. and Wellman, B. (2012) Networked: The New Social Operating System. MIT Press, Cambridge.

[3] 2030 Digital Compass: the European way for the Digital Decade, Brussels, 9.3.2021 COM(2021) 118 final

[4] <https://www.salesforce.com/resources/research-reports/state-of-crm/>

[5] Luigi Caricato, CRM and Corporate Communication, SYMPHONY Emerging Issues in Management, n. 2, 2006

[6] Scott M. Cutlip, Allen H. Center, Glen M. Broom, 2003).

[7] Geoffrey E. Hinton and Simon Osindero, Department of Computer Science University of Toronto, A fast learning algorithm for deep belief nets, 2006

[8] Chen, N. Internal/Employee Communication and Organizational Effectiveness: a study of Chinese corporations in transition, Journal of Contemporary China, 2008

[9] Novak-Ištók, M. (2012) Nekvalitetna komunikacija u organizaciji, Poslovni savjetnik, 22

[10] COVID-19 Cybercrime Analysis Report - INTERPOL, Avgust 2020.

[11] Garibanović, D. Anđelić, S. Papić, M. „Interakcija tradicionalnih medija i interneta kao osnov opstanka medijskih kompanija na lokalnom i regionalnom nivou“, Stručna konferencija Trenovi u poslovanju 2019, Visoka škola strukovnih studija Prof. dr Radomir Bojković, Kruševac, 2019.

[12] Mangold, Glynn W., Faulds, David J. (2009): Social media: The new hybrid element of the promotion mix, Business Horizons, Vol. 52 (4), pp.357-365.

[13] Khang, H., Ki, E. J., & Ye, L. (2012). Social media research in advertising, communication, marketing, and

public relations, 1997–2010. Journalism & Mass Communication Quarterly, 89(2), 279-298.

[14] Customer Relationship Management (CRM): A Technology Driven Tool Dr. Mallika Srivastava, 2012.

[15] Egan J. 2011. Relationship marketing, exploring rational strategies in marketing, fourth edition, Prentice Hall, Pearson, str. 256

[16] <https://www.gartner.com/en/marketing/research/cmo-spend-survey-2019-2020/> 01.10.2019.

[17] <https://www.gartner.com/en/marketing/insights/articles/gartner-cmo-spend-survey-2016-2017-shows-marketing-budgets-continue-to-climb/> 10.06.2017.

UNAPREĐENJE SISTEMA ODRŽAVANJA POMOĆNE MEHANIZACIJE I KONCEPT PAMETNOG RUDARSTVA

IMPROVEMENT OF AN AUXILIARY MACHINERY MAINTENANCE SYSTEM AND THE CONCEPT OF SMART MINING

Vladimir Simeunović¹, Dragan Stošić¹, Žarko Mišković², Snežana D. Pantelić¹, Sonja Dimitrijević¹, Filip Todorović³, Radivoje Mitrović²

¹*Institut „Mihajlo Pupin“, Beograd*

²*Mašinski fakultet, Univerzitet u Beogradu*

³*Ogranak TE-KO Kostolac, EPS, Kostolac*

Sadržaj – Rad prezentuje unapređenje sistema održavanja pomoćne mehanizacije u rudarstvu ogranku JP EPS, TE-KO Kostolac. Unapređen sistem je obezbedio efikasniju i troškovno racionalnu podršku radu osnovne rudarske mehanizacije. Konkretnije, značajno su podignuti nivo raspoloživosti i nivo gotovosti, kao i nivo parametara pouzdanosti sistema. U tu svrhu, primenjena su savremena tehnička znanja, procesni pristup, nove IKT tehnologije, kao i pojedini elementi pametnog rudarstva (Industrije 4.0). Rad takođe analizira mogućnosti dalje primene pametnog rudarstva u sistemu održavanja u cilju adresiranja različitih izazova kao što su izazovi produktivnosti, bezbednosti, ekologije i zaštite životne sredine.

Abstract – This paper presents an improvement of the maintenance system of auxiliary machinery in mining in the branch of JP EPS, TE-KO Kostolac. The improved system has provided more efficient and cost-effective support to the operation of basic mining machinery. More specifically, the levels of system availability and readiness, as well as the level of system reliability, have been significantly raised. To this end, modern technical knowledge, a process approach, new ICT technologies, as well as certain elements of smart mining (Industry 4.0) have been applied. The paper also analyzes the possibilities of further application of smart mining in the maintenance system in order to address various challenges such as those of productivity, safety, ecology and environmental protection.

1. UVOD

Zajedničko istraživanje saradnika sektora Pomoćne mehanizacije Termoelektrana i kopova, Kostolac („TE-KO“), ogranka Elektropriovrede Srbije („EPS“), Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu i Instituta „Mihajlo Pupin“, Beograd, dovelo je do realizacije i implementacije informacionog sistema/ sistem informacionih i komunikacionih tehnologija (IS/IKT sistem) pomoćne mehanizacije (ISPM) na površinskom kopu uglja TE-KO. U ovom radu je prezentirano unapređenje sistema upravljanja sistemom održavanjem rezervnim delovima mašina i održavanja pomoćne mehanizacije u rudarstvu ogranku JP EPS, TE-KO Kostolac. Takođe, u svetu je sve prisutniji koncept pametnog rudarstva, baziran na Industriji 4.0 koju su lansirale najrazvijenije industrijske zemlje u svetu, i danas otišle najdalje u njenoj primeni.

U sklopu poboljšanja procesa upravljanja održavanja pomoćne mehanizacije koju čine: buldožeri, skiperi,

rovokopači, dizalice, terenska i putnička vozila i druge mašine i vozila, postavljeni su ključni indikatori performansi (KPI) procesa.

U radu, u poglavlju 2, dat je opis sistema održavanja PM U poglavlju 3 opisan je korišćenja i praćenja rezervnih delova u sistemu održavanja. Sagledavanje koncepta pametnog rudarstva u upravljanju održavanja i rezervnih delova je opisan u poglavlju 4. je predstavljen Koncept pametnog rudarstva, a u poglavlju 5. prikazan je Razvijen model IS/IKT sistema pomoćne mehanizacije koji je baziran na savremenim informaciono komunikacionim tehnologijama za potrebe održavanja je predstavljen u poglavlju 6. su data Zaključna razmatranja, dati su dalji pravci unapređenja postojećeg IS/IKT sistema prevođenjem u model pametnog rudarstva.

2. SISTEM ODRŽAVANJA PM

Sistem održavanja mašina i vozila PM na površinskom kopu uglja obuhvata:

- korektivno održavanje na terenu, u radionicama PM TE-KO-a i kod "trećih lica"
- preventivno održavanje u radionicama PM TE-KO-a i kod "trećih lica" i to:
 - a) (redovne) servise,
 - b) prema stanju,
 - c) na bazi pouzdanosti,
- kombinovano (preventivno i korektivno) održavanje u radionicama PM TE-KO-a i kod "trećih lica".

Polazeći od cilja Projekta da će "Unapređeni sistema održavanja mašina i vozila PM" biti efikasn i troškovno racionalna podrška radu osnovne mehanizacije baziran na povišenju raspoloživosti i gotovosti i uopšte unapređenju parametara pouzdanosti, primenjena su savremena tehnička znanja i nove tehnologije u održavanju mašina i vozila, kao i sledeći savremeni pristupi i tehnologije u upravljanju poslovnim sistemima:

- Poslovna procesna organizaciona struktura (izvršenja poslova operativnog rada i održavanja);
- Informacioni sistemi (sa aplikativnim softverima i hardverom);
- Sistem GPS/GPRS informaciono komunikacionih tehnologija (za praćenje parametara rada mašina i vozila: pozicija, gorivo, rad motora, pređeni put,...),
- Elementi Sistema kvaliteta.

U cilju unapređenja sistema održavanja mašina i vozila PM u fazi razvoja i projektovanja sistema održavanja primenjeni su savremeni procesni pristup, savremene informacione tehnologije (IS/IKT), elementi sistema kvaliteta i elementi

zaštite životne sredine u sistemu održavanja pomoćne mehanizacije (PME).

Sistem održavanja mašina i vozila PM na površinskom kopu uglja se posmatra kao tehnički i kao poslovni sistem.

Za mašine i vozila pomoćne mehanizacije razvijene su i projektovanje koncepcije održavanja:

- Preventivno:
 - a) **Servisi** sprovodiće se u redovnim vremenskim intervalima i intervalima jedinica rada, prema preporuci proizvođača mašina i vozila.
 - b) **Tehnički pregled vozila** sprovodiće se prema zakonskim vremenskim intervalima.
 - c) **Kontinualno praćenje stanja mašina i vozila- Održavanje** prema stanju za mašine i vozila sa odgovarajućom dijagnostičkom opremom primenjivaće se kontinualno praćenje njihovog stanja.
 - d) **Održavanje prema pouzdanosti (OPP)** je metodologija koja je zasnovana na postavkama teorije pouzdanosti i sistemskim naukama u celini. Održavanje prema pouzdanosti zahteva i poznavanje karakteristika pouzdanosti. Za obezbeđenje potrebnih i dovoljnih podataka o karakteristikama pouzdanosti mašina i vozila potrebno je značajno vreme. U tom smislu, sprovođenje Održavanja prema pouzdanosti bi, uz znatne napore, moglo da se sprovodi tek za dve do tri godine.
- Korektivno:
 - a) intervenciju (održavanje) na terenu-kopu i
 - b) održavanje u radionici.
- Kombinovano održavanje čine preventivno i korektivno održavanje.

Održavanje kod "trećih lica" (u spoljnom servisu/radionici) sprovodiće se za mašine i vozila:

- u garantnom roku (po kupovini)
- van garantnog roka i
- laboratorijske usluge (kontrola ulja, goriva, hemijski sastav materijala koji se koriste u održavanju, kao i metala (nanotehnologije)).

Menadžment procesi: procesi planiranja, kontrole, odlučivanja i rukovođenja su: Planiranje i upravljanje održavanjem, Upravljanje kvalitetom, Upravljanje IS (podacima i informacijama), Merenje, analiza i poboljšanja.

Pokazatelji ključnih performansi poslovnih procesa (KPI) u projektovanom integrisanom modelu Održavanje vozila (na pr. podaci koji se odnose na KPI Povišenje raspoloživosti voznog parka) su jedan od ključnih elemenata za kontinuirano unapređenje obuhvaćenih poslovnih procesa i održivost sistema. To se obezbeđuje skupom podataka i informacija za donošenje poslovnih odluka za operativni i vrhovni menadžment preduzeća, podržanih savremenim IS/IKT.

Tehnologija održavanja za mašine/vozila pomoćne mehanizacije je definisana od strane proizvođača u smislu sprovođenja preventivnog održavanja, odnosno servisa po određenom vremenu-jedinice rada mašina/vozila. Međutim, i pored propisanih servisa (mali, srednji, veliki, generalna) mašine/vozila se održavaju i korektivno, po nastanku otkaza. U skladu sa navedim tehnologija održavanja mašina/vozila pomoćne mehanizacije obuhvata sledeće postupke održavanja:

- osnovno održavanje od strane rukovaoca,
- preventivne periodične preglede, bez posebnih instrumenata,
- kontrolne preglede, u skladu sa zakonom (na primer tehnički pregled, pregled tahografa)
- podmazivanje delova mašina/vozila,
- tehnička dijagnostika (utvrđivanje stvarnog stanja sistema) pod uslovom da održavanje u TE-KO-u poseduje odgovarajuću dijagnostičku opremu,
- preventivne periodične zamene delova (propisane od strane proizvođača u okviru određenih servisa),
- popravljane i obnavljanje istrošenih delova,
- preventivne periodične opravke (profilakse) – male i srednje,
- generalne periodične opravke,
- preuzimanje nove mašine.

Značajna podrška za uspešno i kvalitetno održavanje je i posedovanje potrebne i dovoljne dokumentacije od proizvođača mašina i vozila. Ovo se posebno odnosi na propisano preventivno održavanje (sprovođenje operacija održavanja sa zamenom delova u okviru određenog servisa), ali i na korektivno održavanje.

3. SISTEM REZERVNIH DELOVA

Polazeći od cilja upravljanja rezervnim delovima-R/D je da se obezbede R/D za uspešno održavanje mašina i vozila na površinskom kopu uglja. To znači da je neophodno za sprovođenje održavanja mašina/vozila da se blagovremeno obezbedi i skladišti R/D u magacinima pomoćne mehanizacije: 09 Magacin pomoćne mehanizacije Drmno, 10 Magacin goriva i maziva Drmno, (05 Magacin delova Čirikovac). Cilj unapređenja upravljanja R/D je da se unapredi ovaj proces, kako bi se efikasnije i efektivnije koristili R/D za održavanje mašina/vozila, uz smanjenje troškova. Ovim se obezbeđuje ciljna raspoloživost i gotovost mašina i vozila za obavljanje pomoćnih radova na površinskom kopu uglja.

U skladu sa ciljem unapređenja upravljanja sistemom R/D razvoj i projektovanje (procesnog pristupa sa podrškom IS/IKT i FIS-a) unapređenja upravljanja Sistemom R/D mašina i vozila PM na površinskom kopu obuhvata:

- A) Pripadnost R/D sistemu, sklopu, podsklopu mašine/vozila
 - definisanje i implementacija pripadnosti R/D (sa određenim atributima) sistemu, sklopu, podsklopu mašine/vozila u sistem upravljanja R/D,
 - pregled stanja R/D u magacinima PM na osnovu:
 - pripadnosti R/D mašini/vozilu,
 - kataloškog broja
 - FIS broja.

- mašine/vozila,
 - pregled mogućnosti ugradnje nekog R/D u više mašina/vozila,
 - pregled svih R/D koji se nalaze u magacinima PM za jednu mašinu/vozilo,
 - unapređenje označavanja R/D za mašine i vozila PM u cilju njihovog efektivnijeg korišćenja u održavanju mašina i vozila PM.
- B) Održavanje mašina/vozila:
- pregled-pretraživanje R/D u magacinima Pomoćne mehanizacije po otvaranju radnog naloga za održavanje mašina/vozila PM na osnovu:
 - pripadnosti R/D sistemu, sklopu, podsklopu,
 - kataloškog broja, ili
 - mašine/vozila,
 - Izveštavanje o ugrađenim R/D u mašine/vozila-generisanje izveštaja o R/D utrošenih za održavanje mašina/vozila:
 - po broju komada i ceni R/D po svakoj vrsti, modelu i tipu mašine/vozila,
 - po broju komada i ceni R/D po svakoj mašini/vozilu,
 - po broju komada i ceni R/D po sistemu, sklopu, podsklopu delu za mašine/vozila,
 - napred navedeno po zadatom vremenskom intervalu.
- C) Evidentiranje i kontrola skinutih delova sa otpisanih i aktivnih (u koje se ugrađuje drugi R/D istih performansi i dimezija: na primer motor) mašina/vozila:
- svi skinuti delovi sa mašine/vozila pri otpisu i aktivnih mašina/vozila, ako po oceni komisije za otpis, mogu da se poprave stavljaju se pod kontrolu, odnosno skladište se u "Magacin za popravku", u suprotno skladište se u "Magacin otpisanih delova",
 - po popravci u radionici za održavanje R/D, ako se poprave, skladište se u "Magacin popravljenih R/D",
 - iz Magacina za popravku se, po potrebi održavanja mašine/vozila, isti ugrađuju u mašine/vozila.
- D) Određivanje karakteristika pouzdanosti R/D.
- U cilju određivanja karakteristika pouzdanosti za određene značajne R/D prati se dužina njegovog rada na mašini/vozilu.
- E) Formiranje novih magacina.
- Za delove koji se skidaju sa otpisanih i aktivnih mašina/vozila, a mogu se popraviti i ponovo ugraditi u mašinu/vozilo formiraće se novi magacini:
- Magacin za Popravku: gde se skladište delovi skinuti sa otpisanih i aktivnih mašina/vozila (za koje se proceni da se mogu popraviti i da mogu postati kružeći R/D);
 - Magacin Popravljenih R/D: delovi koji su popravljeni i pripremljeni za ugradnju u mašinu/vozilo;
 - Magacin Otpisanih delova: delovi koji nisu mogli da se poprave, ili su pri otpisu proglašeni za neupotrebljive;
- Magacin Priručni: delovi-materijal koji je stalno potreban radnicima u održavanju.
- F) Kružeći R/D.
- U cilju obezbeđenja R/D koje je nekada teško naći na tržištu, ili dužine trajanja tendera, ali i zbog drastičnog smanjenja troškova (prema iskustvu realizatora ovog projekta) nabavke R/D razvijen je i projektovan koncept "kružećih R/D": delovi skunuti-sa otpisanih i aktivnih mašina i vozila, popravljeni, ugrađeni u operativne mašine i vozila što podrazumeva:
- skidanje sa otpisanih mašina/vozila delova (agregata, sklopova, podsklopova, delova),
 - procenu Komisije za otpis mašine/vozila o mogućnosti popravke određenih delova, koji mogu "postati" R/D;
 - skladištenje procenjenih delova za popravku u "Magacin za popravku" (pod uslovom da je procenjeno da se ne isplati istu(o) mašinu/vozilo dalje popravljati),
 - popravljane dela iz "Magacina za popravku", sada R/D za ugradnju, ako je potrebno, i "novih R/D" u R/D koji se popravljaju,
 - otpis dela, ako se u radionici utvrdi da isti nije moguće popraviti,
 - skladištenje popravljenog, sada, R/D u "Magacin popravljenih R/D",
 - ugradnju u operativnu mašinu/vozilo.
- G) Procesni pristup
- Unapređenje upravljanja R/D za održavanje mašina/vozila PM je razvijeno i projektovano na poslovnim procesima podrške upravljanju R/D, i to:
- Kvalitativni i kantitativni prijem R/D u magacin TE-KO-a, u skladu sa Sistemom kvaliteta;
 - Proces trebovanje i izdavanje R/D iz magacina zasnovano na otvorenom radnom nalogu za održavanje mašine/vozila;
 - Proces praćenja kružećeg R/D,
 - Procesu praćenje rada značajnog ugrađenog R/D,
 - Praćenje rada značajnog ugrađenog R/D (prva ugradnja) radi određivanja karakteristika pouzdanosti (a time i procene nabavke istog);
 - Praćenje kružećeg R/D, odnosno skinutog R/D - praćenje statusa R/D (tokom životnog ciklusa R/D – skinut, za popravku, popravljen, ugrađen, za otpis);
 - Evidentiranje i održavanje pripadnosti R/D (mašini, agregatu, sklopu, podsklopu);
 - Evidentiranje kružećih R/D u novim magacinima PM.
- H) IS/IKT
- Za napred navedene aktivnosti za unapređenje upravljanja sistemom R/D razvijen je i projektovan odgovarajući aplikativni softver za upravljanje sistemom R/D integrisan sa FIS-om TE-KO-a. Dakle, razvijen je i projektovan Informacioni Sistema za upravljanje Rezervnim Delovima-ISRĐ. Ova rešenja, zbog sveukupnog unapređenja rada i održavanja mašina i vozila PM je integrisana sa već razvijenim i implementiranim rešenjima - Informacionim sistemom PM (ISPME i GPS/GPRS) sistemom za praćenje mašina/vozila PM i drugih tehničkih parametara, ali i sa planiranim (u okviru ovog Projeketa) Informacionim sistemom PM održavanja-ISPĐO.

4. KONCEPT PAMETNOG RUDARSTVA

Industrija 4.0 je postala globalna strateška inicijativa naučno-tehnološkog razvoja, koju su lansirale najrazvijenije industrijske zemlje u svetu, i danas otišle najdalje u njenoj primeni. U suštini, to je novi model primene informaciono-komunikacionih sistema, zasnovan pre svega na njihovoj integraciji sa objektom primene (proizvodnja (BTO), transport, rudarstvo, ...), a radi podizanja kvaliteta proizvoda i usluga, brzine odgovora na zahteve kupaca i korisnika, fleksibilnosti proizvodnje i usluge i produktivnosti proizvodnje i vršenja usluga. Površinski kopovi i teška mehanizacija koja na njima radi, predstavlja specifične proizvodne sisteme, a u okviru ovog Projekta oni će biti postavljeni kroz model održavanja osnovne mehanizacije (bager i ostale mašine), prema održavanju po stanju kao sajber fizičkog sistema, a planiranje i upravljanje eksploatacijom se vrši prema ERP i MES modelu za Industriju 4.0 (cloud).

4.1 Upravljanje održavanjem radnih mašina

Trenutno saznanje kroz korišćenje OEE (**Overall Equipment Effectiveness**) i KPI-je o stanju da li je oprema u lošem operativnom stanju ili nedovoljno iskorišćena, omogućava menadžmentu da izvrši brze intervencije. Prosečno vreme između otkaza (MTBF) i prosečno potrebno vreme za popravku (MTTR), omogućava rudniku da izbegne neočekivane i skupe zastoje kroz proaktivno održavanje. Predstavljanje iznosa korektivnih, preventivnih i troškova održavanja pomaže da se otkrije koliko vremena i novca rudnik troši na aktivnosti održavanja. Dostupnost opreme pomaže da se utvrdi koliko dugo je oprema bila dostupna za rad tokom vremena proizvodnje. Ovo pomaže menadžmentu da utvrdi koja oprema obično nije dostupna i istraži osnovne razloge. Vreme ciklusa za posao koji se izvodi na mašini je važno za upravljanje učinkom proizvodnje. Prema tome, vreme potrebno za proizvodnju planirane količine uglja se izvodi sabiranjem raspoloživih kapaciteta radnih mašina sa planiranim radnim vremenom. Učinak se izračunava deljenjem stvarnih i planiranih količina uglja. Poznavanje vremena ciklusa mašine i performansi nije dovoljno ako nisu priložene informacije o kvalitetu iskopanog uglja. Dakle, informacije o kvalitetu postaju dostupne u rudniku tako što se porede količine kvalitetnog iskopanog uglja sa ukupnom količinom proizvedenog uglja. Posedovanje kvalitetnih informacija u realnom vremenu pomaže menadžmentu rudniku da upravlja realnim procesima proizvodnje.

2.5. Upravljanje rezervnim delovima

Implementacija izveštaja Industrije 4.0 omogućava rudniku da vidi važne informacije o svim rezervnim delovima, uključujući na primer gume i felne, kao što su: cena, vek ugradnje, prosečni kvar prema tipu i drugi važni atributi. Ove informacije pomažu da se rasvetli koliko dugo ugrađena guma ili felna, na primer

traju na vozilu. Poznavanje ove vrste informacija pomaže u optimizaciji procesa upravljanja zalihama rezervnih delova. Menadžment je dobro informisan o tome koje marke guma i felni traju duže od drugih i koliko novca se troši na ova sredstva. Izveštaj o gumama i felnama uključuje sledeće dodatne KPI: cenu gume po toni, cenu kvara po radnim satima, izgubljenu gazeću površinu, stopu habanja, iskorišćenost gazećeg sloja, kvar u odnosu na istrošenost i trošak habanja po toni.

5. IS/IKT SISTEM ZA ODRŽAVANJE I R/D

Glavni procesi upravljanja pomoćnom mehanizacijom se izvršavaju uz podršku IS/IKT sistema PM. Razvoj i projektovanje ISPMO je integrisan sa postojećim ISPME, odnosno, pored drugih obuhvata (na primer delimično i infrastruktura), obuhvaćeno je održavanje podataka opštih i tehničkih karakteristika mašina i vozila. To se odnosi na podatke o: mašinama/vozilima, radnicima i podatke opštih šifarnika (npr. pozicije mašina i vozila). Navedeni podaci su važni za integraciju podataka o radu mašina-vozila u sistem za praćenje PM, uz primenu GPS/GPRS tehnologija, kao i u sistem za upravljanje procesima operativnog rada – eksploatacije pomoćne mehanizacije (ISPME), kao i u budućem sistemu upravljanja održavanjem PM (ISPMO). Ovim je obuhvaćeno održavanje podataka o više skupova podataka koji se odnose na tehničke karakteristike mašina, radnike i grupe radnika koje rade na mašinama, po smenama i druge šifarnike.

5.1. Logička arhitektura ISPMO

Glavni procesi PM u održavanju-PMO su razvijeni i projektovani tako da se izvršavaju uz podršku sistema IS PMO koji obuhvata aplikativne softvere za podršku:

- glavnim poslovnim procesima:
 - a) Održavanje mašina/vozila
 - b) Usluge održavanja kod trećih lica
 - c) Troškovi održavanja (R/D, rad radnika u održavanju)
 - d) Merenje performansi procesa održavanja
 - e) Podrška godišnjem planiranju održavanja PM
 - f) Obezbeđenje određenih kvalifikacija radnika u održavanju
 - g) Informisanje za menadžment
 - h) Podrška upravljanju R/D,
- prezentaciju informacija na mobilnom uređaju
- integraciju sa drugim sistemima (postojeći IS/IKT)
 - a) ISPME (npr. opšti i tehnički podaci o mašinama i vozilima)
 - b) GPS/GPRS za praćenje lokacija mašina/vozila i pokazatelja rada
 - c) FIS (npr. podaci o R/D, podaci o R/D u magacinima PM).

IS/IKT podrška upravljanju R/D je razvijena i projektovana tako da obuhvata podršku aktivnostima sledećih poslovnih procesa sa podrškom aplikativnih softvera:

- evidentiranje i održavanje pripadnosti R/D (agregata, sklopa, podslopa, dela mašini/ vozilu (koji je integrisan sa FIS-om),

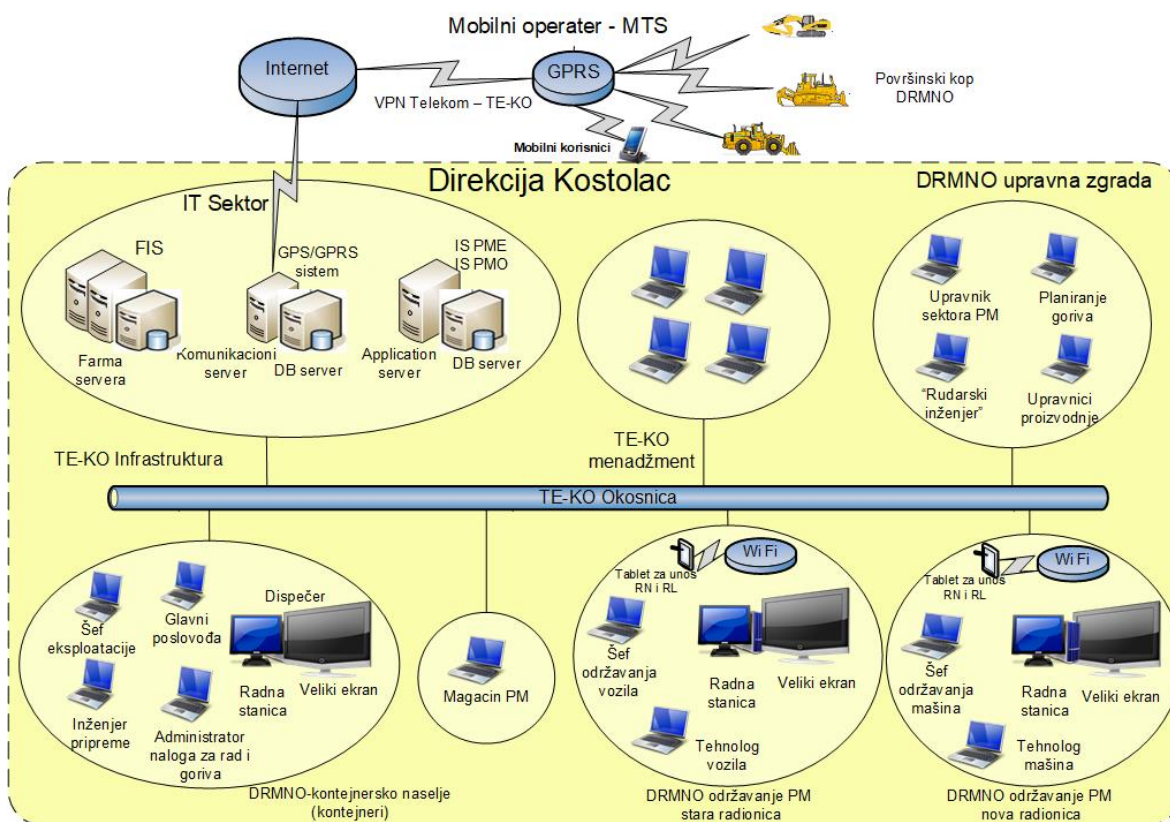
- praćenje „kružecih” delova sa mašine/vozila do ugradnje istih u mašinu/vozilo, kao i za otpis,
- evidentiranje ulaza i izlaza R/D u tzv. „nove magacine”,
- pregledi i izveštaji o R/D u tzv. “novim magacinima”.

5.2. Fizička arhitektura ISPMO u okviru ISPM

ISPM (sa obuhvatom ISPMO) je razvijen i projektovan kao jedinstvena infrastruktura IKT za ISPMO i ISPME koja se u potpunosti oslanja na TE-KO IKT infrastrukturu koju čini računarska i komunikaciona oprema. Komponente ISPMO se raspoređuju na više lokacija, u skladu sa fizičkom distribucijom poslovnih procesa održavanja i eksploatacije mašina i opreme PM:

- Direkcija Kostolac (TE-KO menadžment, IT sektor u kome je smeštena serverska i komunikaciona oprema),
- Drmno Upravna zgrada (radne stanice korisnika),
- DRMNO kontejnersko naselje (radne stanice opšte i specijalne namene),
- DRMNO održavanje PM – stara i nova radionica (računarske radne stanice za unos, pretraživanje i prikaz podataka, mobilni uređaji za pristup podacima ISPMO),
- Magacin PM (radne stanice),
- Površinski kop Drmno (komunikaciona oprema, GPS/GPRS uređaji na mašinama/vozilima, mobilni uređaji za pristup ISPMO),
- TE-KO okosnica (komunikaciona magistrala).

Fizička arhitektura ISPM je otvorena za dalja funkcionalna i tehnološka proširenja, u skladu sa potrebama daljeg razvoja Sistema.



Slika 1. Fizička arhitektura ISPMO

Na osnovu razvijenog i projektovanog rešenja unapredjenja sistema održavanja i rezervnih delova mašina i vozila PM sa podrškom IKT (Izveštaj br. MF 09.411/24) u ovom poglavlju prezentirana je realizacija i implementacija sistema održavanja i rezervnih delova u PM TE-KO-a.

6 ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Realizovani IS/IKT sistem PM obuhvata IS/IKT za podršku upravljanju sistemom održavanja pomoćne

mehanizacije (PMO), obezbeđujući dobijanje prave informacije u pravo vreme za definisani kontekst fleksibilnosti.

Realizacija i implemtacija obuhvatila su sledeća savremena tehnička znanja, nove tehnologije u održavanju mašina i vozila, kao i savremene pristupe i tehnologije u upravljanju poslovnim sistemima:

- Savremeni pristup upravljanja sistemom održavanjem mašina i vozla PM;
- Savremeni pristup upravljanja sistem rezervnih delova;
- Poslovnu procesnu organizacionu strukturu (izvršenja poslova operativnog rada i održavanja);

- Informacioni sistemi (sa aplikativnim softverima i hardverom);
- Sistem GPS/GPRS informaciono komunikacionih tehnologija (za praćenje parametara rada mašina i vozila: pozicija, gorivo, rad motora, pređeni put,...);
- Upravljanje na bazi raspoloživost mašina i vozila pomoćne mehanizacije;
- Upravljanje na bazi gotovost mašina i vozila pomoćne mehanizacije;
- Ocenu uspešnosti sistema održavnja na bazi gotovosti i troškova (eksploatacije) i održavanja mašina i vozila;
- Pouzdanost mašina i vozila pomoćne mehanizacije;
- Elementi Sistema kvaliteta.

ZAHVALNOST

Istraživanje prezentovano u ovom radu je delimično finansiralo Ministarstvo prosvete i tehnološkog razvoja Republike Srbije [451-03-68/2022-14/200034].

LITERATURA

- [1] Majstorovic, V., et al. Program - Advanced Industrialization of Serbia and Industry Policy, horizon 2020/2030, Mechanical Engineering Faculty, 2016.
- [2] Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRY 4.0, Securing the future of German manufacturing industry Final report of the Industrie 4.0 Working Group, April 2013. (<https://www.din.de/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf> - Accessed, Jan. 2020)
- [3] Bahrin, M., et al.: Industry 4.0: A Review on Industrial Automation and Robotic, Jurnal Teknologia (Sciences & Engineering), eISSN 2180-3722 (2016) 137 – 43. <https://doi.org/10.11113/jt.v78.9285>.
- [4] Wang, S., et al.: Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook, International Journal of Distributed Sensor Networks Volume 2016, Article ID 3159805, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2016/3159805>.
- [5] Dalenogare, L., et al.: The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance, International Journal of Production Economics, Volume 204, October 2018, Pages 383-394, <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.019>.
- [6] Hoosain, M. S., Paul, B. S., & Doorsamy, W. (2018, november). Constraint dependent, shortest path algorithms for real time vehicles movement in the coal mining industry towards Industry 4.0. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Pretoria / Johannesburg, South Africa.
- [7] Pantelić, S.D., Ivanović, G., Dimitrijević, S., Stošić, D., Stefanović, B., Đurić, R., „Procesni pristup upravljanju radom pomoćne mehanizacije na površinskom kopu uglja sa IKT podrškom“, Zbornik radova YUINFO 2012 - 18. konferencija o informacionim i komunikacionim tehnologijama, Kopaonik, (2012) 283-288.
- [8] 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.
- [9] Stošić, D., Pantelić, S., Dimitrijević, S., Ivanović, G., Stefanović, B., Ivanović, M., Stević D., „GPS/GPRS tehnologije u IKT sistemu upravljanja pomoćnom mehanizacijom na površinskom kopu uglja“, Zbornik radova YUINFO 2014 - 20. konferencija o informacionim i komunikacionim tehnologijama, Kopaonik, (2014)
- [10] Ivanović, G., Stošić, D. i dr., GPS/GPRS sistem pomoćne mehanizacije (PM) PD TE-KO, Mašinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Izveštaj br. MF 09.03-415/13, Beograd, 2013.
- [11] Mašinski fakultet, Beograd; Institut "Mihajlo Pupin" (2018), „Izdavanje maziva i tehničkih tečnosti“, Izveštaj br. MF 09.03-513/18.
- [12] Stošić, D., Pantelić, S., Simeunović, V., Ivanović, G., Ješić, P., Stević D., „Praćenje dolivanja goriva, maziva i tehničkih tečnosti na PK uglja Drmno podržano savremenim IKT“, Zbornik radova YUINFO 2019 - 25. konferencija o informacionim i komunikacionim tehnologijama, Kopaonik, (2019)
- [13] Simeunović V., Stošić D., Majstorović V., Pantelić S., Dimitrijević S. Todorović F., Mitrović R. „Razvoj modela industrija 4.0 na površinskom kopu uglja“, Zbornik radova YUINFO 2020 - 26. konferencija o informacionim i komunikacionim tehnologijama, Kopaonik, (2020)
- [14] Mitrović, R., „SRBIJA 4.0 - Budućnost koja se ne sme propustiti“, Zavod za udžbenike, Beograd, ISBN 978-86-17-19955-3, Beograd 2019.

ODNOS MENADŽMENTA KVALITETA, MARKETINGA I PREDUZETNIŠTVA U DIGITALNO DOBA

THE RELATIONSHIP BETWEEN QUALITY MANAGEMENT, MARKETING AND ENTREPRENEURSHIP IN THE DIGITAL AGE

Mladen Đurić¹, Anđela Mihailović¹, Jelena Ruso¹, Slobodan Antić¹

Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka¹

Sadržaj - U današnjem poslovanju, sve više je novih preduzetnika, koji žele da plasiraju svoje ideje na tržište. Kako bi to uradili, neophodno je da implementiraju menadžment kvaliteta, da bi njihove nove kompanije uspele da opstanu i napreduju, u sve dinamičnijem digitalnom poslovnom okruženju. Pored menadžmenta kvaliteta, osim visoko kvalitetnog proizvoda ili usluge, potreban je i marketing, kako bi se potencijalni korisnici upoznali sa novim proizvodom ili uslugom na tržištu. Kompanije koje imaju orijentaciju i na marketing i na menadžment kvaliteta su zapravo najefikasnije, imaju najviše profite i najveći broj lojalnih i novih korisnika, čije zadovoljstvo raste prilikom svake nove kupovine. Takođe, dobro su pozicionirani na tržištu i imaju prednost u odnosu na konkurentske kompanije koje poseduju samo jednu od ove dve orijentacije. Fokus ovog rada usmeren je na prikazivanje međusobnih odnosa marketinga, preduzetništva i menadžmenta kvaliteta u digitalno doba, prikazano je kako oni utiču jedni na druge, kao i njihov zajednički uticaj na zadovoljstvo korisnika i performanse kompanije.

Abstract – In today's business, there are more and more new entrepreneurs who want to place their ideas on the market. In order to do that, it is necessary for them to implement quality management, so that their new companies can survive and prosper, in an increasingly dynamic business environment. In addition to quality management, in addition to high quality product or service, marketing is also needed, so that potential customers are introduced to a new product or service on the market. Companies that are oriented to both quality management and marketing are actually the most efficient, have the highest profits and the highest number of loyal and new customers, whose satisfaction grows with each new purchase. Also, they are well positioned in the market and have an advantage over competing companies that have only one of these two orientations. The focus of this paper is on presenting the interrelationships of marketing, entrepreneurship and quality management in the digital age, showing how they affect each other, as well as their joint impact on customer satisfaction and company performance.

1. UVOD

Pritisak konkurencije u današnjem poslovnom okruženju, koje se sve više digitalizuje, inspirisao je mnoge organizacije da sa pristupa orijentisanog na proizvod, pređu na pristup orijentisan na tržište, u kojem zadovoljstvo korisnika predstavlja najviši prioritet.

Istovremeno, mnoge kompanije na pritisak konkurencije odgovaraju prihvatanjem koncepta menadžmenta totalnog kvaliteta i unapređenja kvaliteta, koji povezuju misiju, viziju i operacione principe te kompanije sa zadovoljavanjem zahteva korisnika. [1] Ovaj pristup menadžmenta kvaliteta takođe, ističe sposobnost organizacije da kontinuirano zadovoljava potrebe korisnika, uz ostvarivanje profita, uključujući sve članove organizacije

Implementacija menadžmenta kvaliteta je u skladu sa pristupom marketing menadžmenta, gde marketing menadžment zahteva generisanje tržišne inteligencije širom organizacije, što se odnosi na trenutne i buduće potrebe korisnika, širenje te inteligencije kroz sve sektore i na odgovor organizacije na sprovođenje generisanja. [2]

Procesi globalizacije i digitalizacije, koji preovlađuju na današnjem tržištu proizvodnje, imaju snažan uticaj na organizaciju posla. [3] Mnoge kompanije traže načine na koje bi mogle da povećaju vrednost svojih proizvoda prihvatanjem inovativnih strategija za kvalitet i proizvodnju bez defekata, koje u većini slučajeva uključuju savremene tehnologije. Kako današnje proizvodno okruženje postaje sve konkurentnije, većina preduzetnika u malim i srednjim preduzećima su pod velikim konkurentskim pritiskom jer je tržište sofisticiranije i potrebe i želje kupaca se često menjaju.

Cilj ovog rada jeste da prikaže kako danas, u doba kada je skoro svaki aspekt društva i tržišta digitalizovan, međusobni odnosi menadžmenta kvaliteta, preduzetništva i marketinga utiču na društvo, korisnike i sama preduzeća.

2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE ODNOSA MENADŽMENTA KVALITETA I MARKETINGA

Koncept kvaliteta u marketingu je jedan od najvažnijih područja u procesu upravljanja tržištem, marketingom, distribucionim kanalima, komunikacijom i promocijom. Kvalitet u marketingu sastoji se od niza marketinških aktivnosti, procedura i metoda, koje se zasnivaju na sposobnosti da se zadovolje definisane potrebe i zahtevi korisnika.

Potreba za ugradnjom koncepta kvaliteta u marketing je stalna, a kriterijum kvaliteta u marketingu podrazumeva sposobnost i spremnost da se odgovori na postavljeni zadatak i cilj, poštujući pravilo koje govori da je potrebno biti sa dobrim proizvodom ili uslugom na pravom mestu, u pravo vreme i sa pravom cenom. Smisao ovog koncepta

jeste da se prvo prepoznaju potrebe korisnika ili da se organizuju marketinške aktivnosti, metode i procedure, koje imaju za cilj da na racionalan i prepoznatljiv način istaknu sve prednosti proizvoda i pomognu pri njegovom plasmanu na tržište.

Obezbeđenje sistema kvaliteta u marketingu se može definisati kao planiranje i sistem organizovanja svih marketinških aktivnosti u cilju osiguranja da proizvodi ili usluge budu po zahtevima tržišta, odnosno merilima koja su navedena u deklaraciji o kvalitetu. S obzirom da je marketing čvrsto povezan i neposredno odgovoran za zadovoljenje potreba kupaca, odatle jasno proizilazi njegova povezanost sa obezbeđivanjem kvaliteta. Ovakav pristup obavezuje da svaka aktivnost marketinga, od planiranja do proučavanja lojalnosti kupaca, funkcioniše u određenom periodu vremena, kontinualno, prema osnovnim standardima i procedurama specifičnim za ovu funkciju. Takođe, primena koncepta sistema kvaliteta u marketingu doprinosi smanjenju operativnih troškova, usmerava marketinške aktivnosti ka kupcu i njegovim potrebama, protok informacija, unapređuje prodaju i produktivnosti i sveukupnu koordinaciju marketinga sa drugim aktivnostima na svim nivoima preduzeća.

Da bi se obezbedilo upravljanje kvalitetom u marketingu, neophodno je da se uvede obezbeđenje kvaliteta, koje predstavlja deo menadžmenta kvaliteta koji je usresređen na obezbeđivanje uverenosti u to da će zahtevi za kvalitet biti ispunjeni, u sve marketinške aktivnosti, politike i ciljeve, što znači da treba:

- definisati korisnika, kupca ili potrošača,
- analizirati i predvideti marketinške potencijale,
- razmotriti proizvodni program i programsku orijentaciju
- analizirati proizvodnju i cene, u skladu sa zahtevima i potrebama tržišta,
- analizirati postojeću organizaciju i način prodaje,
- analizirati način isporuke,
- analizirati način promocije i komunikacije sa tržištem i ostalim ciljnim grupama,
- analizirati i definisati usluge za kupca, implicitno i eksplicitno.

Način na koji se ostvaruje kvalitet u marketingu se menja u zavisnosti od promena u okruženju, pojave novih proizvoda i konkurenata, novih kupaca, novih standarda i novih marketinških istraživanja. Zbog toga je bitno da, pre nego što se pristupi uvođenju i primeni sistema kvaliteta, sam koncept bude razumljiv, jasan i prihvaćen od strane onih koji treba da ga primene. [4][5]

Menadžment kvaliteta potencijalno može doprineti efektivnosti implementacije marketinga u tri aspekta, tako što ima ulogu:

- unutrašnjeg integratora,
- spoljašnjeg integratora,
- pojačivača efikasnosti.

S druge strane, marketing može dodati suštinske vrednosti implementaciji menadžmenta kvaliteta kroz svoje funkcije lidera kvaliteta i prozora za kupce.

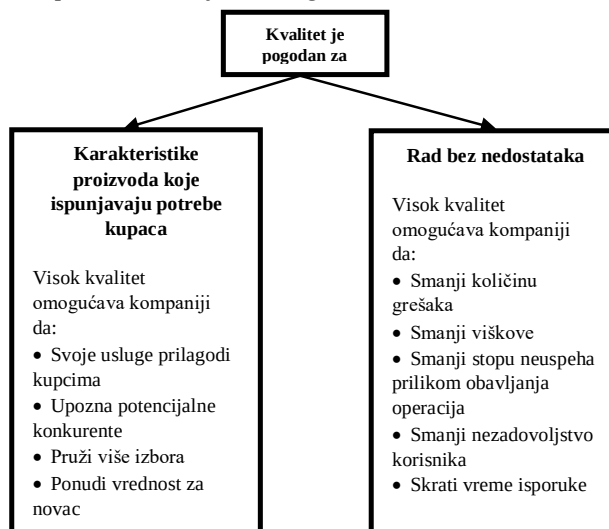
Menadžment kvaliteta i marketing dele koncepte zadovoljstva korisnika, interfunkcionalne koordinacije i kontinuiranih procesa poboljšavanja kako bi se sprovela uspešna implementacija. Kompatibilnost implementacije menadžmenta kvaliteta i marketinga doprinosi poboljšanju performansi cele organizacije.

2.1. PREGLED ODNOSA RELACIONOG MARKETINGA I MENADŽMENTA TOTALNOG KVALITETA

Jedan od najviših stepena razvoja marketing orijentacije predstavlja koncept relacionog marketinga, a njegov osnovni zadatak jeste usmeravanje ka izgradnji optimalnog nivoa odnosa, kako sa kupcima, tako i sa ostalim grupama koje čine mikrookruženje poslovnog sistema, a u značajnoj meri određuju uslove i kriterijume poslovanja u određenim situacijama. [6]

Da bi kompanija bila uspešna u relacionom marketingu, mora da ima blisku saradnju sa svojim dobavljačima i drugim članovima lanca snabdevanja, s obzirom da se vrednost koja se stvara, često pojačava izvan lanca vrednosti kompanije. [7]

Prihvatanjem da je relacioni marketing utemeljen na poverenju, može se pretpostaviti da visok nivo svesti o kupcima mora biti predstavljen kroz proces dostave proizvoda. Ovo bi moglo da omogući kupcima da dobiju ono što žele, onda kad to žele, a svaka dostava bi bila na željenom nivou, što bi bilo privlačno za korisnika i motivisalo bi ga da ostane veran kompaniji, a menadžment totalnog kvaliteta bi mogao da bude rešenje za operacionalizaciju ovakvog sistema. [8]



Slika 1. Značenje kvaliteta

Dostignuće da odlike proizvoda ispunjavaju potrebe korisnika i da isporuka proizvoda ili usluge bude izvršena bez nedostataka, pruža krucijalnu osnovu za uspešan

marketing. Nedostatak kvaliteta prilikom pružanja usluge može rezultovati gubitkom korisnika i smanjenom profitabilnošću. Da bi se takve situacije rešile, radnici u marketingu su u mogućnosti da koriste alate i tehnike koje nudi menadžment totalnog kvaliteta. [9]

U današnjem modernom okruženju, u kome je napredak tehnologije dostigao veoma visok nivo, sprovođenje relacionog marketinga i održavanje odnosa sa kupcima i dobavljačima je znatno olakšano.

3. OSNOVNE KARAKTERISTIKE ODNOSA PREDUZETNIŠTVA I MENADŽMENTA KVALITETA

Razlog zbog kojeg kompanije ne ostvaruju željene performanse kroz orijentaciju na preduzetništvo, jeste taj što zanemaruju ostale strategije i operacije. Orijentacija na preduzetništvo determiniše specifične strategijske odluke i alokaciju resursa [10], a njena efektivna primena zahteva usklađivanje sa operacionim konceptom kompanije. [11] Vizija preduzetnika, njihove sposobnosti i aktivnosti, same neće biti dovoljne za ostvarivanje uspeha, osim ako u organizaciji ne postoji filozofija menadžmenta kvaliteta [12].

Kako se sve više i više kompanija trudi da ostanu konkurentne na tržištu, koncepti i operacije menadžmenta kvaliteta dobijaju sve veću pažnju. [13] Pod pritiskom globalnog konkurentnog okruženja, sve je teže dostići i prestići svoje konkurente, a kako bi to uspele, kompanije usvajaju koncept menadžmenta kvaliteta i njegove principe i prakse. Zbog sve većih zahteva s kojima se mala i srednja preduzeća susreću, a koji su vezani za kvalitet, digitalizaciju poslovanja, cene i isporuku, najefektivniji način da se poveća samopouzdanje korisnika jeste kroz sertifikovani sistem menadžmenta kvaliteta [14].

Preduzetničke kompetencije, vizija i kultura, utiču na spremnost kompanije prilikom donošenja odluke da prihvati strategiju menadžmenta totalnog kvaliteta, kako bi našla balans između kvaliteta, digitalizacije poslovanja, troškova i isporuke [15], u pristupu kontinuiranog poboljšavanja i probijanja na tržištu [16]. Ove odluke su uglavnom povezane sa celokupnom konfiguracijom proizvodnog operacionog sistema, u pogledu ljudi, investicija i drugih resursa, poslovnih procesa i tehnologija, kao i radne rutine i organizacione kulture. [17] Odatle možemo zaključiti da prakse menadžmenta kvaliteta mogu pomoći preduzetnicima i menadžerima da organizuju njihove kompanije tako da je glavni interes da se poboljšaju operacione performanse i efikasnost proizvodnje, kako bi se dostigao najviši mogući status na globalnom tržištu i kako bi se prilagodili sve višem stemeni digitalizacije poslovanja. [18]

U poređenju sa velikim organizacijama, preduzetnici se sporije adaptiraju na menadžment totalnog kvaliteta [19] [20], jer smatraju da je proces implementacije sistema menadžmenta kvaliteta skup, sa visokim trenutnim

operacionim troškovima i da ga je veoma teško sprovesti. [14]

Preduzetnici nemaju dovoljno menadžerskog znanja i organizacionih sposobnosti, što implicira lošu strategiju planiranja poslovanja i upravljanja ljudskim resursima, a sve ovo rezultira nedovoljnom željom da se usvoji menadžment totalnog kvaliteta. [20]

Nedostatak kvaliteta proizvoda, isporučenih od strane malih i srednjih preduzeća, mogao bi nepovoljno uticati na njihove konkurentske sposobnosti, što bi dovelo do negativnog uticaja na celokupni lanac snabdevanja, jer su oni visoko fleksibilni i odgovorni dobavljači velikih kompanija. [21][22] S obzirom na to, usvajanje menadžmenta kvaliteta može biti krucijalno, kao i približavanje preduzetničke kulture zaposlenima, koje bi omogućilo bolje razumevanje tehničkih aspekata proizvodnje na visokom nivou i praćenje njenog napretka.

Od preduzetnika koji primenjuju efektivni sistem menadžmenta kvaliteta, se očekuje da budu efikasnija prilikom korišćenja resursa od onih kompanija koje ga ne primenjuju. [23] S obzirom na to, u nastojanju da se suprotstave trenutnoj jakoj konkurenciji i implementiraju najbolje metode u proizvodni sektor, preduzetnici moraju dosledno da se bave transformacijom preduzetničke orijentacije u lako izvodljive strateške aktivnosti, kako bi ispunila ciljeve i dostigla potrebne performanse, fokusirajući svoju pažnju na implementaciju menadžmenta kvaliteta.

Osnovni zahtevi koji se postavljaju pred preduzetnike, za sistem menadžmenta kvaliteta:

- da se definišu potrebe i zahtevi kako korisnika, tako i interesnih strana,
- da se postavi politika i ciljevi kvaliteta preduzeća,
- da se definišu i nabave potrebni resursi, a pri tome poštuju ciljevi kvaliteta,
- da se definišu metode merenja efektivnosti i efikasnosti svakog procesa
- da se definišu dosledni načini za prevenciju neslaganja i rešavanja problema,
- da se definišu i koriste procesi poboljšavanja postojećeg sistema menadžmenta kvaliteta.

Mala i srednja preduzeća se po svojim karakteristikama razlikuju od velikih poslovnih kompanija, što ima veliki uticaj i na menadžment kvaliteta. Osnovne aktivnosti koje sprovode mala i srednja preduzeća kako bi razvijala efektivan sistem menadžmenta kvaliteta, mogu biti sumirane u sledeće:

- detaljan opis obaveza menadžera kvaliteta mora biti definisan i podeljen u opis aktivnosti pre uvođenja sistema menadžmenta kvaliteta, za vreme uvođenja i nakon sertifikacije, istovremeno, obaveze i odgovornosti svih članova sektora za kvalitet moraju biti striktno definisane;
- zaposleni u sektoru kvaliteta moraju biti uspešni, što je moguće samo ako imaju konstantnu,

informacionu, pravu i efektivnu podršku najvišeg nivoa menadžmenta;

- definisanje ciljeva i detaljnih planova očekivanih rezultata, sa završnim rokovima za svaku aktivnost;
- sastanci sektora za kvalitet, na kojima su prisutni i ostali zaposleni, odnosno predstavnici najvažnijih sektora, svi članovi sektora za kvalitet su zaposleni u preduzeću jer je neophodno da imaju dobro znanje o poslovnim procedurama o kompaniji;
- priprema interne dokumentacije (priručnik kvaliteta, operacione procedure, uputstva za rad), ova dokumenta moraju biti pripremljena od strane članova sektora za kvalitet, pod nadzorom menadžera i uz pomoć kompetentnih menadžera odgovarajućih sektora;
- poželjno je moguće uvođenje motivacionog programa, kako bi se ublažilo pretpostavljeno negodovanje menadžera nekih sektora;
- svaka revizija organizacione strukture kompanije mora da bude u skladu sa EN ISO 9001:2009. [24]

Menadžment totalnog kvaliteta predstavlja filozofiju koja se većinski koristi u velikim kompanijama, dok je mala i srednja preduzeća primenjuju zbog straha da će izgubiti ugovore sa velikim preduzećima. Definisan je kao holistički pristup i filozofija menadžmenta koja zahteva kontinualna poboljšanja u svim organizacionim jedinicama i operacijama kako bi kompanije proizvele i isporučile proizvode i usluge koje zadovoljavaju potrebe korisnika i ispunjavaju njihova očekivanja. [16][25] Koncepti i tehnike menadžmenta totalnog kvaliteta su isti i za velike i za male kompanije, ali su njegove pogodnosti u prošlosti većinski osetile samo one velike. Danas i mala preduzeća počinju da uviđaju njegove prednosti

4. OSNOVNE KARAKTERISTIKE ODNOSA PREDUZETNIŠTVA I MARKETINGA

Danas, poslovanje ide ka virtuelnoj integraciji, prilikom razvijanja bliskih odnosa sa mrežnim partnerima što omogućava preduzetnicima da iskoriste svoje limitirane resurse i izgrade bliske odnose sa partnerima. ako se sprovede na pravi način, ovo može dovesti do dugoročne konkurentne prednosti. [26]

Mala i srednja preduzeća treba istovremeno da usvajaju orijentaciju na marketing i orijentaciju na preduzetništvo, jer one ne zamenjuju jedna drugu, već su komplementarne. Kada su usvojene istovremeno, one stvaraju sinergiju i doprinose uspehu i performansama kompanije [27].

Poslednjih godina postaje sve očiglednije da je marketing u malim i srednjim preduzećima fundamentalno drugačiji i uspešniji nego u velikim kompanijama i to uglavnom jer implementacija marketinga može biti važnija za uspeh od planiranja i definisanja strategija. U svakom malom ili srednjem ovakvom preduzeću je neophodno

preduzetništvo kako bi postalo veće i uspešnije, a ovakav rast jeste prednost koju donosi marketing. [28][29]

Istraživanje veze između marketinga i preduzetništva upućuje na dva glavna područja istraživanja. Prvo se odnosi na ulogu marketinga u preduzetništvu i bavi se primenom marketing alata, koncepata i teorija koji podržavaju nove projekte i rast malih preduzeća. Drugo se odnosi na ulogu preduzetništva u marketingu i predstavlja istraživanje načina na koje preduzetnički stavovi i ponašanja mogu biti primenjeni u razvoju marketing programa. [30]

Preduzetnički marketing je definisan kao proaktivno identifikovanje i iskorišćavanje šansi za sticanje i zadržavanje profitabilnih korisnika, kroz inovativne pristupe upravljanja rizikom, korišćenje resursa i stvaranje vrednosti, kao i kroz primenu novih tehnologija. Prepoznatljiva karakteristika ovog tumačenja, koje je u suštini tržišno orijentisana perspektiva iznutra ka spolja, može biti razvoj specifičnih kompetencija preduzetništva kompanije, u cilju ispunjavanja latentnih zahteva budućih korisnika, za proizvode ili usluge koji još ne postoje. Ovo se može nazvati konceptom preduzetničkog marketinga. [31][32]

Kombinovanjem definicije marketinga, Američke asocijacije za marketing i definicija preduzetništva, predložena je nova definicija preduzetničkog marketinga. Prema njoj, preduzetnički marketing je skup procesa za kreiranje, komunikaciju i isporučivanje vrednosti korisnicima, kao i za upravljanje odnosima sa njima, na taj način da se stvara benefit za organizaciju i njene stekholdere i to je okarakterisano inovativnošću, preduzimanjem rizika, proaktivnošću i može biti sprovedeno bez, u tom trenutku, ograničenih resursa. [33]

Postoji sedam osnovnih dimenzija preduzetničkog marketinga:

- proaktivnost,
- proračunato preduzimanje rizika,
- inovativnost,
- fokus na šansama i prilikama,
- maksimalno iskorišćavanje resursa,
- značaj korisnika,
- stvaranje vrednosti. [31]

Ove dimenzije razlikuju preduzetnički marketing od tradicionalnog marketinga. Prvih pet dimenzija se odnose na preduzetničku orijentaciju, a poslednje dve su dimenzije marketing orijentacije. [34][35]

5. STUDIJA SLUČAJA

5.1. EFEKTI OCENJIVANJA TREĆE STRANE, GARANCIJE I CENE NA PERCIPIRANI KVALITET

Kada korisnici prave procenu između više alternativa proizvoda, jedini zaključci o kvalitetu proizvoda se mogu izvesti na osnovu njegovih atributa koji mogu biti u vezi sa

marketingom (garancija i cena), ali i ne moraju (ocene treće strane). Povećavanje broja kanala kroz koje se dele informacije, zajedno sa pristupom internetu i društvenim mrežama, pokrenulo je nastajanje posrednih izvora informacija. Različite kompanije koje se bave prikupljanjem informacija o proizvodima, nakon čega ih prodaju trećim stranama, omogućile su korisnicima da na jednostavniji način mogu da saznaju kakav je kvalitet i karakteristike proizvoda, pre nego što ga kupe.

U ovoj studiji, atributi vezani za proizvode, koji nisu kontrolisani od strane marketinga, definisani su kao informacije treće strane. Informacije treće strane donose se na iskustva koja su prikupljena o proizvodima i kompanijama i mogu da budu u okviru jedne ili više industrija.

Primarna uloga informacija treće strane jeste da pomogne korisnicima da se nose sa nesigurnošću prilikom donošenja odluke u kupovini. Ove informacije, uz ocene eksperata, mišljenja drugih korisnika i programe sertifikacije, postaju sve više popularne i sve više utiču na odluke koje korisnici donose pri kupovini.

Svrha ove studije jeste da popuni jazove u literaturi, istraživanjem interakcija između informacija treće strane i marketing atributa (ocene i garancije), koji utiču na percepciju kvaliteta korisnika. Jedan tok istraživanja sugerise da postojanje relevantnih informacija treće strane umanjuje efekat marketing atributa na percepciju kvaliteta korisnika. Dok druga strana predlaže suprotnu pretpostavku, koja sugerise da postoji pozitivna korelacija između marketing atributa i percipiranog kvaliteta, kada su prisutne informacije treće strane.

U ovoj studiji su uzete u obzir informacije verodostojne treće strane, garancija i cene brenda automobila. Učesnici su bili upitani da ocene i iskažu svoje mišljenje o brendu automobila koji ima ocenu kvaliteta treće strane, garanciju i cenu, a sve to je definisano u scenariju koji se odnosi na kupovinu automobila.

Na osnovu ispitivanja učesnika ove studije dokazano je da kada su ocene treće strane visoke, percipirani kvalitet je viši, ako su garantne ponude dobre. Suprotno tome, kada su ocene treće strane niže, dobre garantne ponude ne doprinose nužno višem percipiranom kvalitetu. Takođe je dokazano i da ako je brend automobila visoko ocenjen od treće strane, veća je verovatnoća da će percepcija kvaliteta biti viša, iako su cene više, nego što je standard u industriji koja se posmatra. Suprotno tome, niske ocene treće strane, neće dovesti do više percepcije kvaliteta, ako su cene više nego što je standard u industriji koja se posmatra.

Uzete su u obzir i interakcije između ocena treće strane, garancije i cene i otkriveno je da, ako su visoke ocene treće strane, visoka cena ima veći uticaj na percipirani kvalitet, kada postoji dobra ponuda garancije. Takođe, važi i u obrnutoj situaciji, odnosno, da dobra ponuda garancije ima veći efekat na percipirani kvalitet, kada je cena viša, pri dobrim ocenama treće strane. Prema tome,

visoke ocene treće strane, dovode do višeg percipiranog kvaliteta, ako su garancija i cena konzistentne.

Poređenje nekonzistentnih parova, sa konzistentnom kombinacijom, niska cena i lošija ponuda garancije, uz visoke ocene treće strane, pokazuje da nekonzistentna kombinacija, odnosno visoka cena i loša ponuda garancije, imaju veći efekat na percepciju kvaliteta, nego konzistentni par niska cena i lošija ponuda garancije. iako, efekat nekonzistentne kombinacije, niske cene i dobre ponude garancije, na percipirani kvalitet, nije bio mnogo drugačiji od konzistentne kombinacije niska cena i loša ponuda garancije. kada se sve ovo uzme u obzir donesen je zaključak da uz visoke ocene treće strane, interakcioni efekat cene i garancije na percipirani kvalitet ne mora biti jači kada su ova dva atributa konzistentna (npr. visoka cena i dobra ponuda garancije), ali to ne mora biti slučaj pri svakoj kombinaciji. kada su ocene treće strane loše, interakcioni efekat između cene i garancije na percepciju kvaliteta nije značajno drugačiji kada su ovi atributi konzistentni, u odnosu na situaciju kada nisu. [36]

Ova studija prikazuje koliko su zapravo marketing i kvalitet usko povezani i kako garantne ponude i cene, odnosno atributi proizvoda u vezi sa marketingom, mogu da utiču na to kako korisnici vide kvalitet proizvoda. Isto tako vidimo i koliko je bitno mišljenje treće strane, koje čak može da bude i presudno za percepciju kvaliteta korisnika. Veoma je važno, da treća strana bude verodostojna, kako bi korisnici imali poverenja u njene ocene.

Iz studije se može zaključiti da bez obzira na marketing aktivnosti, neophodno je da svi proizvodi ili usluge uvek moraju biti visokog kvaliteta, što zahteva primenu sistema menadžmenta kvaliteta, kako bi ocene treće strane uvek bile visoke. Menadžment kvaliteta dopunjuje marketing time što naglašava kontinualna poboljšanja procesa kompanije, što dovodi do toga da se rade prave stvari i proizvode proizvodi ili pružaju usluge visokog kvaliteta.

Naravno menadžment kvaliteta se ne može primenjivati bez marketinga, jer je marketing taj koji prvi upoznaje kupca sa proizvodom, on povezuje zahteve iz eksternog okruženja sa odgovarajućim sektorima u kompaniji i time doprinosi određivanju prioriteta za poboljšavanje kvaliteta.

6. ZAKLJUČAK

Iz poglavlja koje govori o odnosu menadžmenta kvaliteta i marketinga, može se zaključiti da se marketing i menadžment kvaliteta međusobno dopunjuju. Aktivnosti marketinga se mogu sprovoditi i bez menadžmenta kvaliteta, međutim, u tom slučaju one ne bi bile adekvatno organizovane i planirane, a ispunjavanje želja i potreba tržišta ne bi bilo osigurano. Takođe možemo uočiti da operacionalizovanje aktivnosti relacionog marketinga jeste omogućeno samo ako su principi menadžmenta totalnog kvaliteta prepoznati i ispoljeni kroz svoje osnovne koncepte, koji su sprovedeni primenom alata i tehnika menadžmenta totalnog kvaliteta.

Kada je u pitanju odnos menadžmenta kvaliteta i preduzetništva, može se zaključiti da vizija koju preduzetnici imaju, uz sve njihove sposobnosti i aktivnosti, neće moći da bude ostvarena ukoliko se u kompaniju ne uvede koncept menadžmenta kvaliteta, kao i da je ovaj koncept sve više zastupljen među preduzetnicima jer im pomaže da ostanu konkurentni na tržištu. Menadžment kvaliteta doprinosi tome da preduzetničke kompanije poboljšaju svoje performanse i efikasnost i dovodi ih do najboljeg mogućeg položaja na tržištu.

Iz odnosa marketinga i preduzetništva možemo videti da su orijentacije na ove dve oblasti komplementarne, pa se može zaključiti da ih treba implementirati istovremeno, kako bi doprinali poboljšanju performansi kompanije.

7. LITERATURA

- [1] Lai, K. H., and Cheng, T. E. „Effects of quality management and marketing on organizational performance“, *Journal of Business Research*, Vol. 58, No. 4, pp. 446-456, 2005.
- [2] Kohli, A. K., and Jaworski, B. J. „Market orientation: The construct, research propositions, and managerial implications“, *Journal of Marketing*, Vol. 54, No. 2, pp. 1-18, 1990.
- [3] Aspinwall, E. and Elgharib, M. „TPM implementation in large and medium size organizations“, *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 24, No.5, pp. 688-710, 2013.
- [4] Kostić-Stanković, M., Filipović, V. Štavljanin, V. *Marketing*. Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2017.
- [5] Filipović, J., Đurić, M., and Ruso, J. *Sistem menadžmenta kvaliteta*. Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2018.
- [6] Evans, J. R. and Lasking, R. L. The relationship marketing process: a conceptualisation and application, *Industrial Marketing Management*, Vol. 23, pp. 439 – 452, 1994.
- [7] Johnson, G. and Scholes, K. *Exploring Corporate Strategy - Text and Cases* (Prentice-Hall), 1989.
- [8] Hunt, S. and Morgan, R. „The commitment - trust theory of relationship marketing“, *Journal of Marketing*, Vol. 58, pp. 20 – 38, 1994.
- [9] Haigh, R. H. and Morris, D. S. „The development of a generic model for the implementation of TQM“. In: G.K. KANJI (Ed.) *Total Quality Management: Proceedings of the First World Congress* (Oxford, Chapman & Hall), pp. 85 – 94, 1995.
- [10] Edmond, V.P. and Wiklund, J. „The historical roots of entrepreneurial orientation research“, in Landström, H. and Lohrke, F.T. (Eds), *Historical Foundations of Entrepreneurship Research*, Edward Elgar, Cheltenham, 142-160, 2010.
- [11] Gupta, V. K. and Batra, S. „Entrepreneurial orientation and firm performance in Indian SMEs: universal and contingency perspective“, *International Small Business Journal*, Vol. 34, No. 5, pp. 660-682, 2016.
- [12] Al-Dhaafri, H. S., Al-Swidi, A. K. and Yusoff, R. Z. B. „The mediating role of total quality management between the entrepreneurial orientation and the organizational performance“, *The TQM Journal*, Vol. 28, No. 1, pp. 1754-2731, 2016.
- [13] Basu, R. and Bhola, P. „Exploring quality management practices and its pattern analysis in Indian service SMEs“, *Journal of Enterprising Culture*, Vol. 23, No. 2, pp. 199-235, 2015.
- [14] Pearson, M. *The Small Business Owner's Simplified Guide to ISO 9001 and Business Improvement*, BSI Group, London, 2015.
- [15] Shokri, A., Waring, T.S. and Nabhani, F. „Investigating the readiness of people in manufacturing SMEs to embark on Lean Six Sigma projects: an empirical study in the German manufacturing sector“, *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 36, No. 8, pp. 850-878, 2016.
- [16] Assarlind, M., Gremyr, I. and Backman, K. „Multi-faceted views on a Lean Six-Sigma application“, *International Journal of Quality and Reliability Management*, Vol. 30, No. 4, pp. 387-402, 2013.
- [17] Jagoda, K. and Kiridena, S. „Operations strategy processes and performance: insights from the contract apparel manufacturing industry“, *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 26, No. 2, pp. 267-287, 2015.
- [18] Konecny, P. and Thun, J.-H. „Do it separately or simultaneously – an empirical analysis of a conjoint implementation of TQM and TPM on plant performance“, *International Journal of Production Economics*, Vol. 133, No. 2, pp. 496-507, 2011.
- [19] Ghobadian, A. and Gallea, D. „Total quality management in SMEs“, *Omega*, Vol. 2, No. 1, pp. 83-106, 1996.
- [20] Majumdar, J. P. and Manohar, B. M. „Why Indian manufacturing SMEs are still reluctant in adopting total quality management“, *International Journal of Productivity and Quality Management*, 17(1), 16-35, 2016.
- [21] Aoki, K. „Transferring Japanese Kaizen activities to overseas plants in China“, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 28, No. 6, pp. 518-539, 2008.
- [22] Kumar, M., Khurshid, K.K. and Waddell, D. „Status of quality management practices in manufacturing SMEs: a comparative study between Australia and the UK“, *International Journal of Production Research*, Vol. 52, No. 21, pp. 6482-6495, 2014.
- [23] Psomas, E. L., Kafetzopoulos, D. P. and Fotopoulos, C. V. „Developing and validating a measurement instrument of ISO 9001 effectiveness in food manufacturing SMEs“, *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 24, No. 1, pp. 52-77, 2013.
- [24] Lakatoš, P. and Aujeský, P. *Quality management*. Bratislava: Published by Slovak Trade Association, 2004.
- [25] Demirbag, M., Lenny Koh, S., Tatoglu, E., and Zaim, S. „TQM and market orientation's impact on SMEs' performance“, *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 106, No. 8, pp. 1206-1228, 2006.
- [26] McIvor, R., Humphreys, P. and McAteer, E. „Implications „of partnership sourcing on buyer±supplier relations“, *Journal of General Management*, Vol. 23, pp. 53 – 70, 1997.
- [27] Miles, M. P. and Darroch, J. „A commentary on current research at the marketing and entrepreneurship interface“, *Journal of Small Business Management*, Vol. 46, No. 1, pp. 46-49, 2008.
- [28] Carson, D. and Gilmore, A. „Marketing at the interface: not „what“ but „how“, *Journal of marketing theory and practice* Vol. 8, No. 2, pp. 1-7, 2000.
- [29] Hills, G. E. and Hultman, C. *Entrepreneurial Marketing*. Editors: Lagrosen S, Svensson G, *Marketing: Broadening the Horizons*. Lund: Studentlitteratur, pp. 220-234, 2006.
- [30] Morris, M. H., Schindehutte, M. And La Forge, R. W. „The emergence of entrepreneurial marketing: nature and meaning“.

Editor: Harold P. Welsch. *Entrepreneurship: The Way Ahead*. Routledge, 91-115, 2004.

[31] Morris, M. H., M., Schindehutte and La Forge, R. W. "Entrepreneurial marketing: a construct for integrating emerging entrepreneurship and marketing perspectives", *Journal of Marketing Theory and Practice* Vol. 10, No. 4, pp. 1–19, 2002.

[32] Duus, H. J., "Economic foundations for an entrepreneurial marketing concept", *Scandinavian Journal of Management* Vol. 13, No. 3, pp. 287-305, 1997.

[33] Kraus, S., R., Harms and Fink, M. "Entrepreneurial marketing: moving beyond marketing in new ventures". *Int. J. Entrepreneurship and Innovation Manage. Special Issue*: 1- 20, 2009.

[34] Hills, G. E., Hultman, C. and Miles, M. "The evolution and development of entrepreneurial marketing", *Journal of Small Business Management*, Vol. 46, No. 1, pp. 99-112, 2008.

[35] Kocak, A. "Developing and validating a scale for entrepreneurial marketing". *UIC/AMA Research Symposium on the Interface of Marketing and Entrepreneurship*. Nice. France. 30 June-2 July, 2004.

[36] Akdeniz, B., J. Calantone, R., M. Voorhees, C. „Effectiveness of Marketing Cues on Consumer Perceptions of Quality: The Moderating Roles of Brand Reputation and Third-Party Information“, *Psychology and Marketing*, Vol. 30, No. 1, pp. 76–89, 2012.

SEKUNDARNA STATISTIČKA ISTRAŽIVANJA U DOMENU MEDIJSKOG PROSTORA

SECONDARY STATISTICAL SURVEYS IN THE DOMAIN OF THE MEDIA SPACE

Biljana Đerić¹, Jovanka Vukmirović², Aleksandra Vukmirović², Ana Zekavica², Milica Branković²

Fakultet organizacionih nauka Univerzitet u Beogradu¹

Beogradska akademija poslovnih i umetničkih strukovnih studija²

Sadržaj- Ubrzani razvoj informaciono komunikacionih tehnologija omogućio je merenje auditorijuma elektronskih medija u realnom vremenu, a reakcije javnog mnjenja na emitovane medijske sadržaje na dnevnom nivou. Statistička istraživanja direktno su u funkciji kvantifikacije osnovnih parametara uspešnosti - merenje auditorijuma (gledanost/slušanost / čitanost) kao i imidža medijskih kuća. Cilj rada usmeren je na unapređenje procesa upravljanja kompanijama koje posluju u medijskom prostoru, dok se doprinos ogleda u kreiranju originalnog modela medijskog istraživanja, unapređenog savremenim alatima za selekciju i obradu podataka iz sekundarnih izvora.

Abstract- The accelerated development of information and communication technologies has enabled the measurement of the audience of electronic media in real time and the reactions of public opinion to the broadcast media content on a daily basis. Statistical research is directly in the function of quantification of the basic parameters of success - measuring the audience (viewership / listening / reading) as well as the image of media houses. The aim of this paper is at improving the management process of companies operating in the media space, while the contribution is reflected in the creation of an original model of media research, enhanced by modern tools for selection and processing of data from secondary sources.

1. UVOD

Uspех, а често и опстанак, било које организације (привредне, непривредне, невладине) у многоме зависи од способности њиховог менаџмента да прати промене у окружењу, покуша да га антиципира и предвиди шта ће се дешавати у будућности. За то је неопходно да комуницира са окружењем - циљном јавношћу. Алати за комуникацију и пратећи концепти се стално унапређују и морају се непрестано пратити како би се избегле одређене замке и проблеми до којих може доћи услед непознавања савремених трендова у комуникацији [1].

Корпоративне комуникације, идентитет и имиџ се изучавају у областима маркетинга, комуникација и односима са јавношћу (енг. *Public Relations* – PR). Заједничко за обе функције је потребе да организација јасно дефинише свој однос према окружењу. Оно што их разликује је изложеност и отвореност према тржишту, што изражава маркетинг функција, односно функција односа с јавношћу [2]. Ни једна организација не егзистира у вакууму. Прилике у

окружењу су такве да је промена једина константа која прати савремено пословање. Сведоци смо да се може очекивати и неочекивано – што показују ефекти глобалне COVID-19 пандемије.

Статистичка истраживања се у домену медијског простора спроводе кроз истраживања маркетинга, истраживања јавног мњења и медијска истраживања. По дефиницији истраживање маркетинга представља "систематско планирање, прикупљање, анализу и извештавање о подацима и налазима релевантним за специфичну маркетинг ситуацију (проблем) са којим се компаније сусрећу на тржишту". Конкретно, то је "систематска процедура обезбеђења маркетинг оперативних информација, о поступку прикупљања информација које су истовремено корисне у идентификовању и решавању маркетинг проблема" [3]. Методологија истраживања маркетинга и јавног мњења је готово истоветна, и базирана је на методологији статистичких истраживања. Истраживање масовних медија је проучавање информација повезаних са било којим обликом масовне комуникације. Масовни медији укључују старије форме, попут новина и радија, али сада више укључују телевизију и интернет и друштвене медије.

2. ISTRAŽIVANJE MARKETINGA

Истраживање маркетинга је функција која треба да обезбеди информације за све остале функције маркетинга, а посебно функцију управљања маркетингом. Према предмету истраживања, маркетинг истраживања обухватају: истраживање тржишта, истраживање производа, истраживање унапређења продаје, истраживање дистрибуције, истраживање цена и истраживање имиџа и репутације. За потребе овог рада поделићемо их на традиционалне и савремене методе истраживања.

Традиционалне методе су углавном пројектно оријентисане. Лак и Рубин процес истраживања маркетинга деле у три фазе: мониторинг истраживање, прелиминарно и експлораторно истраживање [4].

- Мониторинг истраживање представља почетак процеса истраживања, јер се у њему открива и дефинише проблем, а затим детерминишу активности које су утицале на настанак и ток проблема.
- Прелиминарно истраживање је друга фаза и њу ваља пажљиво извршити у смислу коректног дефинисања проблема с циљем

разумевања његових обележја, те на бази повратних информација добити праву слику стања.

- Експлораторно истраживање је трећа фаза у којој се изналазе и селектирају логичке алтернативе акција, операционализују одлуке и ствара образложење за маркетиншко одлучивање.

Израда истраживачког пројекта је веома значајна, јер је он основ за спровођење следећих фаза истраживања, и представља сталан орјентир истраживачима у смислу шта треба да раде и да ли изводе оно што је планирано. Истовремено, истраживачки пројекат је основа комуницирања између доносиоца одлуке и истраживача. Пројекат истраживања мора бити прецизан, како у целини, тако и у појединим модулима и да прати временска и финансијска ограничења, рокове, изабране методе истраживања, и потребном ангажовању кадрова. Иако у изради истраживачког пројекта постоји могућност дефинисања његовог садржаја, то не значи да постоји и универзална процедура у погледу његовог садржаја. Генерално, фазе (активности) процеса истраживања, наведене према редоследу догађања у истраживачком пројекту, су [5]:

1. Дефинисање проблема истраживања
2. Одређивање извора података и врсте истраживања
3. Методе и обрасци за прикупљање података
4. Одређивање узорка и прикупљање података
5. Анализа и интерпретација резултата
6. Састављање извештаја.

У најширем смислу речи, проблемом се може сматрати појава која захтева додатна истраживања и објашњавања (у нашем случају имиџ и репутација компаније). Проблем се дефинише на основу информација претходних истраживања и доступних информација (публикованих и непубликованих података), а не само на основу искуства како се то често чини. Информације на основу којих се дефинише проблем обавезно треба да буду актуелне. У овој фази врши се и дефинисање циљева истраживања. Циљ истраживања маркетинга условљен је сврхом истраживања, односно дефинисаним проблемом. Процес формирања циља и предмета треба да је истовремено поступак, иако предмет истраживања одређују субјекти који користе резултате истраживања. Баш због чињенице да се проблем може и другачије видети него што он у ствари јесте, прети могућност да се непрецизно формулише предмет и, на тај начин, истраживања усмере у погрешном правцу, што ће узроковати нефункционалности у истраживањима.

Одређивање извора података и врсте истраживањасу два уско повезана корака, и у многоме су у зависности од претходних сазнања о проблему истраживања. Истраживање може бити на бази постојећих

секундарних и примарних података. Извор података је условљен циљем истраживања, односно предложеним методама истраживања. Код свих истраживања потребне су чињенице које се као секундарни подаци већ налазе или у статистичким публикацијама или у интерним подацима предузећа. Самим тим, секундарни подаци могу бити из екстерног и интерног извора [6]. Како се до ових података долази без великих напора – за столом – називају се и “деск истраживања” (енг. desk research). По методу прикупљања података, поред секундарних извора, користе се и примарни извори код којих се до података долази “теренским истраживањима” (енг. field research), односно директним прикупљањем чињеница, мишљења и мотива методама испитивања, посматрања и експериментом.

Напредак информатике у домену како опреме тако и програмских пакета једно је од главних обележја друге половине XX века. Огроман потенцијал који са собом носи информатичка технологија убрзао је њену примену у разним областима људског живота и рада. Савремени маркетинг подразумева јаку сарадњу између маркетинг менаџера, информатичара и статистичара, а маркетиншке базе података преваходно служе бољем разумевању потрошача.

Онлајн истраживања су истраживања која се спроводе на интернету и друштвеним медијима. Предност онлајн истраживањау односу на традиционална истраживања су: доступност и ексклузивност, нижа цена и већа брзина и ефикасност. По правилу онлајн истраживања су много бржа, јер не захтевају ангажовање људи на терену, односно у кол центрима, теренска контрола је углавном непотребна. Такође, подаци су одмах доступни (за пилот анализе). Подаци које испитаници уносе, у најчешћем броју случајева аутоматски пуне базу података, без посредника човека, а потом се врше директне, претходно задате, операције над варијаблама у бази, чиме се добијају готова тражена решења и дефинисани извештаји. Ово такође доводи до вишеструког снижења трошкова у односу на класичне методе. Истраживачу се омогућава да у скоро реалном времену има резултате дотадашњег тока истраживања и комплетан увид у целокупни истраживачки процес. Сем тога, контрола може бити ефикаснија јер је могуће интегрисати контролне процедуре са архитектуром сервера. Сервер може нпр. проверити одређене карактеристике или идентификационе кодове испитаника док се они логују на сајт са анкетом.

Основно граничење и главни недостатак онлајн истраживања лежи у његовој дефиницији: Онлајн истраживања су она код којих се онлајн популација користи као оквир узорковања. Резултати ових анкета се не могу уопштити за доношење закључака на нивоу целе популације, већ само онлајн популације. Ипак, обзиром да се све више смањује дискрапанца између укупне и онлајн популације, ова истраживања налазе све већу примену у пракси.

3. ISTRAŽIVANJA JAVNOG MNJENJA

Кад је реч о истраживањима јавног мњења, треба напоменути да се њихов зачетак везује са првом имплементацијом научне методологије у домену предизборних прогноза, 1935. у Америци.

Прва књига/учбеник из области истраживања јавног мњења, на просторима бивше Југославије, издата је 1961 године од стране загребачке издавачке куће "Напријед". Аутор је Руди Супек, и носила је наслов "Испитивање јавног мњења"[7]. Godinu dana kasnije, у Београду (Kultura) је објављен превод Можеговекњиге Методи анкетирања у истраживању друштвених појава [8].1994. група аутора на челу са Љиљаном Баћевић је написало монографију под називом „Јавно мњење“, коју је објавио Институт друштвених наука у Београду и то је практично до данашњих дана све што се тиче књига из ове области које су објављене на српско (хрватском језику) а да се нису стриктно односиле на политичко јавно мњење. За детаљније изучавање ове области препоручује се учбеник „Истраживање политичких појава[9].

Методологија истраживања маркетинга и јавног мњења је готово истоветна, и базирана је на методологији статистичких истраживања, чији је поступак укратко и делимично објашњен у претходном тексту. У наредном поглављу су презентирани и анализиране студије случајева у домену статистичких истраживања, а у функцији добијања информационих инпута који треба да омогуће боље управљање корпоративним имиџом и репутацијом телевизијских станица.

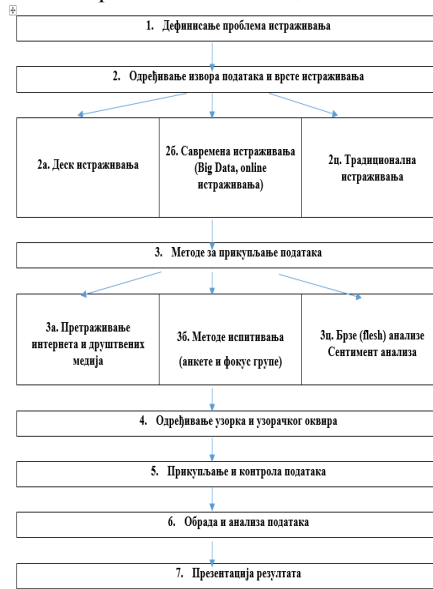
Обезбеђивање података је од суштинског значаја за проналажење вредности самих података. Значење бројева је о истинитости података. Сваки пут када се користи метрика, морамо питати, "Шта тај број значи? Шта мери?". На пример, можемо доћи до мере - задовољство купаца на различите начине. Информације о задовољству купаца се могу прикупити из истраживања, али и са твитера, из транскрипата разговора Call Center-а итд. Ипак мере задовољства купаца се знатно разликују једни од других. Рејтинг истраживања наменски указује на његов квалитет и мере осмишљене да одражавају опште задовољство док се сентименти са твитера заснивају на подацима које имају малу контролу и могу одражавати пролазан ниво задовољства. Сви ови показатељи потпадају под окриљем "задовољства потрошача", али означавају различите ствари.

4. МОДЕЛ МЕДИЈСКОГ ИСТРАЖИВАЊА

Истраживање масовних медија је проучавање информација повезаних са било којим обликом масовне комуникације. Масовни медији укључују старије форме, попут новина и радија, али сада више укључују телевизију и Интернет, а још недавно и друштвене медије. Новине и часописи и даље се сматрају масовним медијима ако имају довољно

широк домет[10]. Посебни домен истраживање масовних медија, и уједно највише познат широј јавности је мерење читаности (новине и часописи), односно гледаности (ТВ), приступа (интернет) и чланова (друштвени медији).

За потребе управљања корпоративним имиџом и репутацијом телевизијских станица предлажемо истраживачки поступак базиран на модел медијског истраживања приказаном на слици 1:



Слика 1. Модел медијског истраживања

Предложени модел полази од традиционалне поставке пројектног истраживања, унапређен савременим алатима.

5. СТУДИЈА СЛУЧАЈА: АНАЛИЗА МЕДИЈСКОГ ТРЖИШТА У СРБИЈИ

У овој студији обухваћено је више секундарних извора података који су компајлирани у један извештај. У анализи медијског простора Србије, Срђан Богосављевић, некадашњи директор и сувласник истраживачке агенције IpsosStrategic Marketing, наводи три основне детерминанте: бројност, економске параметре и конзументе медија [11].

Када је реч о бројности медија, у првој половини 2021. године, телевизијски програм у Србији емитовало је 243 емитера, радио програм 335, док су дневне и периодичне новине имале 941 издања [12]. Укупно, регистровано је 2.608 медија у различитим формама. По годинама, 2018. је било регистровано 2.146, тај број је 2019. нарастао на 2.334, прошле године је достигао 2.468 а ове је увећан за укупно 140 медија.

У оквиру самосталних електронских издања, има 850 интернет портала и 89 уређивачки обликованих интернет страница. При томе, у првих шест месеци 2021 године број медија повећао за 5,7 одсто а међу њима је највећи број новорегистрованих самосталних

електронских издања интернет портала, чак 128 као и уређивачки обликованих интернет страница – укупно девет [13].

Више од половине издавача медија у Србији су привредна друштва, а међу осталим издавачима су удружења, предузетници, задужбине и фондације, спортска друштва итд. (слика 2.).



Слика 2. Издавачи медија у Србији (АПР, 2021)

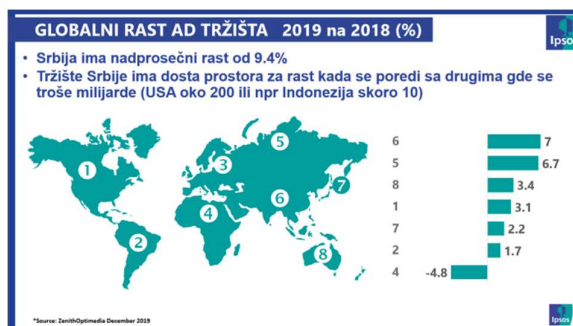


Слика 3. Родна структура главних и одговорних уредника (АПР, 2021)

У анализи економских параметар медија Богосављевић полази од премисе да је медијско тржиште предимензионирано, односно да је број медијских јединица изнад могућности тржишта. Аутор ову тврдњу поткрепљује званичним подацима из АПР-а који су представљени на слици 3..

Разлози углавном лошег положаја медијске индустрије у Србији леже, пре свега у ниској апсорпционој и финансијској моћи конзумента медијских услуга. Медији се финансирају у зависности од власничке структуре. И док се јавни сервис претежно финансира из државног буџета, остали медији се углавном ослањају на маркетиншке приходе.

Приходи медија од маркетинга у Србији су 2019. године износили 210 милиона евра, што је раст у односу на протекле године и приближавање рекорду из 2008. године. Према подацима које су у претходним годинама објавили Нилсен и Ипсос, консолидација и незнатан раст прихода од маркетинга траје од 2015, док су приходи од 2017. до 2019. године имали и скокове од девет одсто годишње, што је у том моменту било изнад европског просека (слика 4.).



Слика 4. Кретање тржишта оглашавања – глобална слика (Богосављевић, 2019)

Од 210 милиона евра, највише новца од оглашавања у 2019 години је отишао на телевизију - 111,9 милиона евра, док је интернет од огласа добијао 38,5 милиона, што је знатно више одштампаних медија или радиостаница. Евидентно је да је пандемија утицала на глобалне економске активности које су довеле до значајног смањења оглашивачких прихода.

Глобално посматрано, удео оглашавања на телевизији пао је са приближно 50% на 30%. У борби са главним конкурентом, дигиталним оглашавањем, ова два медија су се изједначила 2016. године. Међутим, већ следеће године, највећи оглашивачи на телевизији били су баш онлајн гиганти Амазон и Фејсбук. Оглашивачка делатност се у току 2020. године посебно интензивирала на друштвеним мрежама. Онлајн оглашавања је освојило огроман простор и постаје јак конкурент ТВ оглашавању.

Ипак, очекивани пад удела телевизије у медијским оглашавањима у Србије се још увек није десио. Већ десет година телевизија заузима стабилних 55 одсто укупног буџета за оглашавања. Чак је према подацима из 2018. године оглашавања на ТВ порасло за додатних 10 одсто. При томе, велики оглашивачи задржали су постојеће нивое буџета на телевизији, а поједини су их, чак, и подигли [14].

6. ZAKLJUČAK

На основу анализе литературе јасно је да се може ефикасно управљати корпоративним имиџом и репутацијом телевизијских станица применом савремених информатичких концепата у домену спровођења, праћења и коришћења резултата медијских истраживања. Уколико желе да одрже и поправе сопствено пословање и имиџ, ТВ станице морају да прате трендове, не само медијске, него и технолошке и проналазе начине за додатно отварање и приближавање аудиторијуму. За то су им неопходни стратешки оквири и акциони планови који се базирају на правовременим и квалитетним информацијама који ће омогућити доносиоцима одлука да одреде будуће правце акција у смеру развоја друштва у целини, првенствено праћењем мегатрендова. Ово ће додатно натерати доносиоце одлука да разумеју основне истраживачке концепте, како би схватили вредност

информација и како би били у стању да предвиде будућа кретања. У скорој будућности се може очекивати експанзија истраживања базираних на концептима вештачке интелигенције друштвеним медијима и долазећим технологијама, као што су интелигентни градови, 5Г, суперкомпјутери и тд.

LITERATURA:

[1] Štavljanin, V. and V. Pantović, "Online customer experience: Implications for digital banking", *Bankarstvo* Vol. 46, No. 2, pp 100-129, 2017.

[2] Miroslavljević, M., *Odnosi sa javnošću*, Banja Luka College, Besjeda Banja Luka, Banja Luka, 2008.

[3] Worcester, R. M. and J. Downham, *Consumer market research Handbook*, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1978.

[4] Luck, D. J. and R. S. Rubin, *Marketing research*, Prentice Hall of India, 1999.

[5] Vukmirović, J. and D. Vukmirović, *Marketing istraživanja*, Beogradska poslovna škola, Beograd, 2016.

[6] Aaker, D.A., V. Kumar, R.P. Leone, G. S. Day, *Marketing Research*, 12th Edition, Wiley, 2016.

[7] Supek, R., *Ispitivanje javnog mnijenja*, "Naprijed", Zagreb, 1961.

[8] Mozer, C. A., *Metodi anketiranja u istraživanju društvenih pojava*, Kultura, Beograd, 1962

[9] Milisavljević, S., *Istraživanje političkih pojava*, Institut za političke studije Fakulteta političkih nauka, Beograd, 1980.

[10] What is MassMediaResearch? - Definition & Examples. (2019, July 12). Retrieved from <https://study.com/academy/lesson/what-is-mass-media-research-definition-examples.html>.

[11] Ipsos, *Medialandscape, Serbia 2019*, Ipsos Strategic Marketing, Open Society Foundations, Beograd, 2020. АПР (2021).

[12] Агенција за привредне регистре, приступљено 01. 20.2022, <https://www.apr.gov.rs/infografike.4320.html?infoId=99>

[13] Danas, "U Srbiji 140 medija više nego prošle godine", Дневне новине Danas, приступљено: 20.02.2022. <https://www.danas.rs/vesti/drustvo/za-proteklih-godinu-dana-u-srbiji-140-medija-vise/>

[14] Komatina, S., "Medijski trendovi - Srbija 2020. Fondacija Propulsion Fond", приступљено: 20.02.2022. <https://www.novapismenost.propulsion.one/wp-content/uploads/2021/07/Ciklus-II-MEDIJSKI-TRENDOVI-SRBIJA-2020.pdf>

MODEL ZA IDENTIFIKOVANJE I DEFINISANJE ZAHTEVA ZA PKI ZASNOVAN NA KLASIFIKACIONOJ ŠEMI ZAHTEVA

A MODEL FOR IDENTIFYING AND DEFINING REQUIREMENTS TO PKI BASED ON A CLASSIFICATION SCHEME OF REQUIREMENTS

Radomir Prodanović¹, Dejan Rančić², Olivera Pronić-Rančić², Ivan Vulić³

Centar za primenjenu matematiku i elektroniku, Vojska Srbije¹

Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu²

Vojna akademija, Univerzitet odbrane³

Sadržaj – Statistika pokazuje da je jedan od glavnih uzroka propadanja projekata nedovoljno identifikovani i definisani zahtevi. Pored svih postojećih tehnika i modela u inženjeringu zahteva i dalje je prisutan ovaj problem. Autori kao rešenje problema predlažu model za identifikovanje i definisanje zahteva za PKI zasnovan na klasifikacionoj šemi i primenu AHP metode višekriterijumskog odlučivanja za izbor najpovoljnije klasifikacione šeme. Model za identifikovanje i definisanje zahteva za PKI može se primeniti i za druge sisteme uz izbor odgovarajuće klasifikacione šeme.

Abstract - The statistics show that one of the major causes of project failure is inappropriate identified and defined requirements. Regardless of existing techniques and models in requirements engineering, this problem is still present. As a solution, the authors proposed a model for identifying and defining the requirements for PKI based on the classification scheme and the application of the AHP method of multicriteria decision-making for the selection of the most adequate classification scheme. The model for identifying and defining the requirements for PKI can be applied to other systems with the selection of the appropriate classification scheme.

1. UVOD

Identifikovanje i definisanja zahteva za infrastrukturu javnih ključeva (Public Key Infrastructure, PKI) predstavlja složen zadatak koji proizilazi iz kompleksnosti PKI. PKI je skup hardvera, softvera, politika, procesa i procedura potrebnih za kreiranje, upravljanje, distribuciju, korišćenje, skladištenje i opoziv digitalnih sertifikata i javnih ključeva. Što je sistem kompleksniji to je teže identifikovati i definisati zahteve koji se mogu dizajnirati i implementirati tako da ispune očekivanja i zahteve korisnika. Rezultati istraživanja PMI (Project Management Institut) iz 2017. godine ukazuju da su neodgovarajuće prikupljeni zahtevi u 39% slučajeva primarni razloga propadanja projekata [1].

Uvođenje novog sistema ili dogradnja postojećeg predstavlja izazov za korisnika pri identifikovanju i opisivanju zahteva. Sa druge strane, inženjeri imaju problem ako neki zahtevi ostanu neotkriveni, a mogu se javiti i poteškoće u komunikaciji sa korisnikom.

Postoji više tehnika koje određuju postupke za identifikovanje i definisanje zahteva, ali korisnici i

inženjeri ipak ne mogu biti sigurni da su svi zahtevi otkriveni.

Klasifikaciona šema predstavlja skup zahteva koji su opisani i klasifikovani u kategorije. Primena klasifikacione šeme prilikom identifikovanja i definisanja zahteva daje korisniku i inženjerima okvir i usmerenje u kome treba tražiti zahteve. Postojanje više različitih klasifikacionih šema otežava izbor i primenu najbolje u datim okolnostima.

Autori predlažu primenu klasifikacione šeme kroz model za identifikovanje i definisanje zahteva za PKI i višekriterijumsko odlučivanje primenom AHP (Analytic Hierarchy Process) metode za izbor klasifikacione šeme na osnovu sledećih kriterijuma [2]: sveobuhvatnost, sistematičnost, jednostavnost, primenljivost, univerzalnost i jasnoća.

U drugom poglavlju opisane su klasifikacione šeme koje su najbolji izbor za primenu na PKI. U trećem poglavlju predložen je model za identifikaciju i definisanje zahteva za PKI. U četvrtom poglavlju prikazana je primena AHP metode za izbor najpovoljnije klasifikacione šeme za PKI, dok je u poslednjem poglavlju dat zaključak.

2. KLASIFIKACIONE ŠEME ZAHTEVA

Klasifikacija zahteva po standardu IEEE 830-1998. IEEE standard "IEEE Std-830-1993"[3] i njegova revizija iz 1998. godine [4] su značajan primer pokušaja klasifikovanja i detaljnog opisa nefunkcionalnih zahteva. Ovi standardi takođe uključuju i funkcionalne zahteve za razvoj softvera, kao i karakteristike koje treba da ispuni dobra softverska specifikacija zahteva. Standard razmatra sledeće zahteve: zahtevi za eksternim interfejsima, funkcionalni zahtevi, zahtevi za performansama, zahtevi za bazom podataka, zahtevi za dizajnom i zahtevi za kvalitetom sistema.

Klasifikacija zahteva po Sommerville-u. Podela po Sommerville-u [5] u prvom nivou grupiše nefunkcionalne zahteve na zahteve proizvoda, organizacione zahteve (zahtevi za implementacijom, zahtevi za standardima i zahtevi za isporuku) i spoljašnje zahteve. Zahtevi proizvoda odnose se na moguće i željene osobine koje sistem treba da poseduje. Organizacioni zahtevi su izvedeni iz smernica i procedura organizacije zainteresovane strane i izvršioca posla (ko razvija i implementira sistem). Spoljašnji zahtevi obuhvataju sve

zahteve izvedene iz spoljašnjih faktora koji utiču na sistem i razvojni proces.

Klasifikacija zahteva po Lamsweerde –u. Lamsweerde klasifikuje nefunkcionalne zahteve u sledeće kategorije: zahtevi za kvalitet servisa, za usklađenost sa normama, za ograničenja arhitekture i za ograničenja u razvoju [6]. Zahtevi za kvalitet servisa u ovoj klasifikaciji predstavljaju dodatna svojstva koja treba da ima funkcionalni deo softvera kao što su bezbednost, preformanse, raspoloživost, pouzdanost, tačnost, interfejs i druge aspekte sistema koji utiču na kvalitet servisa (usluge). Zahtevi usklađenosti propisuju da softverski efekti na okruženje budu u skladu sa nacionalnim zakonima, međunarodnim propisima, društvenim normama, kulturnim i političkim ograničenjima i standardima. Zahtevi za arhitekturom nameću strukturna ograničenja budućem softveru u skladu sa njegovim okruženjem. Zahtevi za razvojem određuju način razvoja softverskog proizvoda kako bi se zadovoljili funkcionalni zahtevi.

Klasifikacija zahteva po Odeh –u. Klasifikaciona šema [7] inspirisana je Kotonija i Sommerville, ISO/IEC 9126 i Van Lamsweerde klasifikacijama nefunkcionalnih zahteva. Ova klasifikaciona šema zasniva se na inženjeringu usluga i softverskom inženjeringu orijentisanom na usluge kao dve različite kategorije na najvišem nivou klasifikacije iz kojih proizilaze dalje podklasifikacije. Klasifikacija obuhvata zahteve koji su povezani sa željenim kvalitetom servisa, zahteve za razvojem proizvoda, zahteve povezane sa zakonskim regulativama i ograničenjima kao i zahteve kojima se ograničava arhitektura servisa.

Klasifikacija zahteva po Comai-u, FOCUS-TBD. Klasifikaciona šema FOCUS-TBD (Functionality, Operativeness, Compliance, Usability, Security, Time, Budget, Documentation, Maintenance and Support) [8] sastoji se od osam kategorija zahteva: funkcionalni zahtevi, zahtevi operativnosti, saglasnosti, upotrebljivosti, bezbednosti i sigurnosti, vremenski zahtevi projekta, zahtevi za budžetom projekta, za dokumentacijom, održavanjem i podrškom.

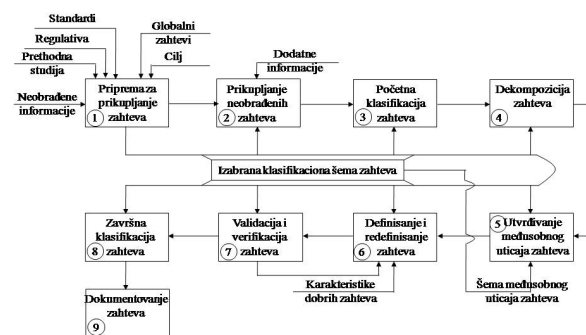
Klasifikacija zahteva po standardu ISO/IEC 9126. Standard ISO/IEC 9126 je namenjen proceni kvaliteta softvera kroz klasifikaciju nefunkcionalnih zahteva. Klasifikacija nefunkcionalnih zahteva u ovom standardu obuhvata samo zahteve za softverskim proizvodom, a ne i zahteve za sistemom u kome će funkcionisati softverski proizvod. Standard ISO 25010 [9] od 2011. godine zamenjuje gore navedeni standard, ali ne obuhvata sve zahteve. Takođe, ne obuhvata funkcionalne zahteve, organizacione zahteve, zahteve za dokumentacijom, podrškom, zakonskim regulativama. Ovaj standard klasifikuje nefunkcionalne zahteve u sledeće kategorije: funkcionalna podobnost, performanse, kompatibilnost, upotrebljivost, pouzdanost, bezbednost, održivost i prenosivost.

Klasifikacija zahteva po Elese-u (FURPS). FURPS je akronim koji predstavlja model za klasifikovanje kvaliteta osobina softvera, odnosno za klasifikovanje nefunkcionalnih zahteva. Ovaj model razvio je Robert Grady [10]. Znak + dodat je kasnije tako da od tada FURPS+ predstavlja prošireni akronim koji ističe sledeće osobine [11]: funkcionalnost (functionality), korisnost (usability), pouzdanost (reliability), performanse (performance) i podržanost (supportability), zahtevi za projektovanjem, za implementacijom, za interfejsom i fizički zahtevi.

3. MODEL ZA IDENTIFIKOVANJE I DEFINISANJE ZAHTEVA ZA PKI

Identifikovanje i definisanje zahteva predstavlja skup aktivnosti čiji krajnji rezultat (specifikacija zahteva) treba da pruži dovoljno informacija za izgradnju sistema koji će zadovoljiti zahteve korisnika i da omogući da specifikaciju na isti način razume korisnik i realizator odgovoran za implementaciju zahteva. Model za identifikovanje i definisanje zahteva za PKI sadrži klasifikacionu šemu kao radni okvir u svim aktivnostima kako bi se omogućilo uspešno identifikovanje i definisanje zahteva, slika 1.

Modeliranje zahteva je proces formiranja specifikacije sistema koju mogu razumeti na isti način i kupac (koji želi da se sistem izgradi i plaća za razvoj) i programer (koji je odgovoran za njegovu izgradnju). Otkrivanje zahteva ima za cilj da identifikuje zahteve, osobine domena i druge pridružene specifikacije, dok modeliranje zahteva daje specifikaciju zahteva koja omogućava zainteresovanim stranama da se sporazumeju o tome šta se razvija.



Slika 1. Model za identifikovanje i definisanja zahteva za PKI

Model se sastoji iz sledećih koraka:

Priprema za prikupljanje zahteva. Priprema obuhvata prikupljanje i kategorizaciju svih neobrađenih informacija koje korisnik može da pruži. Informacije se mogu dobiti iz prethodnih studija projekata, propisa, standarda, strategija, dokumentacije. Osim toga, u toku pripreme se određuju i tehnike koje će se koristiti za identifikovanje zahteva i odlučuje se o izboru odgovarajuće klasifikacione šeme.

Prikupljanje neobrađenih zahteva podrazumeva prikupljanje informacija iz dokumentacije, standarda, regulativa. Tokom tog procesa se sagledavaju ograničenja u sistemu u smislu uticaja na sistem (nema uticaja, ima uticaja, može imati pozitivan uticaj na sistem ili nije neophodn za sistem). Uočena ograničenja i prikupljene informacije daju osnovu za utvrđivanje zahteva koji se nakon kreiranja označavaju stepenom značaja i (ili) stepenom hitnosti (neohodnost da se zahtev realizuje). Prikupljanje neobrađenih zahteva se ne izvodi odjednom. Svaki put kada korisnik iznese dodatne informacije one se moraju proveriti i eventualno uvrstiti u dodatne zahteve.

Početna klasifikacija zahteva. Nakon identifikacije nobrađenih zahteva vrši se klasifikacija da bi se veliki skupovi zahteva dekomponovali na logički povezane podskupove, što pojednostavljuje dalji rad sa zahtevima. Izabrana klasifikaciona šema predstavlja okvir za klasifikovanje zahteva. Osim toga, prema izabranoj klasifikacionoj šemi može se izvršiti klasifikovanje i po drugim kriterijumima kako bi se omogućio različit pogled na isti skup zahteva.

Dekompozicija zahteva uspostavlja odnos nadređeni/podređeni između zahteva. Koristi se za one zahteve koji se odnose na više aspekata sistema. Dekomponovanjem složenog na jednostavnije zahteve olakšava se njihovo razumevanje i realizacija. Skup dekomponovanih zahteva obuhvata ista ograničenja kao i originalni (složeni) zahtev.

Utvrđivanje međusobnog uticaja zahteva. Zahtevi nisu nezavisni jedan od drugog. Prvi vid povezanosti proizilazi iz klasifikacije zahteva, gde nadređeni zahtev pruža opšti kontekst, a njegovi podređeni zahtevi se bave konkretnim pitanjima unutar tog konteksta. Drugi vid povezanosti proizilazi iz međusobnih uticaja zahteva iz različitih kategorija. Utvrđivanjem međusobnog uticaja zahteva se izbegava njihov sukob i pravovremeno se utvrđuje interakcija koju treba uzeti u obzir prilikom dizajna sistema.

Definisanje i redefinisanje zahteva [12]. Ova aktivnost formuliše, odnosno uobličava zahteve tako da sadrže sve karakteristike dobrih zahteva. Određuju se prioritet zahteva i njegova merljivost. Sve zahteve koji ne ispunjavaju uslove validacije i verifikacije potrebno je redefinisati, odnosno definisati tako da zadovolje kriterijume.

U definisanju je potrebno opisati zahteve što jasnije. U toku ove faze ne samo da se definiše šta je to zahtev već se definiše i šta nije zahtev. Da bi se razumela međusobna povezanost zahteva i omogućio efikasan rad sa njima u narednim fazama potrebno je izvršiti kategorizaciju zahteva prema poslovnim funkcijama ili organizacionim celinama. Takođe, radi se prioritizacija zahteva uzimajući u obzir poslovne potrebe jer ne mogu da se implementiraju svi odjednom.

Validacija i verifikacija zahteva. Validacija ima za cilj da proveri adekvatnost specificiranih i modeliranih zahteva i pretpostavki domena sa stvarnim očekivanjima zainteresovanih strana. Validacija zapravo proverava da li traženi zahtevi odražavaju stvarne potrebe zainteresovanih strana, da li su realni i dosledni sa ograničenjima domena. Zainteresovanoj strani je bitno da zahtevi ispunje očekivanja od samog početka. Verifikacija pokriva širok opseg provera uključujući kriterijume kvaliteta specificiranih i modeliranih zahteva (npr. doslednost). Verifikacija ima za cilj da proveri da li zahtevi ispunjavaju neka svojstva (npr. konzistentnost) ili da li specifikacija softvera ispunjava zahteve u datom domenu.

Završna klasifikacija zahteva. Po potrebi se mogu uspostaviti dodatne klasifikacije skupa zahteva, kao što su:

- Klasifikacija po inkrementu: za sistem koji se razvija inkrementalno zahtevi se mogu klasifikovati prema inkrementima koji će biti implementirani
- Klasifikacija prema komponentama: koristi se kada je softverski sistem baziran na komponentama, pa je potrebno sve zahteve koji se odnose na komponentu staviti u jednu klasu.
- Klasifikacija prema odgovornosti: podrazumeva klasifikovanje zahteva prema stepenu odgovornosti osobe ili tima koji su zaduženi za njihovu implementaciju.

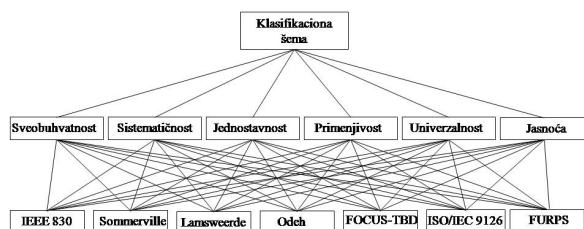
Dokumentovanje zahteva. Zahtevi se mogu dokumentovati u različitim formama. Obično se dokumentuju u formi liste i mogu uključiti slučajeve korišćenja, korisničko uputstvo ili specifikaciju procesa.

4. PRIMENA AHP METODE NA IZBOR ODGOVARAJUĆE KLASIFIKACIONE ŠEME ZAHTEVA

Klasifikacione šeme zahteva nisu standardizovane da moraju obuhvatati određene grupe zahteva, nego su opisane shodno iskustvu. Najčešće klasifikuju nefunkcionalne zahteve softverskog proizvoda i mogu biti proširene sa zahtevima za regulativama, servisima, budžetom, itd. Ovakva neusklađenost stvara probleme prilikom izbora najpovoljnije klasifikacione šeme za potrebe definisanja i utvrđivanja zahteva.

Da bi izabrali najpovoljniju klasifikacionu šemu zahteva za identifikovanje i definisanje zahteva za PKI potrebno je koristiti neku od metoda za višekriterijumsko odlučivanje.

Problem odlučivanja je definisan u skladu sa konceptom AHP metode, slika 2. Na najvišem nivou hijerarhije nalazi se cilj, zatim kriterijumi i alternative (potencijalna rešenja). Cilj je izbor najpogodnije klasifikacione šeme zahteva za razotkrivanje i definisanje PKI zahteva shodno definisanim kriterijumima.



Slika 2. Hijerarhijska struktura problema izbora najpovoljnije klasifikacione šeme

Kriterijumi za izbor klasifikacione šeme su [2]:

1. Sveobuhvatnost (K1) – podrazumeva da se klasifikaciona šema odnosi na široki spektar kategorija zahteva koji nisu samo nefunkcionalni i da obuhvata kategorije zahteva koji ne samo da definišu proizvod nego i sve neophodno za proizvod pre, za vreme i posle njegovog uvođenja.
2. Sistematičnost (K2) – klasifikaciona šema je organizovana tako da potkategorije dobro oslikavaju kategoriju iz koje su proizašle. Kategorije i zahtevi su opisani.
3. Jednostavnost (K3) – klasifikaciona šema je lako razumljiva i omogućava jednostavno korišćenje za potrebe razotkrivanja i definisanja zahteva.
4. Primenjivost (K4) – u kolikom delu se klasifikaciona šema može primeniti za potrebe razotkrivanja i definisanja zahteva za PKI.
5. Univerzalnost (K5) – primenjivost klasifikacione šeme za potrebe razotkrivanja i definisanja zahteva u raznim sistemima.
6. Jasnoća (K6) – klasifikaciona šema raspolaže sa jasnim zahtevima ili jasnim kategorijama zahteva.

Alternative su: IEEE 830 klasifikacija (A1), klasifikacija po Sommervillu (A2), klasifikacija po Lamsweerde (A3), klasifikacija po Odehu (A4), FOCUS-TDB klasifikacija (A5), ISO IEC 9126 klasifikacija (A6) i FURPS klasifikacija (A7). Navedene klasifikacije opisane su u poglavlju 2. Klasifikacione šeme zahteva.

Prvo smo izvršili poređenje svih parova kriterijuma u odnosu na cilj (matrica poređenja, tabela 1.) pomoću Satijeve skale (tabela 2.), a potom smo izračunali vektor sopstvenih vrednosti (tabela 1.) po formuli (1). Na osnovu izračunatog vektora sopstvenih vrednosti svaki kriterijum dobija odgovarajući težinski koeficijent kojim se definiše njegova relativna vrednost u odnosu na cilj.

Tabela 1. Matrica poređenja kriterijuma u odnosu na cilj i težinski vektori

Cilj	K1	K2	K3	K4	K5	K6	W
K1	1	2	1	1/5	7	3	0,223
K2	1/2	1	1	1/5	7	1	0,147
K3	1	1	1	1/5	7	2	0,182
K4	2	2	2	1	7	2	0,295
K5	1/7	1/7	1/7	1/7	1	1/7	0,027
K6	1/3	1	1/2	1/2	7	1	0,126
CR=0,03455<0,10							

Da bismo proverili ispunjenost uslova konzistentnosti izračunali smo stepen konzistentnosti CR , formula (2). Matrica poređenja kriterijuma sa ciljem, težinski koeficijenti w i stepen koegzistencije dati su u tabeli 1.

Tabela 2. Satijeva skala vrednovanja (relativni značaj) [13]

Značaj	Definicija	Objašnjenje
1	Istog značaja	Dva elementa su identičnog značaja u odnosu na cilj.
3	Slaba dominantnost	Iskustvo ili rasudjivanje neznatno favorizuju jedan element u odnosu na drugi.
5	Jaka dominantnost	Iskustvo ili rasudjivanje znatno favorizuju jedan element u odnosu na drugi.
7	Demonstrirana dominantnost	Dominantnost jednog elementa potvrđena u praksi.
9	Apsolutna dominantnost	Dominantnost najviseg stepena.
2, 4, 6, 8	Međuvrednosti	Potreban kompromis ili dalja podela.

Vektor težinskih koeficijenata w može se dobiti normalizacijom recipročnih vrednosti suma kolona, formula (1).

$$\sum_{i=1}^n \frac{W_i}{W_j} = \frac{1}{W_j} \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{W_i} \right) \quad (1)$$

$j = 1, \dots, n$ (po kolonama)

W_i predstavlja relativan težinski koeficijent elementa i .

Stepen konzistentnosti (CR) računa se prema formuli (2).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

Indeks koegzistencije (CI) izračunava se prema formuli (3)

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

gde je λ_{max} maksimalna sopstvena vrednost matrice poređenja.

λ_{max} izračunavamo tako što matricu sopstvenih vrednosti pomnožimo sa vektorom težinskih koeficijenata. Svaki elemenat dobijenog vektor b delimo sa korenspondirajućim elementom vektora W . Zatim sabiramo sve elemente dobijenog vektora c i podelimo sa n .

Slučajni indeks (RI) određuje se iz tabele 3, a na osnovu reda matrice poređenja.

Tabela 3. Slučajni indeksi [13]

n	1	2	3	4	5	6	7	8
RI	0,0	0,0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41
n	9	10	11	12	13	14	15	
RI	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,58	

Ako je stepen konzistentnosti (CR) manji od 0,10, rezultat je dovoljno tačan i nema potrebe za korekcijama u poređenjima i ponavljanje proračuna. Ako je stepen konzistentnosti veći od 0,10, rezultate bi trebalo ponovo analizirati i ustanoviti razloge nekonzistentnosti, ukloniti ih delimičnim ponavljanjem poređenja u parovima, a ako ponavljanje procedure u nekoliko koraka ne dovede do sniženja stepena konzistentnosti do tolerantnog limita 0,10, sve rezultate treba odbaciti i ponoviti ceo postupak od početka [14].

Na prethodno opisani način izvršili smo poređenje parova alternativa prema svakom kriterijumu. Izračunali smo težinske vektore i stepen koegzistencije. Rezultati su prikazani u tabelama 4-9.

Tabela 4. Matrica poređenja alternativa prema kriterijumu sveobuhvatnost i težinski vektori

K1	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	W
A1	1	2	2	3	1	7	1	0,244
A2	1/2	1	2	2	1	3	3	0,182
A3	1/2	1/2	1	2	1	3	2	0,141
A4	1/3	1/2	1/2	1	1	3	3	0,120
A5	1	1	1	1	1	5	5	0,194
A6	1/7	1/3	1/3	1/3	1/5	1	1	0,045
A7	1	1/3	1/2	1/3	1/5	1	1	0,079
CR=0,07807<0,10								

Tabela 5. Matrica poređenja alternativa prema kriterijumu sistematičnost i težinski vektori

K2	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	W
A1	1	2	2	3	1	2	3	0,228
A2	1/2	1	2	3	1	2	3	0,186
A3	1/2	1/2	1	3	1	2	3	0,156
A4	1/3	1/3	1/3	1	1	1	1	0,082
A5	1	1	1	1	1	3	5	0,189
A6	1/2	1/2	1	1/3	1/3	1	2	0,087
A7	1/3	1/3	1	1/5	1/2	1	1	0,077
CR=0,09118<0,10								

Tabela 6. Matrica poređenja alternativa prema kriterijumu jednostavnost i težinski vektori

K3	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	W
A1	1	7	5	6	2	3	3	0,387
A2	1/7	1	1	1	1	1	1	0,092
A3	1/5	1	1	3	1	1	1	0,115
A4	1/6	1	1/3	1	1	1	1	0,084
A5	1/2	1	1	1	1	2	2	0,139
A6	1/3	1	1	1	1/2	1	1	0,092
A7	1/3	1	1	1	1/2	1	1	0,105
CR=0,04215<0,10								

Tabela 7. Matrica poređenja alternativa prema kriterijumu primenljivost i težinski vektori

K4	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	W
A1	1	1	1	1	1	2	2	0,159
A2	1	1	1	2	1	2	2	0,177
A3	1	1	1	2	1	3	3	0,195

A4	1	1/2	1/2	1	1	2	2	0,131
A5	1	1	1	1	1	5	5	0,213
A6	1/2	1/3	1/3	1/2	1/5	1	1	0,062
A7	1/2	1/3	1/3	1/2	1/5	1	1	0,065
CR=0,00790<0,10								

Tabela 8. Matrica poređenja alternativa prema kriterijumu univerzalnost i težinski vektori

K5	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	W
A1	1	1	1	1	1	1	1	0,141
A2	1	1	1	2	1	1	2	0,170
A3	1	1	1	1	1	1	2	0,151
A4	1	1/2	1	1	1	1	2	0,139
A5	1	1	1	1	1	1	3	0,161
A6	1	1	1	1	1	1	3	0,161
A7	1	1/2	1/2	1/2	1/3	1/3	1	0,080
CR=0,01949<0,10								

Tabela 9. Matrica poređenja alternativa prema kriterijumu jasnoća i težinski vektori

K6	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	W
A1	1	2	1	3	1	1	1	0,141
A2	1/2	1	1	2	1	1	1	0,170
A3	1	1	1	7	1	1	1	0,151
A4	1/3	1/2	1/7	1	1	1	1	0,139
A5	1	1	1	1	1	1	1	0,161
A6	1	1	1	1	1	1	1	0,161
A7	1	1	1	1	1	1	1	0,080
CR=0,01949<0,10								

Na osnovu dobijenih vrednosti CR zaključuje se da stepen konzistentnosti ne premašuje dozvoljenu granicu, što znači da je vrednovanje kriterijuma i alternativa sprovedeno sa minimumom subjektivnosti.

Konačnu odluku koja alternativa je najbolja za posmatrani problem dobijamo otežanom sumom (aditivnim težinama) tako što formiramo matricu težinskih vektora alternative po svim kriterijumima i pomnožimo je sa težinskim vektorom kriterijuma. Dobijeni rezultat predstavlja uticaj kriterijuma na izbor alternative koja predstavlja najbolje rešenje za ostvarenje cilja.

Tabela 10. Težinski vektori alternativa i kriterijuma

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
Wc	0,223	0,147	0,182	0,295	0,027	0,126
A1	0,244	0,228	0,387	0,159	0,141	0,174
A2	0,182	0,186	0,092	0,177	0,170	0,134
A3	0,141	0,156	0,115	0,195	0,151	0,191
A4	0,120	0,082	0,084	0,131	0,139	0,091
A5	0,194	0,189	0,139	0,213	0,161	0,137
A6	0,045	0,087	0,092	0,062	0,161	0,137
A7	0,079	0,077	0,105	0,065	0,080	0,141

U tabeli 10. prikazani su težinski vektori alternativa za svaki kriterijum, težinski vektor kriterijuma i izračunati prioritet na osnovu koga je izvršeno rangiranje. Iz tabele 11 se vidi da alternativa A1 (klasifikacija zahteva po

standardu IEEE 830-1998) predstavlja najdominantniju klasifikaciju koju treba upotrebiti za proces identifikovanja i definisanja zahteva PKI. Na osnovu izračunatog prioriteta i dodeljenog ranga, klasifikacija zahteva po Comai-u (FOCUS-TBD, A5) predstavlja drugu dominantnu kasifikaciju, dok klasifikacija zahteva po Lamsweerde-u (A3) predstavlja treću po rang u klasifikaciju za proces identifikovanja i definisanja zahteva za PKI.

Tabela 11. Vektor prioriteta i rang

	Vektor prioriteta	Rang
A1	0,230998	1
A2	0,158361	4
A3	0,160973	3
A4	0,107966	5
A5	0,180787	2
A6	0,079467	7
A7	0,087147	6

5. ZAKLJUČAK

Klasifikaciona šema zahteva predstavlja domen u kome treba tražiti zahteve za razvoj softverskog proizvoda. Predstavlja pomoć i korisnicima i inženjerima u otkrivanju svih zahteva i što boljem razumevanju prilikom otkrivanja i definisanja zahteva. Izbor klasifikacione šeme je bitna aktivnost prilikom priprema za identifikovanje i definisanje zahteva. AHP metoda se pokazala kao dobar izbor jer daje mogućnost merenja greške u rasuđivanju i smanjuje subjektivnost prilikom vrednovanja.

LITERATURA

- [1] PMI, Pulse of the Professional, 9th Global Project Management Survey, 2017, <https://www.pmi.org/-/media/pmi/documents/public/pdf/learning/thought-leadership/pulse/pulse-of-the-profession-2017.pdf>
- [2] Prodanović, R. and I. Vulić, „Classification as an Approach To Public Key Infrastructure Requirements Analysis“, IET Software, pp.13, 2019, DOI: 10.1049/iet-sen.2018.5286

- [3] IEEE, IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specification. IEEE standard 830-1993, 1993.
- [4] IEEE, IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specification. IEEE standard 830-1998, 1998.
- [5] Sommerville, I., Software Engineering, Ninth Edition, Addison-Wesley, 2011, ISBN 13: 978-0-13-703515-1
- [6] Van Lamsweerde, A., Requirements Engineering: From System Goals to UML Models to software specifications, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, England, 2009, Reprinted 2012
- [7] Odeh, Y. and M. Odeh, „A new classification of non-functional requirements for service-oriented software engineering“, 2011.
- [8] Comai, A. „A Guide for the Discovery of Software Requirements“, Version 1.0 – 26th November 2007, <https://analisi-disegno.com/wp-content/uploads/2013/08/requirementsbyexample.pdf>, Pristupano 11.08.2021. godine
- [9] ISO/IEC, ISO/IEC 25010, <https://iso25000.com/index.php/en/iso-25000-standards/iso-25010?start=0>, Pristupano 11.08.2021. godine
- [10] Grady, R., Practical Software Metrics for Project Management and Process Improvement. Prentice-Hall, 1992
- [11] Eeles, P. „Capturing Architectural Requirements“, JOUR, 2001, Available from: https://www.researchgate.net/publication/329760910_Capturing_Architectural_Requirements, Pristupano 11.08.2021]
- [12] Prodanović R., Vulić I. and D. Jovančić, „Jedan pristup u analizi PKI zahteva“, INFOTECH 2013 ICT Conference & Exhibition, jun 2013, ISBN: 978-86-82831-19-8.
- [13] Saaty T.L., The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, Inc., 1980.
- [14] Srdjević, B. and Z. Jandri, Analitičko hijerarhijski proces u strateškom gazdovanju šumama, Studija, Novi Sad,

UTICAJ DIGITALIZACIJE I TEHNOLOŠKIH PROMENA NA POSLOVANJE BANKE U SRBIJI

THE IMPACT OF DIGITALIZATION AND TECHNOLOGICAL CHANGES ON THE BANK'S OPERATIONS IN SERBIA

Anja Pavićević¹

Fakultet Organizacionih Nauka Univerziteta u Beogradu¹

Sadržaj - Digitalizacija i tehnološke promene u bankarstvu zahtevaju od banaka da preispitaju i modifikuju tradicionalne metode poslovanja, i da se orijentišu na digitalne kanale distribucije bankarskih usluga. Uticaj digitalizacije u bankarskom sektoru evidentiran je u literaturi, i ukazano je na pozitivne aspekte, ali i izazove koje donosi. U radu je uticaj digitalizacije ilustrovan putem studije slučaja - banke koja posluje na domaćem tržištu, čime je omogućen uvid u dosadašnje ishode i tendencije ovog procesa.

Abstract - Digitalization and technological changes in banking require banks to review and modify traditional business methods, and to focus on digital distribution channels of banking services. The impact of digitalization in the banking sector has been recorded in the literature, and the positive aspects, as well as the challenges it brings, have been pointed out. The paper illustrates the impact of digitalization through a case study - a bank operating in the domestic market, which provides an insight into the current outcomes and trends of this process.

1. UVOD

Savremeno, dinamično i promenljivo tehnološko okruženje zahteva kontinuirano prilagođavanje poslovnih subjekata i nameće potrebu sprovođenja ubrzanog procesa digitalne transformacije [1]. Digitalizacija i digitalna transformacija poslovnih procesa postale su poslovni imperativ, što je dovelo do značajnih promena u poslovnim procesima u svim granama industrije na globalnom nivou [2].

Uvođenje tehnoloških promena u bankarstvu primoralo je savremene banke da preispitaju i promene svoje tradicionalne modele poslovanja koje su najvećim delom zasnovani na postojanju fizičkih lokacija za pružanje usluga, i da ih zamene savremenim digitalnim kanalima distribucije [3]. Pandemija Covid-19 predstavlja svojevrsni „katalizator“ za usvajanje i sve intenzivnije sprovođenje digitalizacije u poslovanju [4], kao što je slučaj i u bankarstvu na globalnom nivou. Pošto su od početka pandemije mnoge filijale banaka privremeno ili trajno zatvorene, i većina fizičkih interakcija svedena na minimum, korisnici banakarskih usluga su ubrzano prihvatili samouslužne kanale, uključujući onlajn i mobilno bankarstvo, što je dovelo do dodatne ekspanzije korišćenja ovih usluga [5]. Prema podacima Narodne banke Srbije za 2020. godinu, broj korisnika elektronskog bankarstva u Srbiji porastao je za 14,83% u odnosu na 2019. godinu, dok je broj korisnika mobilnog bankarstva porastao za 26,99% u odnosu na 2019. godinu [6].

Razvoj digitalnog bankarstva donosi brojne ekonomske koristi, u kontekstu omogućavanja veće ekonomske transparentnosti, smanjenja sive ekonomije i povećanja poreskih prihoda i posledično, povećanja BDP-a. Stoga, među strateškim prioritetima država ima unapređenje raznovrsnosti, kvaliteta i usluga u oblasti digitalnih plaćanja konsolidacijom institucionalnog i pravnog okvira, povećanjem infrastrukturnih kapaciteta i kreiranjem platforme za masovno korišćenje [7]. Značaj digitalizacije je prepoznat i u domaćim okvirima na strateškom nivou, pa je u okviru Nacionalne strategije Republike Srbije za mala plaćanja predviđeno unapređenje regulatornog okvira kako bi se tržište otvorilo za inovacije i razvoj sistema elektronskog plaćanja, a kao cilj je definisano udvostručenje broja elektronskih plaćanja po građaninu do 2024. godine, u odnosu na 2018. godinu koja predstavlja polaznu osnovu [8].

Uzimajući u obzir prepoznatost značaja digitalizacije i tehnoloških promena na nacionalnom finansijskom tržištu, i tendencije razvoja digitalnih usluga od strane banaka, cilj rada jeste da se, kroz analizu reprezentativnog primera banke koja posluje na domaćem tržištu, ukaže na način na koji se promene i prilagođavanje internih i eksternih poslovnih procesa odvijaju u praksi.

2. PREGLED LITERATURE

Tehnološke inovacije i ubrzani proces digitalizacije doveli su do transformacije u kontekstu poslovanja banaka na globalnom nivou. Digitalna transformacija u bankarskom sektoru je kontinuiran proces koji utiče i na spoljašnje i na unutrašnje okruženje kroz redizajniranje procesa i postojećih metoda obavljanja poslovnih operacija [1]. Uticaj digitalizacije i tehnoloških promena na poslovanje banaka je evidentiran u literaturi, gde je u brojnim istraživanjima na ovu temu ukazano na pozitivne aspekte, ali i izazove koje ove promene donose. Mnoge bankarske usluge se već zasnivaju na tehnologijama kao što su: veštačka inteligencija (AI), mašinsko učenje, blockchain, tehnologije velikih podataka ili internet stvari (IoT), koje imaju značajan uticaj na sektor kroz razvoj novih modela bankarstva koji idu od interakcije čoveka sa mašinom, do interakcije između mašina [9, 10]. Smatra se da će ove tehnologije nastaviti da pokreću globalno bankarstvo tokom narednih godina, uz konstituirano unapređenje metoda njihove implementacije [10].

Koristi od upotrebe savremenih tehnologija za banke su mnogobrojne. Digitalna transformacija omogućava opsluživanje udaljenih lokacija bez potrebe za postojanjem

fizičkih organizacionih jedinica (filijala, ekspozitura). Utvrđeno je da, sa aspekta zaposlenih u bankama, digitalizacija omogućava da se za kraće vreme, na efikasniji način, obavi veći obim posla [1]. Proširenje obima primene digitalnih transakcija smanjuje operativne troškove banaka, što otvara nove mogućnosti za razvoj savremenih finansijskih usluga, čime se dalje doprinosi povećanju prihoda i profita za banke [11]. U studiji sprovedenoj od strane [12] utvrđeno je da povećanje broja bankarskih transakcija izvršenih onlajn dovodi do većih povraćaja od ulaganja u tehnološko osavremenjivanje, i ukazano je da unapređenje digitalnog poslovanja dugoročno dovodi do poboljšanja finansijskog učinka u komercijalnim bankama. U istraživanju koje je obuhvatilo uzorak predstavnika banaka sa rukovodećih pozicija, sprovedenom od strane EIU [10], utvrđena je spremnost većine da se izvrši transformisanje postojećih poslovnih modela banaka u digitalne ekosisteme. Istaknuto je da banke nastavljaju da prilagođavaju svoje interne strukture digitalnim tehnologijama kako bi poboljšale korisničko iskustvo, ponudu proizvoda i nove tokove prihoda. Na taj način, inovacije koje dovode do digitalizacije pomažu bankama da unaprede poslovne procese i ostvare bolje poslovne rezultate [3]. Koristi od upotrebe savremenih tehnologija vidljive su i u marketinškom kontekstu, kroz poboljšan imidž i reputaciju banaka na tržištu, bolji odgovor na promene u okruženju i lakši prodor na nove tržišne segmente, bez prostornog i vremenskog ograničenja [13]. Takođe, razvojem digitalnih usluga sa različitim funkcionalnostima omogućava se efikasno diferenciranje u odnosu na konkurente [1]. Za banke prednost se ogleda i u generisanju veće količine digitalnih podataka o korisnicima, što vodi ka unapređenju kvaliteta procesa odlučivanja, podstaknutog kompleksnijom analitikom podataka. Smanjuje se mogućnost nastanka ljudski generisanih grešaka, što takođe povećava kvalitet operacija i donetih odluka [14].

Digitalizacija donosi i mnoge koristi za korisnike bankarskih proizvoda i usluga. Digitalno bankarstvo omogućava korisnicima da proveravaju status računa, plaćaju račune, prenose novac ili podižu gotovinu sa bankomata, a novi digitalni alati takođe omogućavaju lak pristup raspoloživim finansijskim opcijama [5]. Glavni aspekt uticaja digitalizacije se reflektuje u promenama obrazaca ponašanja i oblikovanje preferencija korisnika bankarskih usluga [15, 5]. Proces digitalizacije u bankarstvu vodi ka tome da je korišćenje bankarskih usluga uz pomoć savremenih tehnologija lakše, brže i jeftinije [3]. Kako se značajan broj bankarskih transakcija sada obavlja na računarima ili mobilnim telefonima, jednostavnost i brzina korišćenja ovih aplikacija dovodi do uštede vremena (zahvaljujući neograničenoj dostupnosti i brzini izvršenja transakcija) i troškova za korisnike (ostvaruju se niži troškovi pristupa i korišćenja usluga) [15, 13]. Putem različitih aplikacija, korisnicima je omogućeno da u realnom vremenu imaju sve informacije o sopstvenim transakcijama, zaduženjima, vrednovanju investicionih proizvoda, programima nagrađivanja banaka i troškovima korišćenja određenih proizvoda/usluga (npr. odžavanje računa, posredovanja kartica, korišćenja kredita) [1]. Većina banaka je prepoznala važnost novih tehnologija za

poboljšanje korisničkog iskustva i zadovoljstva korisnika, što omogućava stavljanje korisnika u srž razvoja poslovne strategije [11, 2]. Digitalizacija je takođe jedan od pokretača povećanja nivoa poverenja između korisnika i banaka, čineći ovaj sektor transparentnijim [7]. Rezultati istraživanja koje je sproveo Deloitte [5] pokazuju da, kroz digitalnu transformaciju, banke imaju priliku da utiču na preferencije klijenata prema digitalnim kanalima komunikacije i isporuke usluga, kao i da podstaknu povećanje njihove lojalnosti i ojačanje međusobnih odnosa. Banke bi, stoga, trebalo da iskoriste prednosti korišćenja digitalnih i samouslužnih kanala kako bi unapredile korisničko iskustvo inovativnim miksom ljudskih i digitalnih elemenata procesa pružanja usluga.

Sa druge strane, digitalizacija donosi bankama i brojne izazove koji mogu prerasti u barijere za efikasnu implementaciju različitih tehnoloških rešenja. Jedan od osnovnih izazova je potreba za adekvatnim veštinama zaposlenih neophodnih za sprovođenje procesa. Nedostatak adekvatno obučenog i specijalizovanog osoblja predstavlja ozbiljan izazov. U tom smislu, zaposleni koji pripadaju starijim starosnim grupama i zaposleni sa nižim nivoom tehnološke pismenosti mogu se suočiti sa poteškoćama u korišćenju digitalnih sistema [1]. Rezultati istraživanja pokazuju da lična motivacija zaposlenih, percipirana jednostavnost korišćenja određenih tehnoloških rešenja i uočena korisnost direktno utiču na nameru zaposlenih da se aktivno uključe u proces digitalizacije [16]. Takođe, nedostatak kontrolnih procedura za proveru i evaluaciju postignutih rezultata je suštinski faktor operativnog i sistemskog rizika [1].

Pored internih rizika, ustanovljeno je da je glavni eksterni rizik banke povezan sa mogućim sigurnosnim problemima u korišćenju onlajn plaćanja. Iz tog razloga, banke moraju da nastoje da maksimalno unaprede metode zaštite korisničkih podataka [17]. Ovaj rizik je značajan izazov koji može uticati, kako na nameru zaposlenih, tako i korisnika da koriste digitalne tehnologije. Sposobnost suočavanja sa ovim rizikom i pronalaženje metoda za njegovo redukovanje direktno utiče na kredibilitet bankarskog sektora [1]. Regulatorni problemi u vezi sa novim tehnologijama takođe je jedan od najvažnijih problema u bankarskom sektoru [10]. Negativan aspekt ubrzane digitalizacije je dugoročno smanjenje potreba za zaposlenima i gubitak poslova u sektoru, usled smanjenja broja fizičkih lokacija banaka i redukovanja potrebe za određenim radnim pozicijama [14].

Sa aspekta korisnika, izazovi korišćenja digitalnih bankarskih usluga su povezani sa bezbednosnim stavkama, što se ogleda u: riziku od gubljenja ili krađe mobilnog uređaja, riziku nemogućnosti otvaranja bankarske aplikacije (gubljenja lozinke) ili riziku nemogućnosti autentifikacije uređaja od strane pružaoca usluga, riziku nedovoljne zaštite podataka koji se transmituju i koji se čuvaju na uređaju, kao i problemima tehničke prirode (npr. nedostupnost internet konekcije). Rezultati jednog istraživanja na ovu temu su ukazali da oko polovine učesnika u istraživanju (korisnika bankarskih usluga) nema poverenje u sigurnost obavljanja transakcija putem

mobilnih uređaja, a tri četvrtine veruje da je korišćenje internet i mobilnog bankarstva povezano sa mogućim prevarnim radnjama [18]. Pored rizika bezbednosne prirode, rezultati istraživanja sprovedenog od strane Deloitte [5] ukazuju i na problem koji je povezan sa izostankom ljudske interakcije u digitalnom bankarstvu. Naime, ustanovljeno je da su potrošači voljni da koriste digitalne kanale za jednostavne transakcijske aktivnosti, ali da ipak žele interakciju sa zaposlenima u bankama kada su u pitanju složeniji proizvodi i usluge, kao što su krediti, hipoteke i finansijski saveti.

3. STUDIJA SLUČAJA

Kao primer iz prakse, uzeta je inostrana banka koja posluje na srpskom tržištu i koja je deo bankarske grupe aktivne u šest zemalja. Primarni podaci za analizu slučaja iz prakse dobijeni su na osnovu intervjua sa dve osobe iz menadžmenta banke. Intervju se bazirao na strukturiranom upitniku sa otvorenim pitanjima koja su grupisana u četiri segmenta. Pored toga, kao izvor sekundarnih podataka, korišćeni su rezultati studije sprovedeni od strane međunarodne konsultantske kompanije [19], a koja je rađena na uzorku od osam banaka koje posluju na domaćem tržištu.

3.1. Značaj digitalizacije u strateškoj orijentaciji banke

Na osnovu odgovora koje su davali ispitanici, zaključuje se da je digitalizacija jako važan segment strategije poslovanja banke i da je rukovodstvo svesno važnosti digitalizacije. Međutim, uzevši u obzir da digitalizacija donosi benefite na duži rok, i da koristi od tog procesa nisu odmah vidljive, menadžment banke prioritetan značaj ipak daje tekućim pitanjima i stavkama koje utiču na kratkoročne rezultate prodaje i profitabilnost i regulatornim zahtevima koji su ključni u ovom sektoru. U tom kontekstu, sagovornici su strateškom značaju digitalizacije u banci dodelili ocenu 5/5, ali smatraju da se, u realnoj praksi, ovom procesu dodeljuje značaj koji odgovara oceni 3,5/5.

Kao faktor koji ograničava proces digitalizacije, ispitanici su naveli nedovoljnu agilnost organizacije u implementaciji tehnoloških rešenja, ali i kompleksnost procesa koji zahteva obavezu obaveštavanja regulatornog tela i usklađivanja sa regulativom, i usvajanje novih internih procedura koja se odnose na digitalnu sferu. Država, odnosno Narodna banka Srbije predstavljaju važan faktor u opredeljenju banke da ulaže i razvija digitalne kanale i funkcionalnosti. Zakonska regulativa je ključna u ovom kontekstu, pa se uvek prioritet daje promenama koje su obavezne. Dodatnu barijeru predstavljaju nedovoljna ulaganja u digitalizaciju, oskudnost IT resursa i visoka stopa migracija zaposlenih IT profila, kao i obavljanje celokupnog procesa dominantno interno, bez angažovanja spoljnjih saradnika specijalizovanih za tu oblast. Podaci iz studije kompanije PwC ukazuju da je ova banka drugi najmanji potrošač među osam banaka koje se predmet analize, kako po ukupnoj potrošnji na IT, tako i po potrošnji na razvoj IT resursa. U tom smislu, ova banka je ispod tržišnog proseka. Jedino kada je u pitanju digitalni

marketing, ova banka troši u nivou tržišnog proseka, i ostvaruje 12% ukupnog tržišnog učešća u oblasti digitalnog marketinga. U poređenju sa tržišnom strukturom potrošnje na digitalni marketing, banka ima veći udeo potrošnje na direktni marketing i oglašavanje bazirano na plaćenju pretrazi, ali manji udeo potrošnje na marketing na društvenim mrežama [19] (Tabela 1). Odnos ulaganja u tradicionalne medije (TV, bilbordi, štampani mediji) naspram digitalnog marketinga je i dalje oko 85:15, mada ulaganja u digitalni marketing rastu svake godine za 2-3%.

Tabela 1. Ulaganje u digitalni marketing (prema podacima iz studije [19])

	Iznos za banku	Tržišni prosek
Udeo ulaganja u digitalni marketing u ukupnom budžetu za marketing	8%	14%
Ulaganja u direktni marketing u ukupnom budžetu za digitalni marketing	12%	7%
Ulaganja u oglašavanje bazirano na plaćenju pretrazi	33%	24%
Ulaganja u marketing na društvenim mrežama	4%	15%

Ispitanici smatraju da je organizaciona kultura povoljna u kontekstu digitalizacije i da deluje podsticajno na zaposlene da zauzmu proaktivan pristup. Smatraju da bi dodeljena ocena značajnosti promovisanja digitalizacije u okvirima organizacione kulture mogla biti 4/5. U banci je organizovana kutija za sugestije i ideje, kako bi zaposleni dali svoje predloge za unapređenje različitih oblasti poslovanja. Predlozi su dominantno generalne prirode, tako da svest o značaju ličnog doprinosa procesa digitalizacije tek treba da se podstiče. Sagovornici smatraju da je paradoksalno da ideje iz tog domena uglavnom daju zaposleni iz službi podrške, iako bi oni trebalo da se osete najugroženijim zbog potencijalnog gubitka potrebe za određenim poslovima, kao posledice digitalizacije.

U okviru organizacione strukture, radne pozicije koje se odnose na digitalizaciju nisu centralizovane, već se određene radne pozicije nalaze na nivou različitih organizacionih jedinica. Kako postoji inicijativa menadžmenta da se izvrši centralizacija, tendencija je da se formira sektor zadužen za digitalizaciju i da se taj sektor, kao zasebna organizaciona jedinica, bavi digitalizacijom celokupnog poslovnog sistema banke.

3.2. Digitalizacija procesa usmerenih ka korisnicima bankarskih proizvoda/usloga

Banka ima dugoročnu prioritizaciju digitalizacije procesa namenjenih korisnicima njihovih proizvoda i usluga u odnosu na interne procese. Ovo se smatra mnogo važnijim

od otvaranja novih ekspozitura, pa je fokus na tome da se svakom korisniku omogućiti da dobije pristup uslugama kroz digitalno bankarstvo. Najpre se pristupilo digitalizaciji repetitivnih, manje kompleksnih aktivnosti, dok će se u sledećoj fazi digitalizovati i određene kompleksnije aktivnosti, međutim, cilj je da se direktan kontakt zaposlenih sa korisnicima ipak ne izgubi u potpunosti. Transakcije su dominantno digitalne već godinama, pri čemu prednjače pravna lica ali se kontinuirano povećava i broj fizičkih lica korisnika digitalnih plaćanja. Dugoročni cilj je posedovanje potpuno digitalizovanih korisnika koji, ne samo da obavljaju transakcije preko digitalnih kanala, već koriste digitalne kanale i za kupovinu proizvoda, apliciranje za kredite i komuniciranje sa bankom. Povećanje broja korisnika digitalizovanih usluga za period od poslednjih pet godina prikazan je u Tabeli 2.

Tabela 2. Kretanje broja korisnika digitalizovanih usluga za period 2017-2021

Godina	Rast (izražen u %)
2017	26%
2018	46%
2019	31%
2020	37%
2021	29%

Napomena: Treba imati u vidu da su apsolutne cifre korisnika digitalnih usluga tokom godina značajno porasle, pa veći procentualni rast ne znači nužno veći rast u apsolutnim ciframa u različitim godinama

Elektronsko bankarstvo (E- bankarstvo) je pokrenuto 2007. godine u banci, što je šest godina nakon banke koja je to prva uradila od posmatranih osam u studiji [19]. U proseku, banke na domaćem tržištu sprovode velike nadogradnje elektronskog bankarstva devet godina nakon prvog pokretanja (minimalni rok je dve godine, a maksimalni 14 godina) [19]. Banka nudi korisnicima mogućnost otvaranje naloga za digitalno bankarstvo, bez odlaska u ekspozituru, potpuno onlajn ili podnošenjem pristupnice za elektronske servise u bilo kojoj ekspozituri. Kada su u pitanju funkcionalnosti E-bankarstva, banka je neznatno ispod proseka (Tabela 3) [19].

Evidentirano je 787 hiljada korisnika M-bankarstva koji imaju mesečnu prijavu na tržište u Srbiji. Sa 46 hiljada korisnika, posmatrana banka ima 5,9% tržišnog udela. Većina aktivnih korisnika usluga mobilnog bankarstva banke je iz Beograda i većih gradova, što je standardna situacija na tržištu. Banka ima solidnu aktivaciju korisnika, iako je i dalje ispod tržišnog proseka. Korisnici usluga banke sa mesečnom prijavom iznose 38% ukupnih korisnika (prosek na tržištu je 45%), dok korisnici koji obavljaju transakcije iznose 25% (prosek na tržištu je 30%). U proseku, korisnici banke se prijavljuju na svoj profil za M-bankarstvo oko 20 puta mesečno [19].

Penetracija prijavljivanja u servise M-bankarstva banke je ispod proseka u svim starosnim grupama, dok je penetracija u kontekstu vršenja transakcija M-bankarstva na tržišnom minimumu, bez obzira na starosne grupe. Pozicija banke raste sa višim stepenom digitalizacije korisnika, što je slučaj sa većinom banaka uključenih u

studiju. Zapravo, 76% svih transakcija po računu koje iniciraju korisnici se ostvaruju putem digitalnih kanala u banci (tržišni prosek je 82%), što dovodi do tržišnog udela banke od 6% u digitalnim transakcijama. Kada se posmatra broj transakcija koje korisnici mesečno obave digitalnim putem, banka je neznatno iznad proseka [19]. Sagovornici smatraju da će tokom naredne dve godine 20-30% ukupne produkcije, a ne samo transakcija, biti obavljano putem onlajn kanala, dok se za 10 godina svakako očekuje da će, kao što je slučaj sa transakcijama, najveći broj korisnika da "migrira" ka digitalnim kanalima i za ostale operacije. To će neminovno voditi ka redukovanju odnosa sa korisnicima uživo, i već sada banke kreiraju digitalne asistente kao alternativu kako se celokupno korisničko iskustvo ne bi narušilo.

Banka ne pruža mogućnost elektronskog otvaranja računa ni na jednom digitalnom kanalu (sajt, E-bankarstvo, M-bankarstvo). Putem zvaničnog sajta moguća je apliciranje digitalnim putem, ali se za završetak procesa mora uključiti i drugi kanal - odlazak u ekspozituru ili slanje dokumentacije putem kurirske službe ili pošte. Kada je u pitanju davanje kredita korisnicima, banka ne pruža mogućnost dobijanja kredita potpuno onlajn, već je to moguće samo za unapred odobrene ponude putem M-bankarstva, dok je putem sajta moguće samo poslati upit. Korisnik kome je unapred odobren kredit, mora da izvrši 20 klikova (bez otvorenih polja) da bi kompletirao proces (najbolje pozicionirana banka u studiji zahteva 7 klikova) [19].

Banka je u skladu sa tržišnim prosekom kada je u pitanju dostupnost funkcionalnosti M-bankarstva (Tabela 3).

Tabela 3. Broj funkcionalnosti E- bankarstva i M-bankarstva (prema podacima iz studije [19])

	Banka	Prosek
E- bankarstvo funkcionalnosti (ukupno 101)	38%	39%
M- bankarstvo funkcionalnosti (ukupno 105)	39%	38%
Jednostavnost upravljanja računom i plaćanjima (ukupno 52)	38%	
Pristup proizvodima pozajmicama i štednji (ukupno 23)	21%	
Stepen brige o korisnicima i korisničke podrške (ukupno 30)	50%	

Banka je rangirana na prvom mestu kada je u pitanju mesečni broj internih transfera u okviru mobilnog bankarstva i na drugom mestu od svih banaka kada su u pitanju domaća i IPS plaćanja. Najveću efikasnost za korisnike banka pruža u pogledu obavljanja internih transfera, za šta je potrebno samo četiri klika i za obavljanje plaćanja u domaćim okvirima (sedam klikova dok najbolje plasirana banka zahteva pet). Takođe, zahteva minimalan broj klikova (tri klika) za digitalni onboarding za M-bankarstvo (proces od trenutka preuzimanja

aplikacije do trenutka kada je aplikacija spremna za upotrebu), ali korisnik treba da ima prethodno kreirane akreditivne za E-bankarstvo [19].

Predstavnici banke su izneli stav da je već postignut nivo digitalizacije od 90% kada su u pitanju transakcije u okvirima domaćeg platnog prometa. Korišćenje bankomata je dostiglo broj od 70%-75% ukupno izvršenih transakcija koje se tiču uplata i isplata (ostatak se obavlja na šalterima). Što se tiče prodaje bankarskih proizvoda i usluga putem digitalnih kanala, banka tek ostvaruje 1-2%, što ukazuje da je ovo najslabije razvijena oblast. Plan je da se za pet godina bar 25% prodaje obavlja preko digitalnih kanala. I dalje su ekspoziture glavno mesto za ostvarenje kontakta i komunikaciju sa korisnicima kada je u pitanju prodaja bankarskih proizvoda i usluga. Pored toga, koriste se i sledeći digitalni kanali komunikacije: e-mail, chat, video chat, Viber, a takođe je i korišćenje kontakt centra doživelo ekspanziju tokom poslednje dve godine, usled pandemije. Dugoročne se očekuje pad korišćenja kontakt centra za komunikaciju, kada se komunikacija dominantno prebaci na digitalne platforme. Korisnici banke mogu obavljati domaća plaćanja i blokirati/deblokirati svoje platne kartice putem kontakt centra, izvršiti podelu na rate, izvršiti povezivanje računa (domaćih i stranih) na debitne kartice i izvršiti digitalni onboarding, a mogu i dati upit za dobijanje keš kredita, ali se taj proces ipak mora fizički obaviti. Kao posledica pandemije, evidentiran je pre svega rast broja dolaznih poziva (upućenih od strane korisnika). Ulažu se naponi i da se poveća broj odlaznih poziva (upućenih korisnicima), i u tom smislu, oformljen je tim koji se bavi pozivanjem korisnika i prodajom putem ovog kanala. Procena je da oko 10-15% godišnje raste i jedan i drugi vid komunikacije putem kontakt centra. Kontakt centar obuhvata i konverzaciju putem interneta i video pozive, ali se ovi kanali tek razvijaju.

Bankomati su među prvim postali digitalizovani (jos pre 10-ak godina) u smislu toga da isplate izvršene putem bankomata iznose oko 70% ukupnih isplata koje se vrše u banci. Banka je tokom poslednjih godina dosta uložila u moderniju varijantu samouslužnih bankomata, ali oni i dalje pružaju osnovne funkcije (mogućnost uplate i isplate u dinarima i evrima, uplate pazara za pravna lica, pregled stanja na računu) [19]. Kada su u pitanju uplate koje se vrše na bankomatima u odnosu na one koje se vrše u ekspoziturama, procent izvršenih uplata iznosi 15-20% jer ova opcija nije još zaživela u potrebnoj meri. Situacija se ipak dosta razlikuje po ekspoziturama, pa tamo gde su zaposleni više orijentisani da upute korisnike u funkcije bankomata, primećuje se i mnogo veći broj uplata izvršenih ovim putem (50-60%). Banka na pojedinim bankomatima pruža opciju koja delimično predstavlja personalizovani katalog ponuda i pruža mogućnost prijave za gotovinski kredit. Kako se celo tržište usmerava ka samouslužnim uređajima, i ova banka se trudi da ide u skladu sa tim trendom, tako da je trenutno je 40% bankomata novije generacije i ulaganja u ovom domenu se nastavljaju.

3.3. Digitalizacija internih procesa

Digitalizacija internih procesa je po značaju značajno iza digitalizacije procesa usmerenih ka eksternim grupama na tržištu. Sagovornici u intervjuu dodelili su ocenu 2/5 ovoj oblasti, posmatrano sa aspekta značaja koji se dodeljuje digitalizaciji internih procesa u strateškom kontekstu. Može se konstatovati da je banka tek u početnoj fazi digitalizacije internih procesa. Ona je ograničena postojećim kapacitetima (kapaciteti IT sektora i kapaciteti ostalih zaposlenih), a tokom poslednje decenije povećavaju se i regulatorni zahtevi u ovom pogledu.

Digitalno potpisivanje prvi korak u digitalizaciji internih procesa koji je banka preduzela jer to značajno ubrzava birokratske tokove, i može se koristiti na raznim vrstama ugovora. Što se ekspozitura tiče, i dalje se koristi papirna dokumentacija u radu sa korisnicima, koja se potom skenira i skenirana čuva u centralnoj bazi kojoj se može pristupiti digitalnim putem. Druga stavka koju banka još uvek nije uvela ali je svakako u planu jeste digitalizacija dokumentacije blagajne koja bi omogućila da korisnik ne potpisuje fizički papir nego da da svoj digitalni potpis i da mu potom direktno na adresu elektronske pošte stigne isplati nalog, a da se u banci direktno pošalje u elektronsku arhivu.

3.4. Uticaj digitalizacije na promenu uloga i veština zaposlenih u bankama

Kao posledica digitalizacije korisnika došlo do određenog smanjenja/promene uloga u strukturi zaposlenih koja radi neposredno sa korisnicima. U odnosu na period od pre 7-8 godina, zatvoreno je oko 30% ekspozitura, ali se ne može reći da je to isključiva posledica digitalizacije, već je to dominantno rezultat potrebe za optimizacijom troškova. Plan banke je da u periodu od nekoliko godina, pored tradicionalnih ekspozitura (više od 50%), oformi hibridne ekspoziture (ne poseduju novac, ali imaju zaposlene koji se bave prodajom) i potpuno digitalne ekspoziture (predstavljaju samo prostor sa nekoliko uređaja za korisnike koji koriste elektronsko i mobilno bankarstvo).

Onlajn interakcije sa korisnicima kao oblik komunikacije, zahtevale su značajne obuke zaposlenih jer je ova oblast definisana Zakonom o elektronskoj komunikaciji i odlukom NBS u pogledu identifikacije korisnika. Pored zakonskog okvira, postoje i vrlo konkretni pravilnici o tome kako ta komunikacija treba da se vodi, i čak postoje i određeni profesionalni sertifikati koji se dobijaju nakon adekvatnih obuka na ovu temu.

Kako za sada digitalizovani interni procesi nisu komplikovani, nisu se zahtevala napredna IT znanja i veštine zaposlenih, te nisu bile potrebne specijalne obuke zaposlenih već samo dobijanje jasnih instrukcija. Ukoliko se određene obuke ipak zahtevaju, to se organizuje na nivou banke, najčešće bez angažovanja eksternih subjekata. Zaposleni ne pružaju otpor promenama koje nosi digitalizacija internih procesa jer su blagovremeno pripremljeni za taj proces. Ipak, može se reći da su obuke zaposlenih na temu digitalizacije intenzivirane pre oko 5-6

godina kako su uvedene nove funkcionalnosti u aplikaciju za elektronsko bankarstvo. Fokus obuka zaposlenih je na upoznavanju sa novinama i prednostima aplikacija koje bi trebalo istaći u komunikaciji sa korisnicima.

Kao posledica procesa digitalizacije, u banci su uvedena nova radna mesta koja se odnose na specijalizovane pozicije kao što je npr. data scientist. Međutim, postojalo je i dosta pozicija po različitim sektorima kojima su već pokriveni ovi zadaci, pa nisu određene nove pozicije. Dok većina banaka trenutno vrši eksterno pribavljanje sistema i radne snage, ova banka poseduje strukturno ogroman IT sektor i u sklopu ovog sektora poseduje tim koji se bavi upravljanje digitalnim podacima. Upravljanje digitalnim podacima je, pre svega, bazirano na postizanju i očuvanju bezbednosti korisničkih podataka, sigurnosti zapisa tih podataka, i mogućnosti korisnika da daju/povuku saglasnost za korišćenje njihovih podataka (usklađuje se sa EU regulativom). Za sada se ne ulaže mnogo u analizu podataka, pa je banka iz tehnoloških razloga u ovoj sferi ispod tržišnog proseka, ali se očekuje napredak u tom smislu u narednih nekoliko godina. Za sada su ogromne baze korisničkih podataka poprilično nestruktuirane pa je samim tim i jako teško doći do korisnih podataka dok se baza ne strukturira i izvrše potrebne analize.

4. ZAKLJUČAK

Tokom Covid-19 pandemije upotreba savremenih tehnologija i digitalizacija zabeležile izuzetan rast u svim aspektima poslovanja i dovela je do promene u načinu sprovođenja određenih procesa, a posebno onih koji se tiču isporuke usluga i komunikacije sa korisnicima. Očekuje se da će se digitalizacija poslovanja nastaviti i nakon završetka pandemije, i da će sve više uzimati maha uzevši u obzir brojne nove pogodnosti za banke i korisnike koje su posledica unapređenja digitalnog bankarstva. Banke su u mogućnosti da ostvare brojne koristi koje se reflektuju u boljim ekonomskim performansama i efikasnosti obavljanja posla. Broj korisnika onlajn i mobilnog bankarstva kontinuirano raste kako se menja odnos korisnicima prema internet plaćanjima i internet trgovini. Dakle, to je pravac koji i sami korisnici bankarskih usluga sve više biraju, što bankama kao imperativ nameće pružanje visokokvalitetnih usluga posredstvom različitih digitalnih kanala. Na osnovu prikazane studije slučaja, uvida se da banka prepoznaje značaj digitalizacije, ali da je taj proces i dalje u početnoj fazi naročito kada su interni procesi u pitanju. Prioritetnim se smatraju procesi namenjeni korisnicima proizvoda i usluga jer se na taj način najviše utiče na zadovoljstvo korisnika i razvoj dugoročnih odnosa.

LITERATURA

- [1] Kitsios F, Giatsidis I, Kamariotou M. Digital Transformation and strategy in the banking sector: Evaluating the acceptance rate of E-services. *J. Open Innov. Technol. Mark. Complex.* 2021 Sep 21; 7(3): 204.
- [2] Rodrigues J.F.C, Ferreira, F.A.F, Pereira, L.F, Carayannis E.G, Ferreira, J.J.M. Banking digitalization:

(Re)thinking strategies and trends using problem structuring methods. *IEEE Trans on Eng Manag.* 2020 June 2; 1-15.

- [3] Jatić S, Ilić M, Miletić L, Marković A. Strategy of Swiss banking sector towards digitalization trends. *Int. J. of Economics & Law* 2017; 7(20): 61-72.
- [4] Amankwah-Amoah J, Khan Z, Wood G., Knight G. COVID-19 and digitalization: The great acceleration. *J Bus Res.* 2021 Aug 11; 136: 602–611.
- [5] Deloitte. Digital Banking Survey; 2021.
- [6] Narodna banka Srbije [Internet]. 2020. A Dostupno na: https://www.nbs.rs/sr_RS/drugi-nivo-navigacije/statistika/
- [7] Abbasov A.M., Mamedov Z.F., Aliev S.A. Digitalization of the banking sector: New challenges and prospects. *Econom. Manag.* 2019; (6): 81-89.
- [8] Nacionalna strategija Republike Srbije za mala plaćanja 2019-2024.
- [9] Nătescu D.C, Duna, F.A. Managing digitalization in banking: Challenges and implications. In: *Proceedings of the International Management Conference*; 2018; Bucharest, Romania. p. 339-349.
- [10] The Economist Intelligence Unit (EIU). A global study on the future of banking; 2020.
- [11] Paulet E, Mavoori H. Conventional banks and Fintechs: how digitization has transformed both models. *J of Bus Strateg* 2020 Nov 6; 41(6): 19-29.
- [12] Wadesango N., Magaya B. The impact of digital banking services on performance of commercial banks. *J of Manag. Inf. Decis. Sci.* 2020; 23(S1): 343-353.
- [13] Mishkin F.S, Eakins S.G. Financial markets and institution. Boston: Pearson Education; 2014.
- [14] Harchekar J.S. Digitalization in banking sector. *Int. J. of Trend Scien. Res. Develop.* 2018 Oct; 103-109.
- [15] Pousttchi K, Dehnert M. Exploring the digitalization impact on consumer decision-making in retail banking. *Electron Markets* 2018 Jan 13; 28: 265-286.
- [16] Bastari A, Eliyana A, Syabarrudin A, Arief Z, Emur A. P. Digitalization in banking sector: the role of intrinsic motivation. *Heliyon* 2020 Dec; 6(12): e05801.
- [17] Aguayo F.Z, Ślusarczyk B.. Risks of banking services' digitalization: The practice of diversification and sustainable development goals. *Sustainability* 2020 May 14; 12(10): 4040.
- [18] Vukosavljevic D, Vukosavljevic D, Jelic G. The increasing importance of effective risk management in banking - findings from Serbia. *Internat. Review* 2016; 1-2: 101-108.
- [19] PwC. Digital Banking Study Report.; Dec 2021.

RAZVOJ SPREDŠIT APLIKACIJE ZA UTVRĐIVANJE PRIORITETA U POSTUPANJU KONTROLNIH I INSPEKCIJSKIH ORGANA

DEVELOPMENT OF SPREADSHEET APPLICATION FOR DETERMINING ACTIVITY PRIORITY OF CONTROL AND INSPECTION AUTHORITIES

Maja Jovanović, dr Slobodan Antić, dr Lena Djordjević Milutinović

Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu

Sadržaj – Cilj rada je analiza postupka upravljanja predstavkama koji sprovode državni kontrolni organi prilikom donošenja odluke o pokretanju postupka kontrole. Osnovna hipoteza rada jeste da razvoj modela primenom spredšitova može da identifikuje i kvantifikuje aktivnosti i subjekte kontrole koje karakteriše značajan rizik i u kojima je prisutan značajan javni interes, i prioritet u postupanju usmeri na njih, odnosno eliminiše iz postupanja eventualne zloupotrebe predstavki. Rad pokazuje direktan doprinos automatizacije efikasnijem upravljanju ograničenim resursima i kapacitetima državnih organa.

Abstract - The research objective is to analyze the complaint evaluation and management process, that is requirements for performing control, carried out by state control bodies..

The basic hypothesis of the paper is that the development of models using spreadsheets can identify and quantify activities and subjects of control that are characterized by significant risk and in which there is significant public interest, and focus on them, ie eliminate possible misuse of complaint. The paper shows the direct contribution of automatization to more efficient limited resource management of state bodies

1. UVOD

Razvoj aplikacije opisane u ovom radu nastao je kao odgovor na izraženu potrebu državnih organa koji prilikom pokretanja postupka službene/inspekcijske kontrole razmatraju predstavke (prijave, zahteve, upozorenja državnih organa i druge inicijative za pokretanje postupka) i vrše ocenu opravdanosti razloga za pokretanje postupka, ocenjuju navode iznete u predstavci i sprovode postupak ocene predstavki (Republičke, pokrajinske i lokalne inspekcije, Agencija za borbu protiv korupcije i drugi kontrolni organi). Prema tome, da bi se pokrenuo postupak inspekcijske ili službene kontrole neophodno je izvršiti ocenu navoda iznetih u predstavci, odnosno sprovesti postupak ocene predstavki.

Ocena predstavki ima za cilj identifikaciju subjekata nadzora čije nezakonito postupanje može izazvati značajne negativne posledice na javni interes, dobra i prava koja su zaštićena zakonom, odnosno neophodno je identifikovati korisnike i aktivnosti koji nose značajan rizik i uvrstiti ih u plan rada. Svrha celog postupka je ocena opravdanosti pokretanja postupka inspekcijske ili službene kontrole.

Analizom postupka upravljanja i ocene predstavki koji sprovode pojedini inspekcijski organi identifikovano je nekoliko oblasti u kojima postoje određene neusaglašenosti i odstupanja od standardizovanih postupaka i identifikovane su mogućnosti za unapređenje i

automatizaciju postupaka koje će biti predmet istraživanja ovog rada. Osnovna hipoteza (OH) na kojoj je zasnovano istraživanje jeste da razvoj modela primenom spredšitova prilikom ocene predstavki može da identifikuje i kvantifikuje aktivnosti subjekta kontrole koje karakteriše značajan rizik i u kojima je prisutan značajan javni interes i na taj način eliminiše iz postupanja eventualne zloupotrebe predstavke. Pretpostavlja se da, ako se fokus kontrole stavi na aktivnosti i subjekte sa značajnim rizikom i koji imaju ogroman značaj za javni interes, to direktno doprinosi efikasnijem upravljanju resursima državnih organa.

U radu su istražene i dve pomoćne hipoteze:

PH-1: Prema rezultatu istraživanja, razvoj planiranja inspekcijskog nadzora u Republici Srbiji je na veoma niskom nivou, dok procedura i konkretni alati (programi) za ocenu predstavki, i pored izražene potrebe za njima, nisu uspostavljeni.

PH-2: Razvoj spredšit aplikacije za utvrđivanje prioriteta u postupanju državnih kontrolnih i inspekcijskih organa u velikoj meri može da pojednostavi, odnosno olakša i ubrza posao zaposlenima u državnim organima koji vrše ocenu predstavki.

2. NEDOSTACI I ORGANIČENJA PROCEDURA ZA OCENU PREDSTAVKI KOJE SU TRENUTNO U PRIMENI

Analizom postupka upravljanja i ocene predstavki koji se trenutno primenjuje u Sektoru za budžetsku inspekciju Ministarstva finansija identifikovano je da postoje određene neusaglašenosti posebnih propisa kojima je uređen rad i postupanje budžetske inspekcije u delu vezanom za identifikaciju i upravljanje rizicima (Zakon o budžetskom sistemu i Uredba o radu, ovlašćenjima i obeležjima budžetske inspekcije) sa Zakonom o inspekcijskom nadzoru. Takođe, uočena je necelovitost sistema i potreba za razvojem sveobuhvatno definisanih posebnih kriterijuma za procenu rizika, kako bi se metodologija procene rizika na pravi način implementirala u postupak planiranja inspekcijskih kontrola iz delokruga budžetske inspekcije. Time su identifikovane mogućnosti za unapređenje i automatizaciju postupaka koje će biti detaljno obrazložene u nastavku.

a. Dualizam zakonskih odredbi koje se odnose na planiranje inspekcijskog nadzora

Inspekcije sprovode inspekcijske kontrole po prethodno usvojenom planu koji se zasniva na utvrđenom stanju u oblasti nadzora i na sistematično pripremljenoj proceni rizika, dok su prijave (predstavke) koje dolaze od trećih lica dodatni izvor informacija od značaja za procenu rizika i planiranje inspekcijskog nadzora i kada su opravdane

predstavljaju povod za vršenje inspekcijske kontrole [1]. Na ovaj način, jasno se ispoljava priroda i suština savremenog inspekcijskog nadzora koji je zasnovan na proceni rizika i upravljanju rizicima i planiranju inspekcijskog nadzora prema procenjenim rizicima i prioritetima, nasuprot pristupu koji je karakteristika prethodnog perioda kada su se inspekcijske kontrole zasnivale isključivo na prijavama (eng. Risk-based vs. Complaint-based inspection).

Analizom postupka planiranja inspekcijskih kontrola budžetske inspekcije uočeno je da iako je formalno propisano, opštim i pojedinačnim pravnim aktima, da se inspekcijska kontrola zasniva na proceni rizika, u praksi nije napravljeno potpuno odstupanje od toga da inspekcijske kontrole budu zasnovane na postupanju po predstavkama (prijavama) trećih lica [2]. Odstupanje od tog pristupa u potpunosti nije ni moguće obzirom da je Zakonom o budžetskom sistemu kojim je formirana budžetska inspekcija propisano da program rada budžetske inspekcije i njegove promene utvrđuje ministar, a isti se sačinjava prvenstveno na osnovu prijava, predstavki, prigovora i zahteva za vršenje kontrole pristiglih od organa, organizacija, pravnih i fizičkih lica [3]. Prema tome, u ovakvo ustanovljenom zakonodavnom okviru, specifičnost budžetske inspekcije je što ona mora naći način da inspekcijske kontrole zasniva prvenstveno na podnetim predstavkama, shodno odredbama Zakona o budžetskom sistemu, dok sa druge strane, imajući u vidu zahteve savremenog inspekcijskog nadzora odnosno Zakona o inspekcijskom nadzoru, inspekcijske kontrole moraju biti zasnovane na proceni rizika i srazmerne procenjenom riziku.

Ocena predstavki koju sprovodi budžetska inspekcija predstavlja deo aktivnosti koje se sprovode tokom planiranja inspekcijskog nadzora i uređena je Pravilnikom o posebnim elementima procene rizika, učestalosti vršenja inspekcijskog nadzora na osnovu procene rizika i posebnim elementima programa inspekcijskog nadzora, odnosno kontrole iz delokruga rada budžetske inspekcije (u daljem tekstu: Pravilnik) kojim je deklarativno iskazana opredeljenost za postupanje zasnovano na proceni rizika, odnosno propisano da se izbor subjekata inspekcijske kontrole vrši na osnovu analize i procene rizika i da se u cilju utvrđivanja prioriteta u postupanju budžetske inspekcije primenjuju posebni elementi za procenu rizika u oblasti materijalno finansijskog poslovanja i namenskog i zakonitog korišćenja javnih sredstava, dok je suštinski izbor subjekata kontrole rezultat subjektivne procene [4]. Naime, pomenutim Pravilnikom definisano je da je numerička vrednost posebnih elemenata za procenu rizika rezultat subjektivne procene, što je suprotno odredbama Uredbe o zajedničkim elementima procene rizika u inspekcijskom nadzoru koju je donela Vlada RS i kojom je propisano da se numerička vrednost stepena rizika dobija množenjem numeričkih vrednosti težine štetnih posledica i verovatnoće njihovog nastanka, odnosno rezultat je objektivne procene obzirom da kvantifikovati rizik znači odrediti sve moguće vrednosti promenljive rizika i relativnu verovatnoću za svaku vrednost.

Shodno iznetom, budžetska inspekcija je pomenutim Pravilnikom prepoznala potrebu da se postupanje budžetske inspekcije zasniva na proceni rizika i da je

neophodno kvantifikovati rezultat ocenjivanja nivoa rizika, međutim način kvantifikovanja rizika koji je uređen ovim Pravilnikom nije adekvatan i zahteva korekcije, obzirom da njime nije određena relativna verovatnoća za svaku vrednost već je ona rezultat subjektivne ocene zaposlenih. Prilikom ocene da li postoji opravdanost da se pokrene postupak ključnu ulogu ima iskustvo i integritet zaposlenih koji vrše ocenu predstavki, dok se nadzor uglavnom zasniva na „spoljnim impulsima“ - prijavama građana, radnika i konkurenata u određenom poslu. Na ovaj način, svi kontrolisani subjekti stavljeni su u istu ravan bez obzira na rizik koji ih karakteriše ili na značaj koji imaju. Posledica takvog odnosa je stvaranje povoljnih uslova da se resursi budžetske inspekcije nepotrebno troše na subjekte niskog rizika, delatnosti i aktivnosti, koji u strukturi subjekata kontrole imaju najveći udeo i koji svojim postupanjem prouzrokuju posledice koje nisu značajne ili je stepen štetnosti nizak, dok su utvrđene nepravilnosti, u najvećoj meri, mogu svrstati u greške formalne prirode, nenamerne, zanemarljivo prekoračenje rokova propisanih za podnošenje različitih izveštaja ili dokumentacije i sl. Sa druge strane, često značajni subjekti, delatnosti i aktivnosti, koji prouzrokuju ozbiljne štetne posledice po javni interes, imovinu ili druge resurse izmiču kontroli i ostaju van njega, tako da postanu vidljivi tek nakon počinjene ozbiljne štete.

Obzirom na izneto, može se zaključiti da budžetska inspekcija nije u potpunosti izvršila usklađivanje sa Zakonom o inspekcijskom nadzoru koji je donet sa ciljem da se u inspekcijsku praksu uvedu principi savremenog inspekcijskog nadzora čiju osnovu čini procena rizika i upravljanje rizikom, kao i planiranje inspekcijskog nadzora prema procenjenim rizicima i prioritetima, odnosno da se na taj način eliminiše ili bitno umanjí arbitrnost, neujednačenost, samovolja, koruptivnost i druge moguće zloupotrebe u pokretanju i sprovođenju inspekcijskog nadzora, kao i da se smanje primedbe na učestalost inspekcijskog nadzora kod jednih i izostanak ovog nadzora kod drugih privrednih subjekata

Međutim, iako zbog pomenute specifičnosti budžetske inspekcije nije moguće potpuno odstupanje od postupanja zasnovanog na prijavama, izvesno svrsishodno usklađivanje postupanja i uvođenje adekvatnog sistema procene rizika povezanog sa predstavkama je ne samo moguće već i neophodno imajući u vidu da su resursi budžetske inspekcije, kako ljudski tako i finansijski jako ograničeni i nedovoljni da zadovolje potrebe inspekcijskog nadzora. Naime, obzirom da budžetska inspekcija godišnje izvrši kontrolu nad manje od 0,05% nadziranih subjekata, dok se postupak inspekcijske kontrole pokrene po osnovu 7% podnetih prijava i zahteva za vršenje inspekcijske kontrole, jasno je pored zakonske obaveze postoji i realna potreba za prioritizacijom inspekcijskog nadzora putem procene rizika i pravovremenim reagovanjem kada se proceni visok i kritičan rizik. Klasifikacijom kontrolisanih subjekata prema rizičnosti, u zavisnosti od težine i verovatnoće nastanka potencijalne štetne posledice ustanovljava se planiranje inspekcijskih kontrola i nezavisnost od prijava građana, inspekcijski resursi se orijentišu prema subjektima, oblastima i delatnostima u kojima je najpotrebnije sprovesti kontrolu, koji uzrokuju najveću štetu budžetu i kod kojih će biti ostvareni najbolji

rezultati u upravljanju javnim rizicima, zaštiti javnih dobara, prava i interesa. Ustanovljavanje metodologije procene rizika i prioritizacije inspeksijskog nadzora omogućava blagovremeno preduzimanje propisanih mere i radnji koje posledično imaju za posledicu usklađenost poslovanja sa zakonom i prevenciju nezakonitog trošenja i štete po javna sredstva.

Pored toga, prema autorima [5] zloupotrebu predstavke, koja se javlja u različitim pojavnim oblicima, neophodno je najpre identifikovati u samom postupku ocene, a kasnije i eliminisati iz postupanja, odnosno neophodno je da rizik koji proizilazi iz predstavke bude ocenjen prema odgovarajućim kriterijumima.

Obzirom da je zakonom propisano da se inspeksijske kontrole ne sprovode na osnovu rizika koji je procenjen kao neznatan, neophodno je ocenu predstavki zasnivati na analiza i procena rizika koja je bazirana na objektivnoj oceni i za rezultat ima kvantifikovan rizik, što će obezbediti da inspekcije postupaju samo kada se to smisleno i svrsishodno, kako bi resursi (vreme, sredstva, ljudi) bili efektivno i efikasno raspoređeni i utrošeni na subjekte kontrole koji nisu beznačajni sa aspekta štete koju mogu prouzrokovati. U tom smislu, imajući sve izneto u vidu, možemo slobodno reći da ocena navoda (postojanja razloga za pokretanje postupka inspeksijske kontrole) u predstavkama ili nasuprot tome eventualno postojanje zloupotrebe predstavke, kao i adekvatan izbor subjekata kontrole koji je u direktnoj zavisnosti od same ocene predstavke, predstavlja jedno od značajnih pitanja vezanih za pokretanje postupka budžetske inspekcije, obzirom na funkciju koja joj je delegirana Zakonom o budžetskom sistemu. Trenutno stanje zahteva izvesne korekcije i izmene koje će omogućiti da izbor subjekata kontrole bude rezultat objektivne a ne subjektivne ocene, odnosno da rizik bude kvantifikovan i na taj način postupanje budžetske inspekcije usklađeno sa odredbama Zakona o inspeksijskom nadzoru.

b. Dualizam kriterijuma definisanih podzakonskim aktima Pravilnikom [4], koji je podzakonski akt Zakona o inspeksijskom nadzoru i Uredbom [6], koja je podzakonski akt Zakona o budžetskom sistemu propisani su različiti kriterijumi koji se koriste u istom postupku procene i analizu rizika, dok su neki od kriterijuma koji su neophodni za pravilnu i sveobuhvatnu procenu rizika u predstavkama izostavljeni.

Naime, Uredba definiše šest kriterijuma, dok je Pravilnikom definisano pet drugih kriterijuma. Obzirom da je procena kao što smo napomenuli subjektivnog karaktera, i da kriterijumi nisu usaglašeni zaposleni koji vrše ocenu predstavki nisu u mogućnosti da identifikuju i kvantifikuju aktivnost i subjekte kontrole koje karakteriše značajan rizik ili u kojima je prisutan značajan javni interes. Pored toga različito definisani kriterijumi otežavaju zaposlenima da identifikuju eventualne zloupotrebe predstavke, jer kriterijumi koji se koriste nisu prilagođeni toj nameni.

U tom smislu, potrebno je utvrditi kriterijume pomoću kojih će se prvo izvršiti identifikacija rizika, a nakon toga i kvantifikacija rizika. Naime, identifikacija rizika podrazumeva da se za svaki kriterijum utvrde situacije koje mogu prouzrokovati negativne posledice na javna dobra, prava i interese koji su zaštićeni zakonom. Kvantifikacija rizika podrazumeva vrednovanje identifikovanih rizika,

kvantifikaciju uticaja rizičnih događaja, utvrđivanje verovatnoće njihovog nastajanja i opsega mogućih vrednosti.

U postupku ocene predstavki budžetska inspekcija primenjuje i dodatne analize koje nemaju utemeljenje u procedurama niti zakonskim propisima, već je zaposleni sprovode na bazi proizvoljnog izbora metode i načina na koji će biti sprovedena, dok je ocena, kao krajnji rezultat analize, subjektivna i proizvoljna. Obzirom da ova analiza ima dobru logiku i utemeljenje, odnosno zasnovana je na širem sagledavanju postupanja subjekta kontrole, njegove značajnosti i delatnosti koju obavlja, potrebno je ovu analizu sistematizovati, utvrditi jasne kriterijume i kvantifikovati rezultate, a nakon toga uvrstiti je u zvaničan postupak obrade i ocene predstavki.

Shodno iznetom, neophodne su izvesne dopune i dorade trenutnih procedura i postupaka koje sprovodi budžetska inspekcija, odnosno potrebno je utvrditi metodologiju za ocenu predstavke zasnovanu na proceni i objektivnoj kvantifikaciji rizika, shodno zakonodavnom okviru kojim je uređena oblast inspeksijskog nadzora.

c. Način prikupljanja i obrade podataka i tehnička opremljenost inspekcije

Zaposleni u budžetskoj inspekciji koji vrše prijem predstavki unose podatke iz prijave u tabelu predstavki koja se vodi u programu za tabelarne proračune Microsoft Excel-u. Nakon prijema i evidencije vrši se obrada predstavke koja se uglavnom ogleda u ručnoj oceni navoda u predstavkama na Obrascu za ocenu predstavke, a u skladu sa posebnim elementima za procenu rizika propisanim pomenutim Pravilnikom. Ove aktivnosti zaposlenima oduzimaju puno vremena obzirom da je obrada podataka ručna i da je potrebno detaljno isčitati predstavku i izanalizirati subjekta kontrole koristeći javno dostupne podatke i registre, koristeći pritom isključivo svoju logiku, iskustvo i znanje kako bi se utvrdio rizik po subjektivnom osećaju. Pritom, ako je zaposleni kao pojedinac jako odgovoran ova aktivnost može biti jako stresna imajući u vidu odgovornost i posledice koje nosi donošenje odluke o nivou procenjenog rizika. U ovakvim okolnostima, u kojima se postupak planiranja inspeksijskih kontrola i ocene predstavki, sprovodi bez upotrebe priručnih informatičkih alata za sistematsku obradu, analizu i ocenu predstavki, pored neophodnosti dopune i dorade trenutnih procedura ocene predstavki, odnosno utvrđivanja svrsishodne i zakonski usklađene metodologije za ocenu predstavki koj bi bila zasnovana na objektivnoj i kvantifikovanoj proceni rizika, neophodno je i ceo postupak ocene predstavki i utvrđivanje prioriteta u postupanju organa automatizovati obzirom da se sastoji on niza logičko-računskih, matematičkih i drugih orepcija neophodnih za donošenje odluka.

Pored napred navedenih razloga rezultati stručnih analiza [7] ističu da bi radi ujednačavanja prakse inspeksijskih organa i standardizacije postupanja u istim ili sličnim situacijama, tamo gde se to ukaže potrebnim, bilo celishodno sačiniti i usvojiti modele odgovarajućih procedura, među kojima i proceduru za ocenu predstavki (prijava) koje su upućene od strane trećih lica i na osnovu kojih se pokreće inspeksijska kontrola.

3. RAZVOJ APLIKACIJE ZASNOVANE NA INOVATIVNOJ METODOLOGIJA ZA OCENU PREDSTAVKI

Istraživanje i analiza opisane problematike rezultiralo je određenim rešenjima koja su ponuđena kao moguće razrešenje prisutnih dualizama i neusklađenosti i ista su razvijena i implemetirana u spreadit aplikaciju za utvrđivanje prioriteta u postupanju kontrolnih i inspekcijskih organa koja će biti opisana u nastavku rada. Aplikacija je razvijena primenom spreadit okruženja Microsoft Office Excel-a. Prema autorima [8] velika prednost spreadit okruženja predstavlja i mogućnosti istraživačkog modeliranja koje kroz identifikaciju postavljenih zadatka vodi ka boljem razumevanju problema i pronalaženju najboljeg rešenja. Još jedan od razloga zašto su se autori rada opredelili za spreadit model je prvenstveno zbog njegove odlike jednostavnog korišćenja i mogućnosti da domenski stručnjaci iz posmatrane oblasti na jednostavan način vrše ažuriranje i izmene modela. Takođe, spreadit model je jednostavan za korišćenje, tako da i zaposleni koji nemaju specifična znanja i veštine iz ove oblasti mogu da izvrše objektivnu i relevantnu obradu i ocenu predstavki.

Sam model mora imati definisane ulazne parametre, izlazne vrednosti odnosno rezultat, kao i radni deo odnosno relacije koje prikazuju na koji način je na osnovu ulaznih izvršen proračun izlaznih vrednosti [9]. Osnovu radnog dela aplikacije čini inovativna metodologija za ocenu predstavki zasnovana na trostepenoj proceni rizika koja uvodi tri kategorije kriterijuma za procenu rizika, predstavljena u [10]. Za svaki pojedinačni kriterijum je neophodno definisati faktor značaja i pitanja kojima se identifikuje svi interesi, dobra i prava koja će u slučaju ostvarivanja rizika biti ugroženi, a koji mogu nastati iz poslovanja ili postupanja nadziranog subjekta. Prema odgovarajućim kriterijumima se procenjuje težina štetnih posledica i verovatnoća njihovog nastanka tako da se dobije procenjeni stepen rizika. Kriterijumi se utvrđuju najmanje jednom godišnje, a po potrebi se ažuriraju u toku godine. U aplikaciji predstavljenoj u ovom radu, utvrđivanje kriterijuma za ocenu rizika, utvrđivanje faktora značaja za svaki kriterijum i bodovanje definicija kriterijuma, urađeno je ručno i predstavlja ulaz u model. Kao unapređenje osnovne verzije aplikacije moguća je nadogradnja modulom čija funkcionalnost se ogleda u automatizaciji sledećih aktivnosti: utvrđivanje kriterijuma za procenu rizika, utvrđivanje faktora značaja za svaki kriterijum, bodovanje definicija kriterijuma.

Primenom inovativne metodologije koja se nalazi u osnovi radnog dela aplikacije i uvođenjem adekvatnog sistema procene rizika povezanog sa predstavkama moguće je izvršiti svrsishodno usklađivanje postupanja budžetske inspekcije sa odredbama Zakona o inspekcijskom nadzoru i time obezbediti da inspekcijske kontrole budžetske inspekcije budu zasnovane prvenstveno na podnetim predstavkama, dok su u isto vreme zasnovane na proceni rizika i srazmerne procenjenom riziku.

Spreadit aplikacija za utvrđivanje prioriteta u postupanju inspekcijskih i kontrolnih organa sastoji se iz tri modula:

- 1) Evidencija prijave
- 2) Ocena prijave

3) Registar prijava

Prvi modul pod nazivom Evidencija prijave koristi se za unos podatak iz prijave i evidenciju prijave u jedinstveni Registar prijava. Korisnik u formu za evidenciju prijave unosi podatke o prijavi. Svako prijavi se automatski dodeljuje jedinstveni broj prijave koji se kasnije koristi za ocenu, štampu i pretragu podataka. Korisnik dobija poruku o uspešnoj evidenciji prijave i upisu podataka u registar prijava. Upis unetih podataka u Registar prijava (bazu podataka) vrši se automatski.

Drugi modul pod nazivom Ocena prijave koristi se za utvrđivanje stepena rizika koji nosi prijava i koji obuhvata procenu rizika iz tri segmenta: procena opšteg rizika, procena rizika prijave i procena rizika subjekta kontrole. Korisnik u formi za ocenu prijave vrši izbor prijave koju ocenjuje i definiše opcije kriterijuma za sva tri nivoa procene. Model na osnovu izabranih vrednosti vrši automatsku ocenu prijave i upis podataka o ocenu prijave u Registar prijava (baza podataka). Na kraju procesa korisnik dobija poruku o uspešnom upisu podataka o oceni prijave u registar prijava.

Ovaj modul predstavlja inovaciju u odnosu na dosadašnji način ocene predstavki, imajući u vidu činjenicu da je metodologija utvrđivanja rizika diversifikovana i zasnovana na objektivnijoj oceni. Na ovaj način otklonjen je najveći nedostatak dosadašnjeg načina rada koji se zasnivao isključivo na subjektivnoj proceni zaposlenog. Ovaj pristup trostepene ocene rizika predstavlja inovaciju autora.

Treći modul predstavlja Registar prijava. Korisnik pritiskom na dugme aktivira radni list za pretragu registra. Pretragu je moguće vršiti po više kriterijuma i više argumenata istovremeno. Proces pretrage registra je automatizovan.

U okviru aplikacije kreirana su i standardizovana dva obrasca:

- Obrazac EPN – Evidencija prijave nepravilnosti
- Obrazac ORP – Ocena rizika prijave

Korisnik ima mogućnost štampe i čuvanja navedenih obrazaca, potrebno je samo na odgovarajućem radnom listu kojem se pristupa klikom na dugme iz padajućeg menija izabrati jedinstveni broj prijave kaju je potrebno odštampati i klikom na dugme za štampu pokrene se automatska štampa. Ukoliko korisnik nije povezan sa štampačem treba da u dijalog prozoru koji se otvori izabere ime i lokaciju dokumenta koji će biti sačuvan u PDF formatu.

Aplikacija, koja je intelektualna svojina autora aplikacije i ne sme se neovlašćeno koristiti, umnožavati, distribuirati i menjati, nosi oznaku verzije 1.B.1 i predstavlja verziju prilagođenu postupanju budžetske inspekcije. Prva cifra jedan (1) u oznaci verzije govori da je u pitanju prvobitno razvijeni model u spreadit okruženju sa jedinstvenim grafičkim interfejsom, organizovanim podacima, aktivnostima i logičkim vezama između njih. Sloвна oznaka (B) u oznaci verzije znači da je model prilagođen isključivo za potrebe budžetske inspekcije. Sloвна oznaka B biće zamenjena cifrom nula ili drugim slovnim oznakama prilikom daljeg usavršavanja modela, izradom osnovne univerzalne verzije i posebnog prilagođavanja određenoj grupi korisnika (npr. 1.0.1 biće verzija modela posebno prilagođenog potrebama svih inspekcijskih

organa, dok bi verzija 1.P.1 bila namenjena isključivo poreskoj inspekciji). Treća cifra u oznaci modela, koja takođe nosi oznaku jedan (1) odnosi se na broj izmena osnovnog modela u odnosu na broj izmena zakonskih regulativa.

Pokretanjem modela otvara se dijalog za prijavu korisnika.

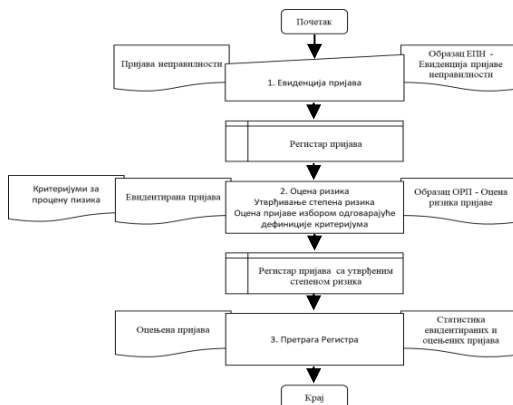
Slika 1. Korisnička forma za prijavu korisnika

Korisnici modela su definisani od strane administratora koji ima pristup svim sadržajima modela, dok je pristup po korisniku promenljivog karaktera i zavisi od predhodno definisanih dozvola i odobrenja koja se sprovode u radnom listu Login kojem pristup ima samo administrator modela. Tokom rada u modelu korisnik popunjava forme ili vrši pretragu podataka iz baze podataka koja se formira na osnovu podataka koje korisnik unosi. Na osnovu unetih podataka u korisničku formu model vrši proračune i unos osnovnih ili preračunatih vrednosti u bazu podataka.



Slika 2. Naslovna strana aplikacije

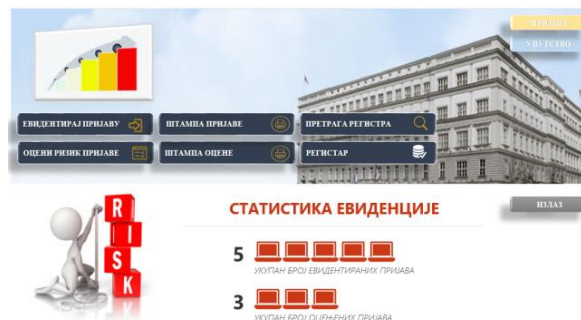
Upravljački model se sastoji od niza logički povezanih aktivnosti koje su prikazane na dijagramu toka aktivnosti na Slici 3.



Slika 3. Dijagram toka aktivnosti upravljačkog modela

Dati dijagrama toka prikazuje tok i redosled aktivnosti koje korisnik obavlja uz pomoć modela. Dijagram toka takođe prikazuje i ulaze i izlaze iz modela. Iz prikazanog Dijagrama toka Modela moguće je identifikovati aktivnosti koje korisnik može da obavlja uz pomoć Modela, i to :

- Evidentiranje prijava (predstavki);
- Ocena prijava i utvrđivanje stepena rizika;
- Pretraga registra prijava;
- Automatsko popunjavanje i štampa obrazaca evidentiranih i ocenjenih prijava.
- Uvid u statistiku evidentiranih i ocenjenih prijava.



Slika 4. Početna strana aplikacije (izbor aktivnosti)

4. ZAKLJUČAK

Testiranjem spreadit aplikacije za utvrđivanje prioriteta u postupanju kontrolnih i inspeksijskih organa, u koju je implementirana inovativna metoda trostepene segmentacije rizika, potvrđeno je da je primenom aplikacije u radu moguće identifikovati i kvantifikovati aktivnosti subjekta kontrole, koje karakteriše značajan rizik i u kojima postoji znatan javni interes i na taj način eliminišu iz postupanja eventualne zloupotrebe predavki. Takođe, potvrđeno je da primena modela u značajnoj meri pojednostavljuje, odnosno olakšava i ubrza posao licima koja su angažovana na poslovima ocene predavki i utvrđivanja prioriteta u postupanju organa. Pored toga, spreadit aplikacija predstavlja adekvatan odgovor na izraženu potrebu za procedurama i konkretnim informatičkim alatima za ocenu predavki koja je prepoznata u relevantnim stručnim krugovima, kako na nivou budžetske inspekcije, tako i na republičkom nivou.

Budući pravci razvijanja spredšit aplikacije za utvrđivanje prioriteta u postupanju budžetske inspekcije odnose se na detaljniji razvoj aplikacije, i postavljanje mera zaštite aplikacije. Sve buduće promene zakonske regulative i nekih drugih okolnosti koje su bitne za rad modela, biće implementirane u model.

Nakon iznetih rezultata istraživanja, nameću se sledeći zaključci:

- 1) istraživanjem u radu potvrđena su istraživačka pitanja i dokazane osnovna hipoteza, kao i dve posebne hipoteze;
 - 2) razvijena spredšit aplikacija zasnovana je na nacionalnom zakonodavstvu i obezbeđuje korisnicima usklađenost sa istom;
 - 3) aplikacija unapređuje i automatizuje proces planiranja inspekcijskih kontrola, vezano za segment koji se odnosi na ocenu rizika u predstavkama i korisnicima omogućava objektivnu ocenu rizika povezanog sa predstavkama, rangiranje predavki i utvrđivanje prioriteta u postupanju srazmerno utvrđenom riziku;
 - 4) aplikacija omogućava jačanje analitičke funkcije inspekcije i drugih kontrolnih organa koji je mogu koristiti u svom radu (pre svih Agencija za sprečavanje korupcije), obzirom da omogućava agregaciju podataka o prijavama u bazu podataka koja služi za prikupljanje, praćenje i analizu stanja u oblasti inspekcijskog nadzora;
 - 5) primenom aplikacije inspekcijske kontrole usmeravaju se na aktivnosti, odnosno subjekte kontrole koje karakteriše značajan rizik i u kojima postoji znatan javni interes, to direktno doprinosi efikasnijem upravljanju resursima budžetske inspekcije;
 - 6) spredšit aplikacija pruža osnovu za bolji raspored inspekcijskog nadzora i alokaciju oskudnih resursa, srazmerno visini procenjenog rizika kod subjekata kontrole, s ciljem ostvarivanja efikasnijeg i ekonomičnijeg rada;
- Prilikom izrade modela uzete su u obzir karakteristike korisnika i naročita pažnja posvećena je interaktivnosti modela. Korisnik konstantno upravlja procesom procene predavki i tokom rada dobija informaciju da li je neka operacija završena i da li je potrebno preduzeti još neku aktivnost kao i koje su posledice ako se aktivnost preduzme odnosno ne preduzme. Na ovaj način prevaziđena je pasivnost učesnika i ostvarena interakcija između korisnika i modela i smanjena mogućnost za pojavu greške prilikom procene.

Preduslov za primenu aplikacije je usklađivanje regulatornog okvira, a posebno izmena podzakonskih akata (model uvodi promenu u procedurama rada budžetske inspekcije u delu koji se tiče utvrđivanja kriterijuma i zahteva prilagođavanje zakonodavnog okvira) uvođenjem adekvatnog sistema procene rizika povezanog sa predstavkama, koje će omogućiti da se inspekcijske kontrole i dalje zasnivaju prevenstveno na podnetim predstavkama, dok su u isto vreme zasnovane na proceni rizika i srazmerne procenjenom riziku. Model razvijen u spredšitu koji je predmet ovog rada može biti implementiran u praksi kao izuzetno efikasno, efektivno i ekonomično rešenje koje bi inspekcijskim organima pružilo podršku i oslonac u radu. Razvijena aplikacija predstavlja osnovnu verziju i moguće ju je razvijati i unapređivati u više pravaca, primeniti na druge

inspekcijske organe u Republici Srbiji, kao i na inspekcijske organe u susednim zemljama, koje su savremene standarde inspekcijskog nadzora skoro razvile ili je kod njih ovaj proces u početnoj fazi.

LITERATURA

- [1] Stefanović, M. Radovanović, D. Jolović, D. Vodič za primenu Zakona o inspekcijskom nadzoru-dopunjeno, 2017
- [2] Grupa autora, Funkcionalna analiza republičkih inspekcija sa analizom kapaciteta, Balkanski centar za regulatornu reformu (BCRR), Nacionalna alijansa za lokalni ekonomski razvoj (NALED), Beograd, 2019
- [3] Zakon o budžetskom sistemu, Službeni glasnik RS, broj 31, 2019
- [4] Pravilnik o posebnim elementima procene rizika, učestalosti vršenja inspekcijskog nadzora, odnosno kontrole na osnovu procene rizika i posebnim elementima programa inspekcijskog nadzora, odnosno kontrole iz delokruga budžetske inspekcije, Službeni glasnik RS, broj 90, 2018.
- [5] Grupa autora, Analiza procene rizika, upravljanja rizicima i oaveštavanja o rizicima, Balkanski centar za regulatornu reformu (BCRR), Beograd, 2016.
- [6] Uredba o radu, ovlašćenjima i obeležjima budžetske inspekcije, Službeni Glasnik RS, broj 93, 2017.
- [7] Kovačević, A. Metodološko uputstvo za analizu potrebnog broja inspektora za obavljanje poslova inspekcijskog nadzora i vršenje službenih savetodavnih poseta, Beograd, USAID, 2017.
- [8] Kostić, K., Antić, S., Đorđević, L. Informacioni sistemi preduzeća u Excel-u, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2014.
- [9] Antić S., Đorđević L. Materijali za predavanja na predmetu Upravljački modeli i aplikacije u MS Excel- u, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2018.
- [10] Jovanovic M. , Završni (master) rad-Razvoj modela za procenu predavki i utvrđivanje prioriteta u postupanju budžetske inspekcije, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2020.

Enterprise Integration using message broker and events

Saša Soković, Gordana Gačić, Aleksandar Živković, Jelena Špengler, Jelena Stojanović, Milutin Stanković, Siniša Marinkov, Borivoje Milosavljević, Vidan Marković
sTech d.o.o.

Abstract - How to select proper Enterprise Integration Architecture (EAI)? Figuring out what to integrate, what technologies need to communicate, and what they are sharing. Selection of optimal EAI requires in-depth knowledge of the environment and the business model in the organization, with goal to provide a seamless infrastructure that can link disparate technologies, applications, and package solutions together in a single enterprise technology architecture.

1. PREFACE

Starting situation - challenge

- More than 20 different systems from various vendors built on diverse technologies
- Legacy integrations built on DB-to-DB direct communication
- Very high coupling between systems
- Maintaining of integration points required diverse technology knowledge and different skills

Goals

- Unify integration mechanism
- Implement full decoupling between existing and future systems
- Remove direct calls between databases
- Select proper technology which doesn't require too complex implementation, overkill of infrastructure and special skills

2. SOLUTION OPTIONS

We have analyzed several most common Integration patterns in order to select right concept and right technology to meet our needs.

2.1. MIGRATION AS DATA INTEGRATION PATTERN

Migration is the process of moving data from one system to another. Migration involves the source system in which the data is before execution, the criterion that determines the amount of data to be migrated, the transformation of the data through which the data set will pass, the destination system in which the data will be loaded and the ability to analyze migration results to find out final state relative to desired state.

2.1.1. WHY IS MIGRATION IMPORTANT?

Data migration is necessary for all data systems. We spend a lot of time creating and maintaining data, and migration is key to keeping that data independent of the tools we use to create, review, and manage it. Without migration, we

would lose all the data we collected every time we wanted to change software systems.

2.1.2. WHEN IS MIGRATION USEFUL?

Data migration occurs when moving from one system to another, moving to another or newer instance, moving to new infrastructure, adding nodes to database clusters, replacing database hardware, consolidating systems, and more.

The migration is used to handle large amounts of data and process many records in parallel, and to have an acceptable case of failure.

For continuous integration, migration is rarely used, although it is not uncommon for the ETL process defined in migration to be used to maintain data consistency between systems that need to cohabit without requiring real-time data transfer.

2.2. BROADCAST AS DATA INTEGRATION PATTERN

Broadcasting can also be called "one-way synchronization" and refers to the transfer of data from one source system to many destination systems, in real time (or "near-real-time").

The broadcast pattern, like the migration pattern, moves data in only one direction, from source to destination. The pattern of broadcasting, unlike the pattern of migration, is transactional.

This means that messages are not generated for all items in the range; rather, it executes broadcast logic only for those items that have changed recently.

Broadcast patterns are optimized for fast record processing and are very reliable for avoiding loss of critical data in transit.

2.2.1. WHY IS BROADCAST IMPORTANT?

The broadcast pattern is extremely valuable when system B needs to know some information in near real time that originates or is in system A.

Here are some general examples that can help you better understand the concept:

- You may want to create a real-time reporting dashboard - a destination for multiple broadcast applications that receives real-time updates on what is happening across multiple systems.

- You may want to start fulfilling orders coming from your CRM, e-commerce tool, or internal tool where the fulfillment processing system is centralized, regardless of which channel the order comes from.
- You may want to send your steam turbine temperature notification to the monitoring system every 100 ms.
- There are countless examples when you want to transfer data from the source system and broadcast it to others.

2.2.2. *WHEN IS BROADCAST USEFUL?*

The need for a broadcast pattern can be easily identified according to the following criteria:

- Does system B have to know as soon as the event happens - Yes
- Whether the data should flow from A to B automatically, without human participation - Yes
- Does system A need to know what is happening to the object in system B - No.

The first question will help you decide whether to use a migration or broadcast form based on whether the data needs to be real-time. There will be less than approximately every hour a broadcast pattern. However, there are always exceptions based on the amount of data.

The second issue generally excludes “on demand” applications and generally, broadcast patterns will be either triggered by a push notification or a scheduled job and therefore people will not be involved.

The last question will tell you if you need to combine two sets of data so that they are synchronized in two systems, which is what we call two-way synchronization. Different needs will require different data integration patterns, but the broadcast pattern is much more flexible in the way you can link apps, and we would recommend using two broadcast apps via a two-way sync app.

2.3. BI-DIRECTIONAL SYNC AS DATA INTEGRATION PATTERN

The bi-directional (two-way) synchronization data integration pattern is used when data exists in parallel in two systems and can be changed in both, while the changes are reflected in both systems.

2.3.1. *WHY IS BI-DIRECTIONAL SYNC IMPORTANT?*

Bi-directional sync can be both an enabler and a savior depending on the circumstances that justify its need.

Bi-directional synchronization is interesting when there are multiple systems that together complete a solution, while each one is not enough to satisfy a business need.

2.3.2. *WHEN IS BI-DIRECTIONAL SYNC USEFUL?*

If you have two or more independent and isolated editable representations of the same reality, you can use bi-directional sync to optimize your processes.

2.4. AGGREGATION AS DATA INTEGRATION PATTERN

Aggregation is the act of taking or receiving data from multiple systems and inserting into one. For example, customer data integration could reside in three different systems, and a data analyst might want to generate a report which uses data from all of them. One could create a daily migration from each of those systems to a data repository and then query that against that database. But then there would be another database to keep track of and keep synchronized.

In addition, as things change in the three other systems, the data repository would have to be constantly kept up to date. Another downside is that the data would be a day old, so for real-time reports, the analyst would have to either initiate the migrations manually or wait another day. One could set up three broadcast applications, achieving a situation where the reporting database is always up to date with the most recent changes in each of the systems. But there would still be a need to maintain this database which only stores replicated data so that it can be queried every so often. In addition, there will be a number of wasted API calls to ensure that the database is always up to X minutes from reality.

This is where the aggregation pattern comes into play. If you build an application that use this pattern, you will notice that you can on demand query multiple systems and merge the data set.

For example, you can build an integration app which queries the various systems, merges the data, and then produces a report. This way you avoid having a separate database and you can have the report arrive in a format like .csv or the format of your choice. You can place the report in the location where reports are stored directly.

2.4.1. *WHY IS AGGREGATION IMPORTANT?*

The aggregation pattern derives its value from allowing you to extract and process data from multiple systems in one united application. This means that the data is up to date at the time that you need it, does not get replicated, and can be processed or merged to produce the dataset you want.

2.4.2. *WHEN IS AGGREGATION USEFUL?*

The aggregation pattern is valuable if you are creating orchestration APIs to “modernize” legacy systems, especially when you are creating an API which gets data from multiple systems, and then processes it into one response. Another use case is creating reports or

dashboards that pull data from multiple systems and create an experience with that data.

Finally, you may have systems that you use for compliance or auditing purposes which need to have related data from multiple systems. The aggregation pattern is helpful in ensuring that your compliance data lives in one system but can be the amalgamation of relevant data from multiple systems. You can therefore reduce the amount of learning that needs to take place across the various systems to ensure you have visibility into what is going on.

3. SELECTED SOLUTION

After analyzing different theoretical approaches as well as common technologies behind, we concluded *Broadcast as Data integration pattern* is optimal solution for our needs.

Implementation of ESB (Enterprise Service Buss) tool has been considered carefully, but major “why not” was necessity for heavy infrastructure and need for additional skilled personnel, without clear benefit considering size of our organization and involved systems which do not support distributed transactions.

Solution resides on Message Broker as central system where all changes are announced.

For all involved systems API should exists:

- Preferable APIs are web services based on REST or SOAP
- For some legacy systems built on outdated technologies API is based on stored procedures

Specialized Message Broker *Consumers Framework* has been created:

- Each consumer is library which implements specific application Interface.
- Single consumer is subscribed to only one specific topic and responsible for single integration.
- Service with ability for hosting multiple consumers is developed for .NET based implementations. Java hosting service is defined, but still not developed, since there was not need.
- Service itself is responsible for communication with message broker, and orchestration of consumers according to their subscription.

Message Broker system is based on Apache Kafka hosted in container.

Wrapper service in front of Kafka is created with purpose of:

- Abstracting Message Broker to be able to replace underlying technology (switch from Kafka to some other Messaging system).
- Standardizing message structure. Wrapper rejects messages which doesn't comply to defined contract.
- Implementation of SSO established on internal Identity system based on OpenId Connect (OIDC) and OAuth 2.0 standards.

3.1. ABOUT APACHE KAFKA

Since being created and open sourced by LinkedIn in 2011, Kafka has quickly evolved from messaging queue to a full-fledged event streaming platform.

Apache Kafka is a distributed data store optimized for ingesting and processing streaming data in real-time. Streaming data is data that is continuously generated by thousands of data sources, which typically send the data records simultaneously. A streaming platform needs to handle this constant arrival of data and process the data sequentially and incrementally.

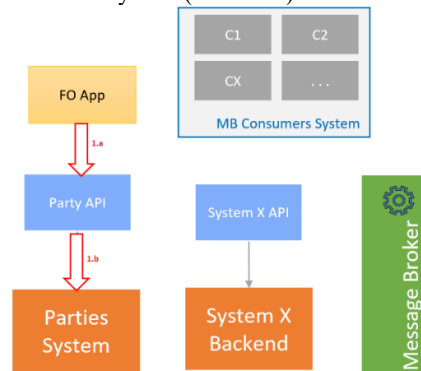
Kafka provides three main functions to its users:

- Publish and subscribe to streams of records.
- Effectively store streams of records in the order in which records were generated.
- Process streams of records in real time.

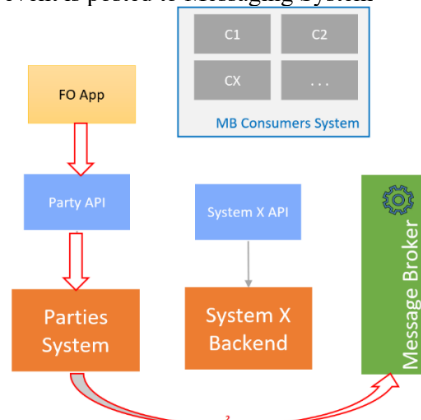
Kafka is primarily used to build real-time streaming data pipelines and applications that adapt to the data streams. It combines messaging, storage, and stream processing to allow storage and analysis of both historical and real-time data.

4. REAL-LIFE EXAMPLE

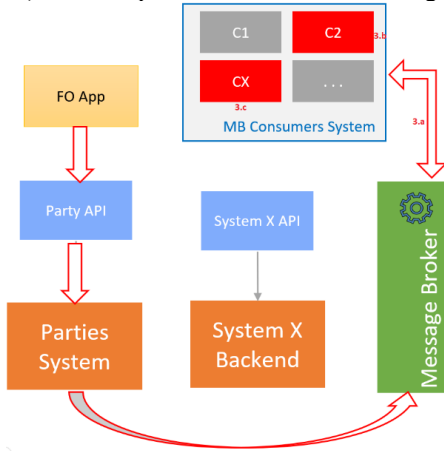
1. New client acquired / or significant data on existing client is changed through Frontend App and processed into Parties System (1.a & 1.b).



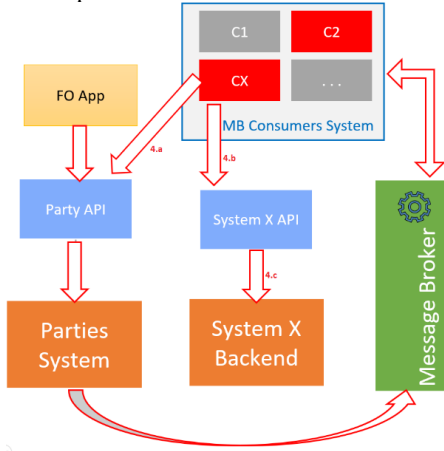
2. Party management system announces data change (2) – event is posted to Messaging System



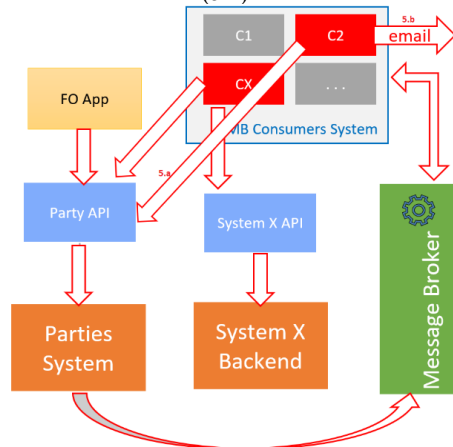
- Every interested system (subscribed consumers C2 & CX) reacts on published event – event is registered



- Consumer CX reads data from API (4.a) and updates necessary info in corresponding system (4.b & 4.c) – event is processed



- Simultaneously with previous step Consumer C2 reads data from API (5.a) and sends an email (5.b).



5. CONCLUSION

Developed solution is production proven. More than 15 systems at three Customers exchanging their data on daily basics.

Even though system has been designed for near real time integration, it has been used to transfer huge amount of data (a one-year production of the insurance company) in a few weeks to avoid development and testing migration.

Main obstacle of system is monitoring and handling of unsuccessful data transfers among systems. Since integrated systems are very diverse from functional and technological point of view, custom implementation of handling errors for each consumer is recommended.

Overall, all main goals have been met. System is robust and reliable. Experience in working with messaging system is valuable and will be leveraged for client app notification system and BPM tool processing of tasks.

LITERATURE

- [1] MuleSoft LLC, a Salesforce company, „Top five data integration patterns“, MuleSoft. <https://www.mulesoft.com/resources/esb/top-five-data-integration-patterns> (accessed February 21, 2022).
- [2] Apache Kafka Community, „Documentation - Design“, Apache Kafka. <https://kafka.apache.org/documentation/#design> (accessed February 22, 2022).
- [3] Confluent Community, „Confluent Documentation“, Confluent. https://docs.confluent.io/home/overview.html?_ga=2.121261896.1345301823.1651217372-1465364039.1650996394 (accessed February 21, 2022).
- [4] Amazon Web Services, Inc., „What is Apache Kafka?“, AWS. <https://aws.amazon.com/msk/what-is-kafka> (accessed February 24, 2022).



YU-S4-ISRP

Internet stvari (IoT) i računarske primene

Industrija 4.0 i IoT rešenje za male solarne elektrane

Dejan Vidojević¹, Vojkan Nikolić¹

¹ Kriminalističko-policijski univerzitet, Cara Dušana 196, 11080 Zemun, Srbija

Apstrakt: Razvoj tehnologija koje su zastupljene u Internet of Things (IoT) uređajima obezbedio je širok spektar potencijalnih mogućnosti primene u raznim oblastima, dok su tehnološke inovacije koje je donela Industrija 4.0 obezbedile nadogradnju postojećih sistema, pre svega proizvodne procese, a potom i povezivanje kompletnog poslovanja. Male solarne elektrane (MSE) predstavljaju sisteme koji pretvaraju sunčevu energiju u električnu, korišćenjem fotonaponskih uređaja. U ovakvim sistemima se implementiraju tehnološka rešenja Industrije 4.0, gde je jedno od najznačajnijih IoT. U radu je predstavljeno rešenje za Male solarne elektrane, povezano sa IoT platformom pomoću koje se vrši nadgledanje i upravljanje.

Cljučne reči: IoT, Industrija 4.0, Male solarne elektrane, SSE Key4S

I. UVOD

Promena zakonske regulative u oblasti elektroenergetike, liberalizacija tržišta električne energije, ekološki zahtevi, program energetske efikasnosti i racionalnog korišćenja energije, kao i zahtevi za samoodrživost nacionalnih energetskih sistema pogodovali su pojavi distribuirane proizvodnje. Pod distribuiranom proizvodnjom podrazumevaju se grupe modularnih uređaja za proizvodnju električne energije u blizini potrošača. [1]

Digitalna transformacija predstavlja proces koji započinje sa preliminarnim razmatranjima o mogućnostima primene digitalnih tehnologija u automatizovanju poslovanja (poslovnih procesa), a završava se sa potpunom automatizacijom i integracijom. Integrisane digitalne tehnologije treba da omoguće najviši stepen automatizacije poslovanja bazirane na savremenim pristupima i paradigmatima Industrije 4.0 i Internet of Things (IoT). [2]

Koncept IoT u najširem smislu predstavlja mogućnosti povezivanja bilo kog uređaja, koji se može nalaziti na bilo kom mestu, sve vreme. IoT predstavlja mrežu uređaja iz realnog sveta, povezanih preko interneta, nad kojima je obezbeđen monitoring i upravljanje pomoću Cloud-a. U ove uređaje najčešće spadaju uređaji bazirani na nanotehnologiji, potrošačka elektronika, kućni aparati, senzori svih vrsta, ugrađeni sistemi i lični mobilni uređaji. Osnovne karakteristike IoT uređaja

su fizički uređaji koji u sebi sadrže elektronska kola, softver, senzore i mogućnost povezivanja sa drugim uređajima radi razmene podataka. [3,4]

IoT objedinjuje više tehnologija, a jedne od najznačajnijih su internet tehnologije i ipv6 protokol, kao i različiti oblici bežičnih komunikacija. Pored ovih tehnologija, poednako su važne i analitika podataka u realnom vremenu, BIG data i Mašinsko učenje, koje se realizuju u Cloud-u. Sve ove tehnologije obezbeđuju Machine to Machine (M2M) komunikaciju.

U industriji je danas prisutan koncept potpune digitalizacije poslova. Ovaj pristup je definisan u okviru paradigme Industry 4.0. Digitalne tehnologije: IoT, robotika, računarstvo u oblacima, sajber – fizički sistemi i skalabilna analitika (engl. big data) su ključni u primeni koncepta Industrija 4.0. Industrija 4.0 podrazumeva potpunu digitalizaciju svih procesa proizvodnje i primenu pomenutih digitalnih tehnologija prilikom kreiranja ideje o nekom proizvodu, inženjeringu proizvoda, organizaciji proizvodnje, realizaciji proizvodnje, kontroli procesa i pružanju industrijskih usluga.”. [2]

Male solarne elektrane (MSE) predstavljaju sisteme za direktno dobijanje električne energije na osnovu sunčeve energije pomoću fotoelektričnog efekta. Savremene MSE se projektuju i grade u skladu sa savremenim tehničko-tehnološkim trendovima, a na bazi IoT i Industri 4.0 koncepta.

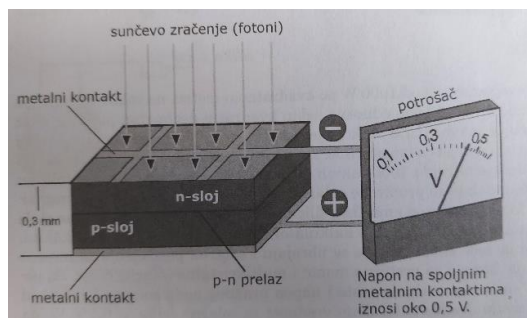
Velika potreba za električnom energijom i još veća potreba za očuvanjem čiste životne sredine dovele su do povećanja potreba za izgradnjom MSE, kao jednog od oblika obnovljivih izvora proizvodnje električne energije. U Republici Srbiji se tek počelo sa izgradnjom MSE, dok postoji veliki potencijal s obzirom na broj sunčanih dana.

U radu je predstavljeno jedno rešenje MSE pod nazivom “EM 1” izgrađeno na krovu zdrade etnografskog muzeja u Beogradu, koje je realizovala firma Key4S doo iz Beograda [5]. Pored toga, ova firma je razvila softversko rešenje SSE Key4S za monitoring i upravljanje solarnim elektranama. U ovom softveru se sakupljaju očitani podaci sa invertora svih MSE koje je firma Key4S projektovala i izgradila.

II. MALE SOLARNE ELEKTRANE

MSE u Republici Srbiji imaju veliku perspektivu zbog broja sunčanih dana, a samim tim i koeficijenta iskorišćenja solarne energije.

Ovde razmatramo fotonaponske MSE koje realizuju pretvaranje sunčeve energije u električnu energiju pomoću fotonaponskih solarnih panela. Osnovna jedinica za ovo pretvaranje energije je solarna ćelija, predstavljena na Slici 1.

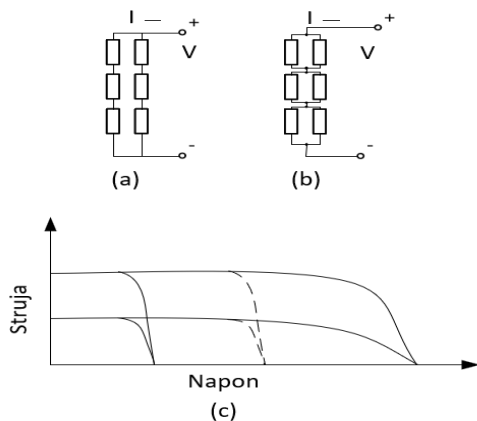


Slika 1. Struktura jedne fotonaponske ćelije [6]

Fotonaponske ćelije se realizuju kao:

- konvencionalne “tanke” ćelije, gde je debljina pluprovodnika od 200 do 500 μm ,
- fotonaponske ćelije od tankih filmova pluprovodnika debljine od 1 do 10 μm .

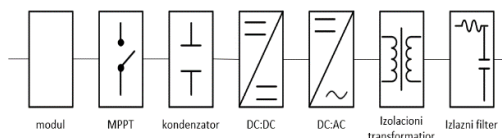
Tehnologija tankih filmova se pojavila kasnije i još uvek ima lošije performance od konvencionalne tehnologije.



Slika 2. Način sprezanja modula i strujno-naponska karakteristika panela [1]

Solarni moduli se u osnovi sastoje od više povezanih ćelija i mogu se međusobno povezivati na dva načina kako bi formirali panel. Prvi način povezivanja je da se moduli povežu serijski u cilju dobijanja željenog izlaznog napona, a nakon toga se ovako kreirani nizovi povezuju paralelno u cilju dobijanja željene izlazne struje. Drugi način je da se moduli povežu paralelno da bi se dobila potrebna struja, a nakon toga se povezuju serijski da bi se postigao željeni napon. Oba načina su prikazana na Slici 2. [1]

Paneli, na izlazu daju jednosmernu struju, a u koliko je potrebno povezivanje sa elektrodistributivnom mrežom, potrebno je koristiti inverter. Inverter ima zadatak da jednosmernu struju pretvori u naizmeničnu struju od 50 Hz. Funkcionalna šema invertora je data na slici 3.



Slika 3. Šema funkcionalnog invertora [1]

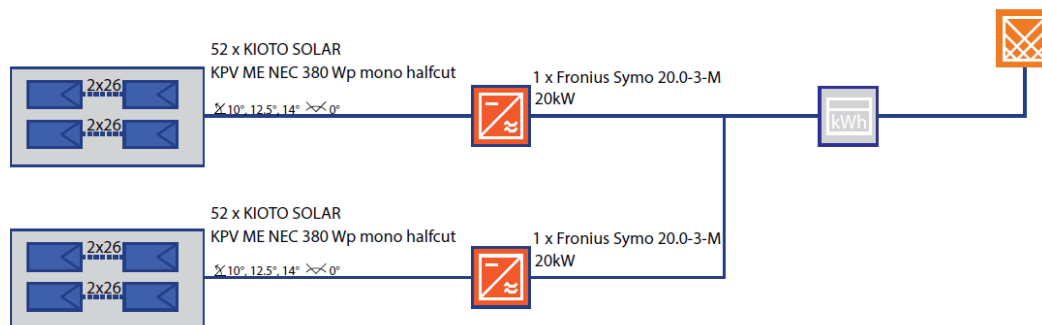
Za svaku vrstu panela i invertora postoje definisane tehničke karakteristike od strane proizvođača. Prilikom povezivanja panela na inverter treba voditi računa o mogućnostima konkretnog invertora, tj o njegovim performansama.

III. Tehničko rešenje za “EM 1”

Osnovne karakteristike MSE “EM 1” za proizvodnju električne energije su:

Instalirana snaga (AC strana): 40 kW,
 Instalirana snaga (DC strana) : 39,52 kWp,
 Ukupna energija proizvedena sa PV (AC): 50.140,20kWh,
 Ukupno pušteno u elektro distributivnu mrežu: 50.140,20kWh,
 Broj fotonaponskih panela: 104,
 Tip fotonaponskih panela: KPV ME NEC 380 Wp mono halfcut,
 Broj invertora: 2,
 Tip invertora: Fronius Symo 20.0-3-M.

Na Slici 4. je predstavljena blok šema MSE “EM 1”.



Slika 4. Blok dijagram MSE "EM I"

Fotonaponski paneli: KPV ME NEC 380 Wp mono halfcut

Svaki solarni panel se sastoji od 120 fotonaponskih ćelija, postavljenih u kućištu od eloksiranog aluminijuma, koji su povezani u kombinaciji serijski i paralelno kako bi se dobio prikladan napon, odnosno snaga. Ove ćelije su testirane u smislu kvaliteta u svim koracima proizvodnje i sa garancijom od min 10 godina. Njihove osnovne karakteristike su: dugačak period eksploatacije, veliki stepen efikasnosti, kao i velika otpornost na mehanička i atmosferska dejstva. Najvažniji faktor koji utiče na proizvodnju električne energije svakog modula je njegova snaga. Snaga svakog panela se povećava sa smanjenjem temperature i obratno, smanjuje se sa povećanjem temperature.

Izabrani paneli pri radijaciji od 1000 W/m² imaju spektralnu raspodelu AM 1.5 na temperature 25°C (u saglasnosti sa EN 60904 - 3). Pretvaranje jednosmerne električne energije iz panela u naizmeničnu električnu energiju ostvareno je rednom vezom panela (formiranje tzv. stringova) pomoću DC kablova preseka 4mm² (crveni kabl se vodi za „+“ polaritet, a crni kabl za „-“ polaritet).

SPECIFIKACIJA MODULA

P_{mpp} [Wp]: 380
 U_{mpp} [V]: 34,32
 I_{mpp} [A]: 11,08
 U_{oc} [V]: 41,40
 I_{sc} [A]: 11,60
 Stopa efikasnosti: 20,86%
 Površina po kWp: 4,79m²

ELEKTRIČNI PODACI

120 kristalnih ćelija: 166 mm x 83 mm
 Sistem za povezivanje: Original Stäubli MC4 EVO2 connectors
 Maks. sistemski napon: 1500V DC
 Tolerancija moći: (+ 5W / - 0 W) Merenje: STC (standardni uslovi ispitivanja)
 Temperaturni koeficijenti: P_{mpp} -0,350 %/K U_{oc} -0,270%/K I_{sc} +0,048%/K

Maks. obrnuta struja: 15 A
 Radna temperatura: +85 °C up to -40 °C
 Dužina kablova: 2 x 1.150 mm
 Zaobilazne diode: 3 kom.
 Garancija efikasnosti: min. 97% u prvoj godini, a zatim smanjenje od 0,7% p.g. - do 25 godina

TEHNIČKI PODACI

Dimenzija modula: 1755 mm x 1038 mm x 40 (+/- 3 mm)
 Težina: 20 kg
 Specifikacija stakla: 3,2 mm ESG - solarno staklo sa antirefleksnim premazom (solarni prolaz AM1,5 min. 94%)
 Sertifikat: IEC 61215, Ed. 2 uklj. mehaničko ispitivanje opterećenja do 5400 Pa, IEC 61730 od TÜV Süd
 Prošireni sertifikat: Visoka solna magla i amonijum otpornost, sertifikovano u TÜV Nord.

Invertori: Fronius Symo 20.0-3-M

ULAZ:

Maks. ulazna struja (I_{dc} max 1 / I_{dc} max 2): 33 A / 27 A
 Maks. kratki spoj, niz modula (MPP1/MPP2): 49,5 A / 40,5 A
 Min ulazni napon (U_{dc} min): 200 V
 Napon pokretanja napajanja (U_{dc} start): 200 V
 Nominalni ulazni napon (U_{dc,r}): 600 V
 Maks ulazni napon (U_{dc} max): 1.000 V
 MPP opseg naponae (U_{mpp} min – U_{mpp} max): 420 - 800 V
 Broj MPP trackera: 2
 Broj DC priključaka: 3 + 3

IZLAZ

AC nominalni izlaz (P_{ac,r}): 20.000 W
 Maks. Izlazna snaga: 20.000 VA
 AC izlazna struja (I_{ac} nom): 28,9 A
 Mrežna veza (raspon napona): 3-NPE 400 V / 230 V or 3~NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)
 Frekvencija (frekvencijski opseg): 50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)
 Ukupna harmonična distorzija: 1,3 %
 Faktor snage (cos φ_{ac,r}): 0 - 1 ind. / cap.

GENERALNI PODACI

Dimenzije (visina x širina x dubina): 725 x 510 x 225 mm

Težina: 43,4 kg

Stepen zaštite: IP 65

Klasa zaštite: 1

Prenaponska kategorija (DC / AC): 2 / 3

Noćna potrošnja: < 1 W

Dizajn invertera: Bez transformatora (Transformerless)

Hlađenje: Regulisano hlađenje vazduha

Instalacija: Unutrašnja i spoljašnja instalacija

Temperatura okoline: -40 +60 °C

Dozvoljena vlažnost: 0 - 100 %

Maks. visina: 2,000 m / 3,400 m (neograničen / ograničen raspon napona)

DC tehnologija povezivanja: 6 x DC+ i 6 x DC – šrafno vezivanje 2.5 - 16 mm2

AC tehnologija povezivanja: 5-polni AC šrafno vezivanje 2,5 - 16 mm2

EFIKASNOST

Maks. efikasnosti: 98,1 %

Evropska efikasnost: 97,9 %

Efikasnost adaptacije MPP: 98 %

Na 2 invertora, snage 20kW, vezuju se 104 panela. Izabrani su monokristalni moduli (paneli) proizvođača "KIOTO SOLAR" tipa KPV ME NEC 380 Wp mono halfcut snage od 380W, koji se montiraju na podkonstrukciju preko odgovarajućeg montažnog pribora.



Slika 5. Izgled MSE "EM 1"

Na slici 5. je dat izgled MSE "EM 1" na krovu Etnografskog muzeja u Beogradu.

IV. Tehnički uslovi za povezivanje MSE "EM 1" sa distributivnom mrežom

Tehnički uslovi za priključenje fotonaponske solarne elektrane na javnu elektroenergetsku mrežu, definisani su Pravilima o radu distributivnog sistema

Elektroprivrede Srbije. Pravila detaljno obrađuju uslove za priključenje objekta snage do 1MW i u njima se male elektrane klasifikuju prema instalisanoj snazi, vrsti generatora i načinu rada generatora, kao i prema naponskom nivou generatora i naponskom nivou priključka.

Prema instalisanoj snazi male elektrane se dele na 6 grupa, bez obzira na broj ugrađenih generatora. MSE "EM 1" spada u grupu malih elektrana čija je snaga do 1MW.

Prema vrsti generatora koji se koriste male elektrane se dele na 4 grupe. MSE "EM 1" spada u grupu malih elektrana koja koristi jednosmerni generator sa naponskim inverterom, jednosmernog napona ili naizmeničnog pretvarača.

Prema načinu rada generatora male elektrane mogu raditi u 4 različita režima rada. MSE "EM 1" po svom režimu je svrstana u grupu koja predviđa da generator male elektrane može biti u „Paralelnom radu sa distributivnim sistemom sa stalnom ili povremenom predajom energije u sistem, koji se odnosi na generatore koji stalno rade paralelno sa distributivnim sistemom, a proizvedenu električnu energiju predaju u distributivni sistem u celini ili delimično upotrebljavaju za sopstvene potrebe, a delimično (višak) predaje sistemu“.

Prema naponskom nivou generatora male elektrane se dele u dve grupe. MSE "EM 1" spada u grupu malih elektrana sa niskonaponskim generatorom sa nazivnim međufaznim naponom do 1 kV (po pravilu 0,4kV, a za vetrogeneratore po pravilu 0,69kV).

Prema naponskom nivou priključka na distributivnu elektroenergetsku mrežu, male elektrane se dele na:

- Elektrane na niskonaponskoj mreži sa nazivnim međufaznim naponom 0,4kV.
- Elektrane na srednje naponskoj mreži sa nazivnim međufaznim naponom 10kV, 20kV ili 35kV.

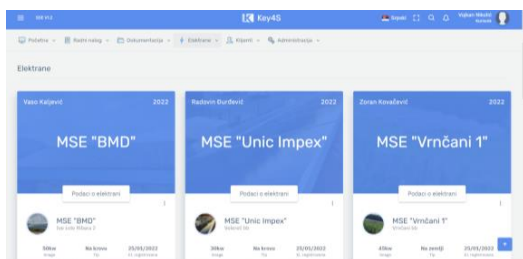
Za solarnu elektranu "EM 1" predviđeno je priključenje fotonaponske elektrane na niskonaponsku mrežu sa nazivnim međufaznim naponom do 0,4kV.

Za priključenje i bezbedan paralelan rad male elektrane sa distributivnim elektroenergetskim sistemom, MSE mora da zadovolji 4 osnovna kriterijuma:

- Kriterijum dozvoljene snage MSE,
- Kriterijum flikera,
- Kriterijum dozvoljene struje viših harmonika,
- Kriterijum snage kratkog spoja.

V. Monitoring i upravljanje MSE “EM 1”

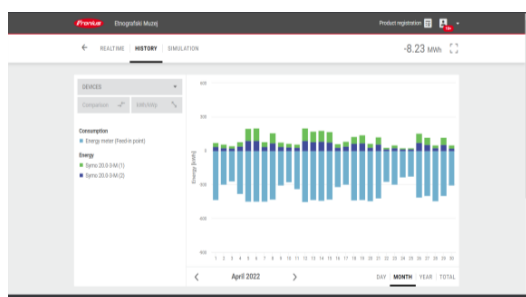
Softver za solarne elektrane (SSE Key4S) je razvila firma Key4S doo u skladu sa potrebom za vođenje evidencija o projektovanim i izgrađenim MSE, kao potrebom za monitoring i upravljanje izgrađenih MSE. Izgled SSE Key4S softvera je prikazan na Slici 6.



Slika 6. Izgled SSE Key4S

SSE Key4S softver ima mogućnost pristupa preko interneta svakoj od MSE koju je realizovala firma Key4S doo. Ovim softverom je moguće u realnom vremenu nadgledati rad svake MSE, kao i rad svakog od ugrađenih invertora.

Softver SSE Key4S prikuplja i pamti skoro sve parameter koje beleži svaki od invertora svake MSE. Softver ima mogućnost grafičkog prikazivanja proizvedene električne energije po invertoru, po MSE i zbirno za sve MSE koje je realizovala firma Key4S doo i to po danima, mesecima i godinama. Jedan od prikaza proizvodnje električne energije MSE “EM 1” za mesec april 2022. godine predstavljen je na Slici 7.



Slika 7. Grafički prikaz proizvodnje električne energije u SSE Key4S softveru

Iz samog softvera moguće je uključiti i isključiti rad MSE i uključiti i isključiti bilo koji invertor. Pored toga, moguće je direktno menjati i određene parametre samog invertora.

S obzirom da je firma Key4S doo realizovala devet MSE, količina podataka u bazi softvera SSE Key4S se svakodnevno povećava. Već sada je moguće izvoditi zaključke (pronalaziti zakonitosti) na osnovu prikupljenih podataka primenom analitičkih algoritama i algoritama mašinskog učenja.

VI. Zaključak

MSE imaju veliku perspektivu kod nas zbog velikog broja sunčanih dana koje imamo, kao i zbog toga što je sama potreba za električnom energijom velika. Zbog zaštite životne sredine neophodno je proizvoditi što veću količinu električne energije iz obnovljivih izvora energije, gde spadaju i MSE.

MSE “EM 1” je u produkciji od 20.12.2021. godine i predstavlja dobar primer proizvodnje električne energije na osnovu IoT i Industry 4.0 koncepata, gde se u potpunosti void računa o životnoj sredini da ostane čista.

Zbog svakodnevnog prikupljanja velike količine podataka otvara se mogućnost primene analitičkih algoritama i algoritama mašinskog učenja za otkrivanje zakonitosti u prikupljenim podacima. To je neophodno zbog automatizacije upravljanja svake MSE koju je realizovala firma Key4S doo i svakog invertora bilo koje MSE. Time bi se povećao stepen iskorišćenja solarne energije, što bi se odrazilo na povećanje proizvodnje električne energije.

VII. Literatura

- [1] Rajaković N, Tasić D., Distributivne i industrijske mreže, Akademski misao, Beograd, 2008.
- [2] Janković, J., PRIMENA KONCEPTA INDUSTRIJA 4.0 U REPUBLICI SRBIJI, Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu, 2020.
- [3] Brech B., Jamison J., Shao L., Wightwick G., The Interconnecting of Everything, IBM Redbooks, 2013.
- [4] Executive Summary: The Internet of Things, International Telecommunication Union, 2005
- [5] www.key4s.eu
- [6] Geist H.-J., Fotonaponska postrojenja, Agencija Eho, 2015.

Primena savremenih softverskih alata u mapiranju bezbedonosno interesantnih objekata i pojava

Application of modern software tools in mapping safety interesting objects and phenomena

Milica Milunović¹, mr Slaviša Đukanović¹, mast Ivan Košanin¹, Bogdan Pejčić¹, Ivan Kolavčić¹, Veljko Marinković¹

¹Ministarstvo unutrašnjih poslova Republike Srbije, Kneza Miloša 101. 11000 Beograd

Abstract – Poslovi koje obavljaju pripadnici Ministarstva unutrašnjih poslova zahtevaju softverske alate koji omogućavaju da se iz velikih baza podataka analiziraju samo oni podaci koji su ključni za dobijanje pravovremenih informacija. Informacije dobijene na takav način imaju za cilj sprovođenje veće efikasnosti u radu policije. U radu će biti prikazani softverski alati za rad sa bazama podataka, pravljenje modela, filtriranje podataka za dalju analizu i obradu, mapiranje i vizualizaciju u cilju donošenja odluka. Značajnu ulogu u Ministarstvu unutrašnjih poslova imaju BI (business intelligence-poslovna inteligencija) alati koji omogućavaju izveštavanje, analizu i distribuciju podataka. Za mapiranje, vizualizaciju i prikaz Ministarstvo unutrašnjih poslova koristi GIS softver poslednje generacije „ArcGis“. Studija slučaja obuhvatiće integraciju BI alata IBM Cognos i ArcGis i biće objašnjena od prvog koraka, odnosno od samog prikupljanja podataka od policijskih službenika na terenu, pa sve do prikaza podataka na mapi, koristeći kao primer saobraćajne nezgode na delu teritorije opštine Zemun za period 2016-2021. godine.

Ključne reči: BI Alati, IBM cognos, ArcGis, Saobraćajne nezgode

Abstract - Jobs performed by members of the Ministry of Interior require software tools that enable only the data that is crucial for obtaining timely information from large databases. The importance of information is aimed at enforcing greater efficiency in the police work. The work will display software tools for further analysis and processing, mapping, and visualization in order to make decisions. A significant role in the Ministry of Interior is held by BI (business intelligence - poslovna inteligencija) tools that enable the reporting. For visualization and display, the Ministry of Interior uses the last-generation GIS software "ArcGis".

The case study will include the integration of IBM Cognos i ArcGis BI tools and will be explained from the first step, i. e. from the collection of data from police officers in the field, to the display of data on the map, using as an example a traffic accident to part of the territory of Zemun for the period 2016-2021.

Key words: BI Tools, IBM cognos, ArcGis, traffic accidents

1. UVOD

Ministarstvo unutrašnjih poslova (MUP) radi veoma složene zadatke i izveštaje. U cilju prevencije i analize bezbednosti, koriste se mnogi savremeni softveri i alati.

U ovom radu biće prikazani alati za mapiranje bezbednosno interesantnih objekata i pojava na primeru saobraćajnih nezgoda (SN). Saobraćajna nezgoda je nezgoda koja se dogodila na putu ili je započeta na putu, u kojoj je učestvovalo najmanje jedno vozilo u pokretu i u kojoj je jedno ili više lica poginulo ili povređeno ili je izazvana materijalna šteta.¹

Softverski alati IBM Cognos i ArcMap omogućavaju obradu, statističku analizu i geoprostorno procesiranje podataka.

Saobraćajne nezgodne su interesantne iz bezbednosih razloga, a sve u cilju prevencije i očuvanja ljudskih života i povećanju bezbednosti saobraćaja. Studija slučaja prikazana u ovom radu sadrži podatke o SN za period 2016-2021. godine na teritoriji grada Beograda, opštine Zemun.

2. BI ALATI – IBM COGNOS

IBM Cognos pripada BI (eng, Business Intelligence) grupi alata, odnosno predstavlja alat poslovne inteligencije. Poslovna inteligencija (eng, Business Intelligence) jeste skup koncepata i metodologija u kojoj ključnu ulogu nose podaci koji se prikupljaju, analiziraju i distribuiraju.

BI alati su razvijeni kako bi unapredili performanse organizacije i na taj način omogućili što kvalitetnije donošenje odluka, kako bi se ostvarali krajnji ciljevi organizacije.

¹<https://www.paragraf.rs-> Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima, čl. 7 tačka 82. , 10.02.2022.

IBM Cognos BI omogućava pregled stanja čitave organizacije. Počeci rada datiraju od 1969. godine kada je kompanija nosila ime Quasar (Cognos od 1982. godine).² Danas IBM Cognos BI koristi veliki broj korisnika širom sveta.

IBM Cognos omogućava izveštavanje, analizu, distribuciju podataka, kao i evidenciju rezultata i delovanje na osnovu istih. Prednosti IBM Cognos BI alata su mnogobrojne, neke od najbitnijih jesu ušteda resursa (vreme i novac), mogućnost ad-hoc analize, višedimenzionalno ukrštanje podataka, mogućnost dobijanja podataka do najnižih nivoa agregacije. Povećane su performanse kao što su brzina i kvalitet, mogućnost exporta u različite formate.

U MUP-u se aktivno koristi od 2013. godine.

Aktivan rad podrazumeva generisanje velikog broja izveštaja za određeni vremenski period (dnevno, nedeljeno, mesečno, godišnje...). Alat pruža mogućnost dobijanja pravovremenih i kvalitetnih informacija, koje su generisane na osnovu upita iz velikih baza podataka MUP-a. Na taj način, znatno se unapređuje kvalitet informacija, koji je ključan za donošenje odluka.

U radu će biti prikazani podaci SN, postupak prikupljanja, način na koji se podaci skladište u bazu podataka, uloga IBM Cognos u modeliranju i statističkoj obradi podataka i dalju distribuciju ka raznim alatima, a u ovom radu ka ArcMapu, gde će podaci biti prikazani na mapi teritorije Republike Srbije, opštine Zemun.

Primenom alata, unapređen je kvalitet podataka i transparentnost, kako korisnicima unutar sistema, tako i eksternim korisnicima. Izveštaji su ključni za generisanje novih strategija, donošenje odluka za unapređenje bezbednosti, donošenje novih i unapređenje starih odluka.

Podaci u MUP-u se prikupljaju od strane policijskih službenika sa terena. Podaci se skladište u bazama podataka, koji se nalaze u MUP-ovim prostorijama. Početna uloga IBM Cognosa je da se projektuje model, pomoću kog će se generirati izveštaj u zavisnosti od zahteva koji su dostavljeni.

Modelovanje podataka se vrši kroz alat Framework Manager, a pre puštanja u produkciju model se testira. Kada se model uspešno istestira, spreman je za objavljivanje i dalji rad. Dimenzije u modelu predstavljaju izdvojene grupe podataka pomoću kojih se vrši sastavljanje izveštaja, a koje se kreiraju u samom modelu. Prednost takvog načina kreiranja izveštaja jeste što isti mogu biti dinamički i sama izmena strukture izveštaja je pojednostavljena. Izradu modela vrše projektanti, a nakon objavljivanja modela, isti postaje projekat koji je, kao takav spreman za dalje ad-hoc analize koje vrše policijski statističari. Upravo ovo i jeste jedna od prednosti IBM Cognos BI jer pristup modelu imaju samo projektanti istog.

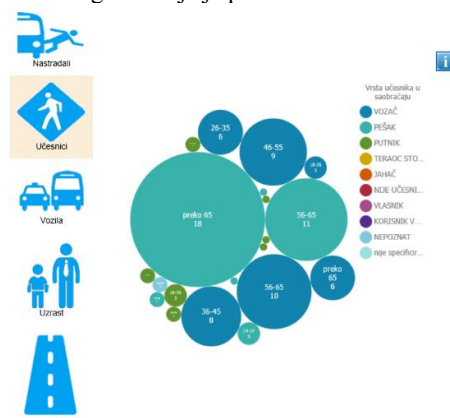
Arhitektura samog IBM Cognosa je zasnovana na tri nivoa, nivo veb servera, nivo aplikacije i nivo podataka.

Prilikom pristupa IBM Cognos-u, potrebno je da verzija pretraživača bude ažurirana zbog bezbednosnih razloga.

Korisnik pristupa korisničkim imenom i lozinkom koji su kreirani od strane Administratora IBM Cognos servera. Bezbednost pristupa je ostvarena čuvanjem logova. Na taj način je moguće utvrditi ko je i kada imao pristup podacima i izveštajima.

Korisnik nakon uspešnog logovanja, pristupa modelu, za koji je potrebno uraditi prethodno definisan izveštaj. IBM

Cognos omogućava izbor izgleda izveštaja, nakon uspešnog pristupa projektu. Izveštaj može biti statički ili dinamički. Statički izveštaj je pregled brojeva u tabelama, dok izgled dinamičkog izveštaja zavisi od odabira drugih parametara. Izgled dinamičkog izveštaja je prikazana na slici 1.



Slika 1. Izgled dinamičkog izveštaja

Na slici 1. su prikazani određeni parametri za izabranu godinu kroz različite kategorije učesnika u SN (broj poginulih lica i njihova starosna struktura). Samim prevlačenjem kursora miša preko izveštaja, dobija se povratna informacija o broju i starosti poginulih. Prednost dinamičkog izveštaja jeste vizuelni pregled. Prilikom izrade izveštaja, moguće je dodati različite filtere u zavisnosti od zahteva korisnika. Dodavanje filtera je moguće unošenjem komandi native SQL jezika i uključivanjem na izveštaj ili dodavanjem direktno iz hijerarhije modela.

IBM Cognos pruža mogućnost rada pozadinskih job-ova, koji omogućavaju da određeni izveštaji budu pušteni u određeno vreme. Izvoz izveštaja iz IBM Cognos-a je moguć u različitim formatima, a u zavisnosti od definisanog zahteva korisnika. Prilikom dostavljanja podataka potrebno voditi računa o verziji formata, zbog dalje distribucije kod korisnika. Kada su podaci spremni za izvoz iz IBM Cognos-a i uvoz u GIS, omogućen je rad sa geostornom podacima.

3. ARCMAP

Rad sa geoprostornim podacima, podrazumevaju korišćenje GIS-a. Georeferencirani podaci prolaze kroz definisanu proceduru, gde je potrebno podesiti parametre, poput okruženja, podloge, koordinatnog sistema, kodne strane i drugo.

GIS softver, kao i IBM Cognos, takođe ima mogućnost rada sa atributivnim podacima, ali njegova najveća uloga je rad sa prostornim upitima nad podacima. Pod prostornim upitom podrazumeva se, da na određenom području prikažu samo referentni podaci za određeni prostor sa svim atributivnim obeležijima.

Početkom 21. veka, MUP počinje implementaciju prvih verzija GIS-a u obavljanju policijskih poslova. Prvi hardver, obuka, softver kompanije ESRI, kao i digitalni geoprostorni podaci su implementirani u tom periodu. Aktivnija implementacija počela je 2010. godine.

²<https://www.referenceforbusiness.com/history2/1/Cognos.html> 40
s-lnc.html, 10.02.2022.

Softver kompanije ESRI zanoljen je 2013. godine, a 2021. godine počelo se praćenjima trendova i koriste se najsavremeniji alati koji se nalaze na tržištu.

Postoji veliki broj definicija GIS-a, a za potrebne rada izabrana je: „GIS je racionalno organizovan skup računarskog hardvera, softvera, geoprostornih podataka i korisnika koji je projektovan tako da omogući efikasno prikupljanje, sređivanje, obradu, manipulisanje, analizu, modelovanje i geoprostorno prikazivanje geografskih i svih drugih informacija dominantno vezanih za geoprostor Zemlje, a od interesa za korisnika.“³

Ugruba podela modela podataka je na rasterske i vektorske podatke. Vektorski podaci se prikazuju kao tačka, linija ili poligon, dok rasterski podaci predstavljaju karte u digitalnom obliku.

U MUP-u, GIS može da ima široku primenu u svakodnevnom radu, nalazi se na posebnoj mreži, čiji su korisnici samo službenici MUP-a. Eksterni korisnici nemaju pristup sistemu, dok je deo podataka vezan za SN dostupan i prikazan od 2018. godine na portalu Open Data⁴.

Podaci koje koristi GIS u MUP-a, su zvanični podaci dobijeni od državnih organa zaduženih za kreiranje takvih vrsta podataka (Republički geodetski zavod, Vojnogeoграфski institut). MUP je za svoje potrebe mapirao veliki broj bezbednosno interesantnih objekata kao što su škole, bolnice, banke, vrtići i drugo.

Izvršavanje prostornog upita nad podacima, dobijenih iz IBM Cognosa, moguće je korišćenjem ArcMap-a. ArcMap je deo proizvoda kompanije Esri, osnovni alat za rad sa geoprostornim podacima, koji predstavlja Desktop rešenje.

U pripremi projekta, neophodno je izvršiti odabir koordinatnog sistema. Nakon toga, u zavisnosti od potreba projekta, potrebno je izabrati odgovarajuću podlogu. Softver sadrži alate koji omogućavaju mapiranje događaja i pojava, vizualizaciju i razne analize.

Nad podacima je moguće izvršiti izmene, brisanje, dodavanje polja, prostorne i atributivne upite. U radu je izvršen prostorni upit, korišćenjem funkcije *Select By Location*.

4. STUDIJA SLUČAJA – SN NA TERITORIJI OPŠTINE ZEMUN

Mapiranje bezbedonosno interesantnih događaja i pojava od izuzetnog je značaja za donošenje odluka na različitim nivoima odlučivanjima.

Podaci moraju biti dobro pripremljeni i struktuirani da bi se dobila prava slika stanja na određenom prostoru.

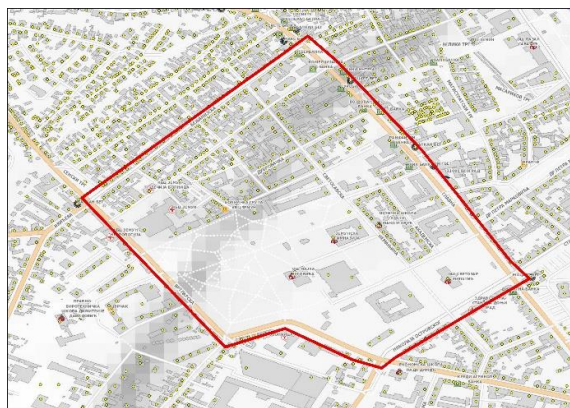
Postupak prikupljanja podataka koje smo koristili, kreće od policijskih službenika koji vrše uviđaj SN i uzimaju koordinate i njihovo unošenje u jedinstveni informacioni sistem (JIS) MUP RS. Podatak koji je unesen na ovaj način, automatski se mapira na GIS i skladišti na baze podataka.

Pomoću IBM Cognosa, napravljen je model podataka iz kojeg se dobija razna hijerarhija u vidu podataka. Na ovaj način mogu se dobiti razni statistički podaci o SN po određenim parametrima. Kada se parametri podese, podaci se eksportuju i distribuiraju ka GIS-u. Za potrebe studije

slučaja, statistički izveštaj je sadržao sledeće parametre:

- Brojač saobraćajnih nezgoda (koliko je u određenom periodu bilo SN),
- Teritorija PU za grad Beograd(kao i policijske stanice i ispostave koje pripadaju PU za grad Beograd),
- Dimenzija godine (2016-2021),
- Dimenzija časova u kojima su se desile saobraćajne nezgode (za potrebe ovog rada uzet je vremenski interval 07-20h),
- Brojač lica koja su nastradala (poginula ili povređena lica, lakše i teže telesne povrede),
- Dimenzija koja opisuje ko je izazvao SN i starosna struktura počinioca
- Vrsta vozila koja je učestvovala u SN (bicikl, motocikl, putničko vozilo, traktor itd...),
- Starosna struktura nastradalih lica (po intervalima),
- Starosna struktura počinioca (po intervalima),
- Kategorija nastradalih učesnika (vozač, pešak),
- Uticajni faktori koji su mogući uzrok SN (vozač pod uticajem alkohola, prekoračenje dozvoljene brzine kretanja, životinja ili obekat na kolovozu, klizav kolovoz zbog vremenskih prilika, prelazak pešačkog prelaza na crveno svetlo semafora za pešake itd...).

Studija slučaja obuhvatiće SN na delu teritorije opštine Zemun koji obuhvata prostor oivičen ulicama „Glavna“, „Nikolaja Ostrovskeg“, „Vrtlarska“ i „Bežanijska“ u vremenskom periodu 2016-2021. godina. Odabir prostora je bezbednosno interesantan sa stanovišta bezbednosti saobraćaja jer se na ovom delu teritorije opštine Zemun nalaze više osnovnih škola, srednja škola, bolnica, fakultet, sporski centar, park, veliki broj stanica gradskog i međugraskog autobusnog prevoza što ukazuje na veliku frekvenciju saobraćaja i ljudi. Na slici broj 2 nalaze se bezbednosno interesantno područje opštine Zemun sa objektima koji se nalaze na toj teritoriji.



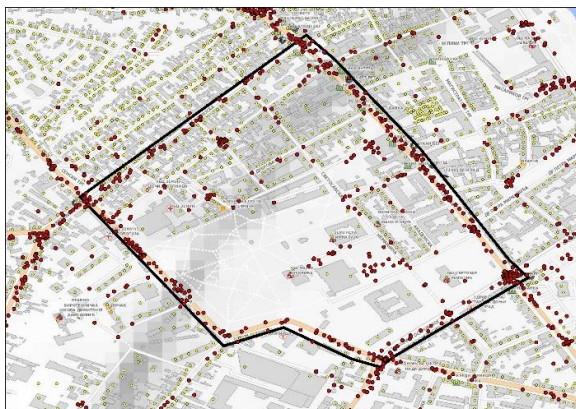
Slika 2. Bezbednosno interesantan deo opštine Zemun

³ Zoran Đurđević, Dag Kolarević, Zvonimir Ivanović, Boban Milojković, *Kriminalističko profilisanje, drugo izdanje*, Beograd 2019, str. 281

⁴ <https://data.gov.rs/sr/datasets/podatsi-o-saobratshajnim-nezgodama-po-policijskim-upravama-i-opshtinama/>

Excel fajl koji je dobijen iz IBM Cognosa u sebi sadrži koordinate koje su neophodne kako bi se mapiralo na podlozi.

Na slici 3 su prikazane mapirane SN.



Slika 3. SN na teritoriji opštine Zemun za period 2016-2021. godine

Unošenjem pripremljenog Excel fajla u ArcMap, dobija se veliki broj saobraćajnih nezgoda na teritoriji opštine Zemun. Korišćenjem funkcije Select By Location, moguće je selektovati samo SN za prethodno definisano područje. Selektovane SN, eksportuju se i čuvaju kao novi sloj. Na novom pripremljenom sloju, moguće je dalje vršiti atributivne i prostorne analize u zavisnosti od potreba. Na slici broj 4. nalazi se područje sa pripadajućim SN. Korišćenjem određenih funkcija, finalni proizvod je određena tematska karta.



Slika 4. SN koje su se dogodile u bezbednosno interesantnom području

Tematska karta može da se eksportuje u različitim formatima.

Na ovako kreiranoj karti vrlo lako se uočavaju kritične tačke i mogu se doneti kvalitetnije odluke.

Na osnovu slike 4, uočava se da su kritične tačke ulica Glava, raskrsnica Glavne i Karađorđeve kao i Vrtlarska ulica.

Primena savremenih alata IBM Cognos-a i ArcMap-a u mapiranju bezbednosno interesantnih pojava ima značajnu ulogu u povećanju bezbednosti i prevenciji saobraćajnih nezgoda.

5. ZAKLJUČAK

Primenom softverskih alata IBM Cognos-a i ArcMap-a omogućava se brže dobijanje pravovremenih informacija koje su ključne za donošenje odluka. U radu je prikazan celokupan proces prikupljanja, obrade i mapiranja podataka na određenoj karti.

Donosioci odluka na ovaj način imaju jasan uvid u mapiranje i praćenje bezbednosno interesantnih objekata i pojava. Studija slučaja prikazala je stanje SN za vremenski period od 2016. do 2021. godine na određenom delu teritorije opštine Zemun, gde se jasno može zaključiti koje su kritične tačke, na kojim ulicama i raskrsnicama se nalaze i u blizini kojih objekata od interesa (škole, vrtići, bolnice...). Pojave i objekti koji su prikazani u studiji slučaja mogu pomoći donosiocu odluka i prikazati jasnu sliku o SN, a zatim na osnovu zaključaka, donosilac može doneti neke od preventivnih odluka, poput pojačanog broja policijskih službenika na određenom delu teritorije, postavljanje kamere na određenoj raskrsnici, jasnija signalizacija za vozače. Sve odluke se donose u cilju povećanja bezbednosti saobraćaja i očuvanja ljudskog života.

ZAHVALNICA

Zahvaljujemo se Ministarstvu unutrašnjih poslova Republike Srbije na dobijanju pristupa podacima o saobraćajnim nezgodama koji su korišćeni u radu za studiju slučaja.

LITERATURA

- [1] Đurđević Z., Kolarević D., Ivanović Z., Milojković B., „Kriminalističko profilisanje“, drugo izdanje, Beograd 2019.
- [2] Milić N., „Mapiranje Kriminala“, Kriminalističko-policijska akademija, Beograd, 2017.
- [3] Milić N., „Mapiranje kriminala kao podrška odlučivanju policije“, Doktorska disertacija, Pravni fakultet, Kragujevac, 2012.
- [4] Dean Browne, „IBM Cognos Business Intelligence Unleashed“, 2010.
- [5] Boba, R: „Problem analyses in policing, Office of Community Oriented Policing Services“, Washington, DC, 2003.
- [6] <https://www.paragraf.rs>- Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima, čl. 7 tačka 82.

- [7] <https://www.referenceforbusiness.com/history2/1/Cognos-Inc.html>

DALJINSKI NADZOR I UPRAVLJANJE SISTEMIMA ZASNOVAN NA PLC-u I GPRS-u

REMOTE MONITORING AND SYSTEM CONTROL BASED ON PLC AND GPRS

Slobodan Aleksandrov¹, Goran Miodragović¹, Jelena Erić Obućina¹, Radica Aleksandrov²

Akademija strukovnih studija Šumadija – Odsek Trstenik¹

Tehnička škola Trstenik, Trstenik²

Sadržaj – Savremeni industrijski sistemi zahtevaju primenu novih tehnologija koje omogućavaju nadzor i upravljanje u realnom vremenu, bez obzira na lokaciju proizvodnih sistema i operatera. U ovom radu prikazan je sistem za daljinski nadzor i upravljanje sistemima primenom PLC-a i GPRS tehnologija. Sistem za upravljanje na daljinu razvijen je za potrebe laboratorije mehatronike, realizovan je sa industrijskim komponentama i može biti integrisan u složene SCADA sisteme. Prikazani upravljački sistem je pogodan za sve službe održavanja sistema za vodosnabdevanje, distribuciju toplotne energije, električne energije i drugim distribuiranim sistemima. Visoka pokrivenost signalom GSM mreže omogućava primenu ovog rešenja na mestima gde ne postoji mogućnost korišćenja Interneta. Praćenje i upravljanje sistemima na daljinu pomoću mobilnog telefona moguće je u svakom trenutku bez obzira na lokaciju i vremenske uslove.

Abstract - Modern industrial systems require the application of new technologies that enable in real-time monitoring and control, regardless of the location of production systems and operators. This paper presents a system for remote monitoring and control of systems using PLC and GPRS technologies. The remote control system was developed for the needs of the mechatronics laboratory, is realized with industrial components and can be integrated into complex SCADA systems. The presented control system is suitable for all maintenance services for water supply systems, distribution of thermal energy, electricity and other distributed systems. The high GSM signal coverage enables the application of this solution in place there is no possibility of using the Internet. Remote monitoring and system control of using a mobile phone is possible at any time, regardless of location and weather conditions.

Keywords: Remote monitoring, Remote control, PLC, GPRS

1. UVOD

U današnjim sistemima automatskog upravljanja zahteva se pouzdano i precizno upravljanje, vizuelizacija procesa, laka dijagnostika i umrežavanje upravljačkih računara na svim nivoima. Od posebnog značaja je razvoj sistema za daljinsko upravljanje i nadzor u realnom vremenu. Razvoj SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) sistema je veoma složen i skup proces. Kod ovih sistema projektuju se računarske mreže tipa LAN (Local Area Network) i WLAN (Wireless Local Area Network). Izbor

mrežnih tehnologija u SCADA sistemu zasniva se na analizi karakteristika upravljačkog sistema i sledećim faktorima: brzina mreže, stepen mobilnosti mreže, pokrivenost mreže, autentifikacija i autorizacija korisnika. Za daljinski pristup upravljačkim sistemima od izuzetnog značaja je primena Internet tehnologija i mobilne telefonije.

U ovom radu prikazan je sistem za daljinski nadzor i upravljanje asihronog motora pomoću mobilnog telefona. Upravljački sistem je razvijen za potrebe realizacije laboratorijskih vežbi iz predmeta Industrijska informatika na Master studijama Akademije strukovnih studija Šumadija, Odsek Trstenik. Prezentovani sistem zasniva se na korišćenju GSM (Global System for Mobile Telecommunications) i GPRS (General Packet Radio Services) tehnologija. Pored dijagnostike i upravljanja mobilnim telefonom, upravljački sistem preko PLC-a (Programmable Logic Controller) omogućava daljinski pristup u realnom vremenu korišćenjem Internet servisa. Ovaj upravljački sistem je pogodan za upravljanje udaljenih stanica za vodosnabdevanje, distribuciju: električne energije, toplotne energije, nafte, gasa i slično. Glavna prednost ovog sistema je niska cena, pouzdan daljinski nadzor i upravljanje, veoma visok stepen pokrivenosti signalom mobilne telefonske mreže i primena u područjima gde Internet mreža nije dostupna.

2. PREGLED PRIMENE GSM/GPRS SERVISA

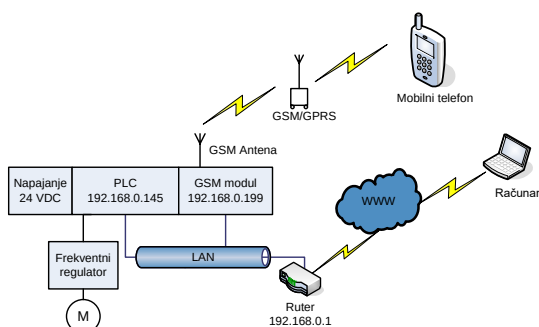
Razvoj i primena novih tehnologija u upravljanju automatizovanih sistema je od primarnog značaja za unapređenje konkurentnosti privrede, poboljšanje kvaliteta i pouzdanosti upravljanja. GSM (Global System for Mobile Communication) je evropski standard za digitalne mobilnu telefoniju koji koristi frekvencije 900 MHz, 1800 MHz, i 1900 MHz. GSM je organizovan u tri glavna segmenta: mobilna stanica, podsistem bazne stanice i mrežni i komutatorski podsistem. Osnovne prednosti ove tehnologije su te što nudi internacionalni roaming, visok kvalitet prenosa govornog signala, sigurnost u prenosu informacije, i implementacija velikog broja različitih servisa. Proširenje GSM mreže novim GPRS servisima omogućava se pouzdan i brz bežični prenos podataka kroz mobilne telefonske mreže.

Problem daljinskog nadzora i upravljanja sistemima za snabdevanje vodom, distribucijom toplotne energije, gasa, nafte i slično tema je značajnog broja stručnih i naučnih radova. U radu [1] autori Timčenko V. i dr. dali su prikaz SCADA sistema upravljanja i daljinskog nadzora nivoa voda u akumulacijama i dovodnim drenažnim kanalima reke Dunav, HE “Đerdap I” i HE “Đerdap II”.

Komunikacija i prenos podataka u okviru ovog sistema su ostvareni primenom GPRS servisa. Autori Glisten i dr. u radu [2] prikazali su primenu SCADA sistema u industrijskim procesima pomoću GPRS modema. Autori proučavaju problem kašnjenja od trenutka promene parametra do trenutka kada stigme SMS poruka na mobilni telefon. U radu [3] autori Godwin i dr. su prikazali proces projektovanja, konstrukcije i upravljanja robotom primenom GSM tehnologije. U radu [4] autori Tejić i dr. dali su pregled daljinskog nadzora i upravljanja korišćenjem bežičnih tehnologija.

3. RAZVOJNI SISTEM ZA UPRAVLJANJE BAZIRAN NA GPRS SERVISIMA

U procesu obrazovanja strukovnih inženjera od izuzetnog je značaja obuka studenata na savremenim industrijskim sistemima. Realni industrijski uslovi omogućavaju studentima da nakon realizacije projekta, mogu samostalno da biraju komponente i uređaje, povezuju prema projektu, programiraju i testiraju u realnim uslovima. Na slici 1 prikazana je blok šema sistema za daljinski nadzor i upravljanje pomoću mobilnog telefona.



Slika 1. Blok šema sistema za daljinski nadzor i upravljanje

Upravljački sistem sastoji se od napajanja 24 VDC, Siemens LOGO PLC-a i Siemens komunikacionog GSM/GPRS modula CMR 2020. PLC upravlja asihronim motorom snage 0.18 kW preko frekventnog regulatora Danfoss VLT 2800 (slika 2). Na ulaze PLC-a povezani su tasteri, prekidači i neophodni senzori, dok su na izlaze PLC-a povezani upravljački ulazi frekventnog regulatora i ulazi komunikacionog modula. Pomoću tastera i prekidača vrši se startovanje i zaustavljanje motora, promena smera obrtanja motora i izbor režima rada (ručni/automatski). PLC i komunikacioni GSM/GPRS modul imaju podršku za Ethernet mrežu i preko UTP kabla povezani su na lokalni ruter (Wireless AP/Client Router TL-WR843ND 300Mbps). Konfiguracija GSM/GPRS modula vrši se preko internet pretaživača, tako što se unese fabrički definisana lokalna adresa <http://192.168.0.3>. Za konfigurisanje parametara neophodno je korisničko ime i šifra. Za svaki modul neophodno je definisati mrežne parametre: jedinstvenu IP adresu, mrežnu masku, adresu gateway-a i DNS-a. Na ovaj način upravljački sistem je povezan na Internet mrežu, tako da postoji mogućnost daljinskog pristupa korišćenjem internet servisa.



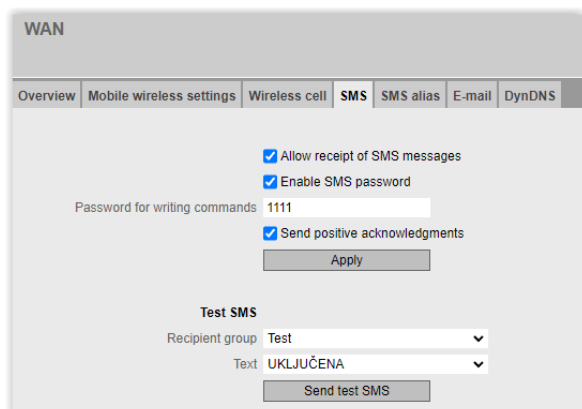
Slika 2. Sistem za daljinski nadzor i upravljanje asihronim motorom

Za functionisanje GSM modula, potrebno je priključiti eksternu GSM antenu, preko koje se ovaj modul povezuje na baznu stanicu lokalnog operatera mobilne telefonije. Za rad ovog modula neophodna je aktivna SIM kartica mobilnog operatera sa jedinstvenim brojem mobilne mreže. Na slici 3 prikazan je komunikacioni modul LOGO!CMR200 i njegovi osnovni parametri.



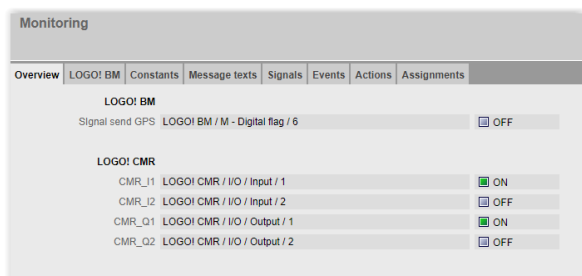
Slika 3. GSM/GPRS modul Siemens LOGO!CMR200

Komunikacioni GSM/GPRS modul Siemens LOGO!CMR200 namenjen je za uspostavljanje veze i prenos podataka preko LTE, UMTS ili GSM/GPRS mobilnih bežičnih mreža. Maksimalna brzina za Downlink je 80 kbps, a za Uplink 40 kbps. Za pravilan rad komunikacionog modula neophodno je definisati SMS centar mobilnog operatera, aktivirati mogućnost prenosa podataka preko mobilne telefonske mreže i definisati brojeve mobilnih telefona koje mogu pristupati PLC-u i/ili dobijati obaveštenje o definisanim promenama u sistemu upravljanja. Pomoću ovog modula preko SMS poruka moguće je vršiti očitavanje stanja ulaza/izlaza PLC-a, stanja memorijskih bitova i parametara PLC-a. Komunikacioni modul ima mogućnost automatskog slanja poruka definisanim grupama korisnicima preko SMS-a ili email-a, kada dođe do promene nekog od definisanih izlaza i parametara PLC-a. Na slici 4 prikazan je postupak definisanja parametara SMS-a.



Slika 4. Definisanje parametara SMS poruke

Komunikacioni modul LOGO!CMR2020 ima dva hardverska digitalna ulaza i dva digitalna izlaza maksimalne izlazne struje od 300 mA. Na slici 5 prikazan je primer praćenja stanja ulaza/izlaza komunikacionog modula.

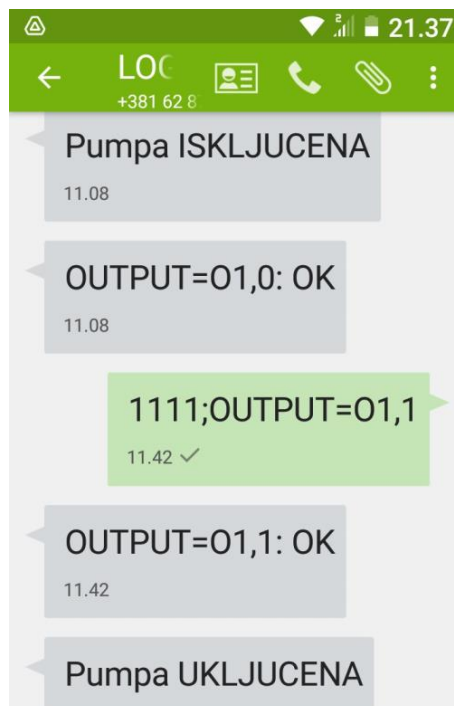


Slika 5. Praćenje stanja ulaza i izlaza CMR modula

Pored funkcije obaveštavanja, komunikacioni modul ima mogućnost upravljanja preko SMS poruke. Na slici 6 prikazan je postupak definisanja akcija koje izvršava ovaj modul preko upravljačkog PLC-a. O svim promenama koje se dešavaju na sistemu, komunikacioni modul šalje SMS definisanim grupama korisnika. U zavisnosti definisanih promena stanja ulaza/izlaza, preko SMS poruke vrši se daljinsko upravljanje sistemom preko GSM/GPRS servisa. U okviru SMS poruke moguće je poslati obaveštenje, definisati događaje ili akcije, setovati neki od izlaza komunikacionog modula, setovati ili resetovati ulaze PLC-a, detektovati stanja tajmera. Za bilo koje promene u PLC-u ili komunikacionog modulu neophodno je u okviru teksta poruke prvo navesti lozinku korisnika, a zatim željene ulaze/izlaze i definisane akcije. Sintaksa naredbe koja setuje željeni izlaz je:

Password: OUTPUT=O1,1.

Na slici 5 prikazan je niz naredbi koje su poslate/primljene sa mobilnog telefona na udaljeni komunikacioni modul.



Slika 6. Upravljanje pomoću mobilnog telefona

Kod komunikacionog modula LOGO!CMR2020 moguće je definisati 32 različite akcije, u zavisnosti od promena koje se dešavaju na sistemu (slika 7). Sistem omogućava promene stanja na lokalnom PLC-u i komunikacionom modulu, slanje SMS-a ili email-a definisanim grupama korisnika. Sistem omogućava definisanje do 20 korisnika, za koje se unose lični podaci, broj mobilnog telefona, e-mail i drugo. Korisnici mogu biti raspoređeni u maksimalno 5 grupa, a svaka grupa može imati do 10 članova. Komunikacioni modul omogućava čitanje i upis određenih parametara upravljačkog PLC-a u internoj promenljivoj memoriji (128 bajta). U ovoj memoriji smešteni su podaci o digitalnim ulazima/izlazima, analognim ulazima/izlazima, stanja flegova, brojača, tajmera, registara i statusa programa. Za prenos podataka preko SMS servisa koriste se podaci tipa bajt, reč i dvostruka reč. U SMS poruci strogo je definisana sintaksa:

<address>, <data type>

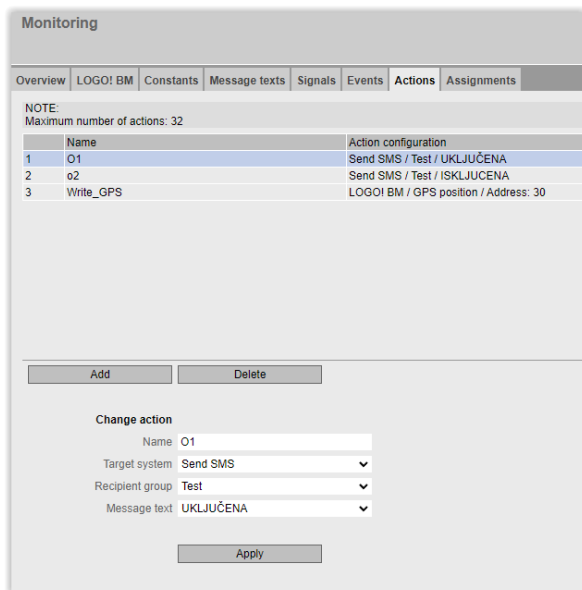
Dijagnostika i praćenje željenih stanja procesa vrši se preko naredbi DIAG?, MONITOR?, STATUS, i LOGO?VM125,WORD. Slanjem naredbe DIAG? dobijaju se osnovne informacije o CMR modulu, GSM mreži, IP adresi, jačini i nivou GSM signala. Pomoću naredbe MONITOR? dobijaju se trenutni statusi i vrednosti svih fizičkih ulaza/izlaza PLC-a, ekspanzionih modula i CMR modula: Efekti ove naredbe dati su u primeru:

PLC in RUN

CMR connection to PLC

CMR: I1=1, Q2=1; PLC: I1 = 0, I2 = 1, I6 = 0, Q1 = 1, Q3 = 0, Q9 = 1, Q17 = 0, AI2 = 3.5 V.

Treba imati u vidu da se kod upravljanja pomoću mobilnog telefona javlja kašnjenje od nekoliko sekundi (tipično od 3 do 5 sekundi), u zavisnosti od nivoa signala GSM mreže. Prezentovani sistem je pogodan za aplikacije gde ovo kašnjenje ne utiče na funkcionalnost i stabilnost sistema.



Slika 7. Definisanje akcija koje izvršavaju definisani izlazi

Prikazani sistem upravljanja na daljinu ima široku primenu u različitim oblastima. Definisanjem graničnih vrednosti različitih fizičkih veličina (temperatura, nivo, pritisak, protok i dr.), usled premašenja neke granične vrednosti, PLC zaustavlja sistem i automatski šalje poruku preko mobilne telefonske mreže službama održavanja. Operateri slanjem SMS poruke vrše dijagnostiku, testiranje i ponovno puštanje u rad sistema upravljanja. Posebnu pažnju treba posvetiti zaštiti sistema od nedozvoljenog pristupa.

4. ZAKLJUČAK

Primena bežičnih tehnologija u savremenim sistemima upravljanja dobija na sve većem značaju. Digitalizacija u svim oblastima života, primena novih servisa mobilne telefonije četvrte i pete generacije, velike brzine prenosa podataka i primena internet tehnologija, omogućavaju upravljanje u realnom vremenu, bez obzira na geografsku lokaciju korisnika. Prezentovani sistem upravljanja korišćenjem GSM/GPRS tehnologija može se proširiti dodavanjem pametnih IP kamera, pametnih senzora i slično. Uvođenjem mobilne mreže pete generacije doći će do znatno bržeg prenosa podataka, tako da u daljim istraživanjima treba posvetiti pažnju merenju vremena kašnjenja od trenutka promene stanja sistema do trenutka obaveštenja operatera i obrnuto. Od izuzetnog značaja je implementacija metoda zaštite od nedozvoljenog pristupa sistemima upravljanja.

LITERATURA

- [1] Timčenko V., G. Pernić G., Vučurević V., "Primena GSM/GPRS komunikacije u sistemima upravljanja i daljinskog nadzora", 15. Telekomunikacioni forum TELFOR 2007, str. 257-260, Srbija, Beograd, novembar 20.-22. 2007.
- [2] Glisten R. K., Sangeetha A. L., Bharathi N., "Remote Monitoring of PLC- Scada based Industrial Processes using GSM Technology", International Journal of Computer Applications (0975 – 8887), International Conference on Innovations In Intelligent Instrumentation, Optimization And Signal Processing "ICIHOSP-2013", 2013.
- [3] Godwin H. C., Iwuchukwu A. R., Okafor O. C. and Okere C. J.: "Design and Construction of a GSM-Controlled Pick and Place Robot", British Journal of Applied Science & Technology 4(28): 4109-4123, 2014.
- [4] Tejić B., Šenk I., Tarjan L: "Daljinski nadzor i upravljanje pristupom korišćenjem bežičnih tehnologija", INFOTEH-JAHORINA Vol. 11, March 2012.
- [5] Operating Instructions: SIMATIC NET, LOGO! - Industrial Ethernet, LOGO! CMR2020, LOGO! CMR2040, Siemens, 2015.

СИМУЛАЦИЈА ДИСКРЕТНИХ ДОГАЂАЈА У ПРОГРАМСКОМ ЈЕЗИКУ ПАЈТОН

DISCRETE EVENT SIMULATION IN PYTHON

Ђорђе Петровић¹, Иља Станишевић¹, Иван Пантелић¹

Академија струковних студија Западна Србија, Одсек Ваљево¹

Sadržaj – Симулација дискретних догађаја је метода за подршку доношењу одлука и планирању. У овом раду ћемо се бавити употребом софтвера за симулацију дискретних догађаја у окружењу програмског језика Пајтон (ен. Python). Најпре ће бити показан начин за проналажење статистичке расподеле која најбоље описује неки догађај, а затим ће бити показано како се врши симулација у овом програмском језику. Циљ извршене симулације, је да добијени резултати омогуће процену различитих интеракција посматраног реалног окружења.

Abstract - Discrete event simulation is a method to support decision making and planning. In this paper, we will deal with the use of software for simulating discrete events in the Python programming language environment. It will be shown first a way to find the statistical distribution that best describes an event, and then it will be shown how the simulation is performed in this programming language. The aim of the performed simulation is to enable the obtained results to evaluate different interactions of the observed real environment.

1. УВОД

Симулација дискретних догађаја је добро позната метода за подршку доношењу одлука и планирању, која има широку примену, како у великим системима, тако и у малим и средњим системима.

У основи, симулација дискретних догађаја је она у којој се стање модела мења само у дискретном скупу симулираних временских тачака, који се називају временима догађаја [1]. Уопштено, концепт симулације дискретних догађаја се описује на следећи начин [1]:

- **ентитети** су јединице које „се крећу“ унутар модела и који подстичу догађаје и реагују на њих;
- **догађај** је тренутни догађај који мења стање модела (нпр. долазак наруџбенице је догађај који може да се симулира преко уношења ентитета у модел);
- **ресурси** су системски елементи који пружају услугу (ентитети обично користе ресурсе), обично су ограничени капацитетом, тако да се ентитети такмиче за њихову употребу и понекад морају да чекају у реду да их искористе;
- **контролни елементи** се односе на конструкције које подржавају друге врсте кашњења или логичке алтернативе које су засноване на стању система. Могу да имају облик прекидача, бројача, вредности корисничких података или вредности системских података који су уграђени у алат за моделирање. Сложени услови могу да се процене

помоћу аритметичких и/или логичких израза који испитују стање контролних елемената;

- **операција** је корак или низ корака које спроводи ентитет или који се спровode на ентитету, док се креће кроз систем.

Пројекат симулације подразумева покретање експеримента. Експерименти се разликују у коришћењу алтернатива у логици модела и/или улазним подацима, а сваки експеримент се састоји од једног или више покушаја [1]. Покушај су симулација која користе логику модела експеримента и податке, али сопствени јединствени скуп случајних вредности, тако да производи јединствене статистичке резултате који могу да се анализирају као део скупа независних покушаја.

2. СОФТВЕРИ ЗА СИМУЛАЦИЈУ ДИСКРЕТНИХ ДОГАЂАЈА

Симулација помоћу рачунара је еквивалент лабораторијском експерименту, при чему се за симулацију користи само рачунар, а уместо реалног окружења, имамо софтвер који симулира интеракције у том окружењу [2]. Као и други софтвери, тако и софтвери за симулацију дискретних догађаја [3] могу да се поделе на комерцијалне и бесплатне софтвере отвореног кода. Употреба комерцијалних софтвера подразумева трошкове за набавку и за одржавање и то може да буде један од разлога због чега мање компаније оклевају да користе ове софтвере за своје потребе [4]. Са друге стране, постоје бесплатни софтвери отвореног кода, који осим што су занимљива алтернатива комерцијалним софтверима за ову намену, могу да се користе у малим и средњим системима, као и у образовним институцијама.

Према различитим изворима, од којих је један [5], у 2021. години најпопуларнији и најчешће коришћен програмски језик на глобалном нивоу је био Пајтон (ен. Python). Из тог разлога, у овом истраживању ћемо се бавити употребом софтвера за симулацију дискретних догађаја у окружењу овог програмског језика.

3. ПРОНАЛАЖЕЊЕ РАСПОДЕЛЕ КОЈА НАЈБОЉЕ ОПИСУЈЕ НЕКИ ДОГАЂАЈ, УПОТРЕБОМ ПРОГРАМСКОГ ЈЕЗИКА ПАЈТОН

Приликом проучавања неких реалних динамичких система први циљ је добијање симулационог модела, који се састоји од математичких једначина које описују понашање посматраног система, а затим на

основу тога да се изврши симулација и да се добију вредности или резултати који се користе за процену различитих величина које нас интересују [2]. Изазов са којим се суочава неко ко прави модел за симулацију дискретних догађаја подразумева [1]:

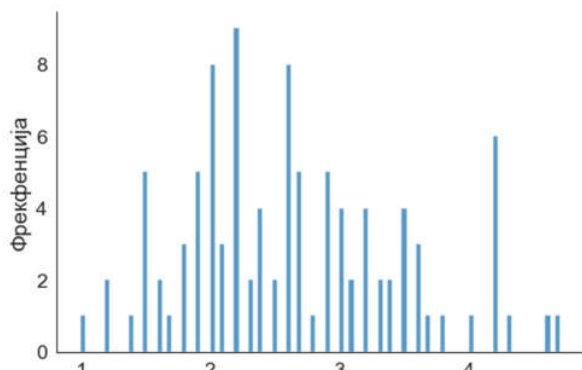
- да је потребно да се узму у обзир логички услови, који се користе за опис неке реалне ситуације која се моделира и
- да се ти услови генерализују уз помоћ неког језика за моделирање.

Приликом моделирања система за симулацију дискретних догађаја, за описивање модела се користе различити статистички модели, односно расподеле вероватноћа које одговарају датој појави [6]. Расподела вероватноћа је основни концепт у статистици. Приликом истраживања и анализе података, врло често је потребно да се идентификује расподела која најбоље описује неку реалну ситуацију која се моделира. Осим комерцијалних софтвера који се користе за ову намену, постоје и библиотеке отвореног кода, а једна од њих је "Fitter" [7]. Ова библиотека даље користи библиотеку "Scipy" [8] за прилагођавање расподела и подржава око 80 расподела.

У циљу откривања најбоље прилагођене расподеле за стварне и генерисане податке, у првом кораку се ради уклапање различитих расподела и проналажење оне која је најприкладнија за расподелу података. Скуп података, за који смо у нашем истраживању тражили расподелу која најбоље описује овај скуп података изгледа овако:

пример = [4.2, 3.2, 1.9, 4.3, 2.0, 2.4, 2.0, 4.2, 2.6, 1.7, 2.4, 2.6, 2.6, 2.4, 2.2, 1.5, 3.3, 3.0, 3.5, 1.9, 3.0, 3.0, 2.5, 2.7, 3.3, 2.6, 2.0, 1.5, 1.2, 3.7, 2.9, 4.2, 3.4, 2.7, 2.6, 2.2, 1.9, 1.9, 2.9, 2.7, 2.0, 1.9, 2.7, 4.2, 3.6, 1.0, 1.5, 2.1, 2.9, 1.8, 1.5, 2.0, 1.4, 2.0, 2.0, 3.5, 2.9, 3.1, 3.2, 1.8, 4.2, 3.4, 3.6, 4.7, 4.0, 2.1, 3.5, 2.9, 3.6, 2.5, 3.8, 2.3, 2.4, 2.7, 2.2, 1.6, 2.8, 2.0, 3.0, 1.5, 2.2, 2.2, 2.3, 4.2, 3.1, 2.6, 3.5, 1.6, 2.6, 2.2, 1.2, 2.2, 2.1, 2.2, 3.2, 1.8, 4.6, 3.2, 2.6, 2.2]

Графички приказ фреквенција појављивања појединих вредности у посматраном скупу података је дат на следећој слици:



Слика 1. Фреквенција појављивања појединих вредности у посматраном скупу података

Према [9], кораци за откривање расподеле која најбоље описује посматрани скуп података, су:

- прављење инстанце `Fitter()`
- навођење података и листе расподела које би могле да одговарају подацима
- примена методе `.fit()`
- генерисање прегледа уклапања датих расподела

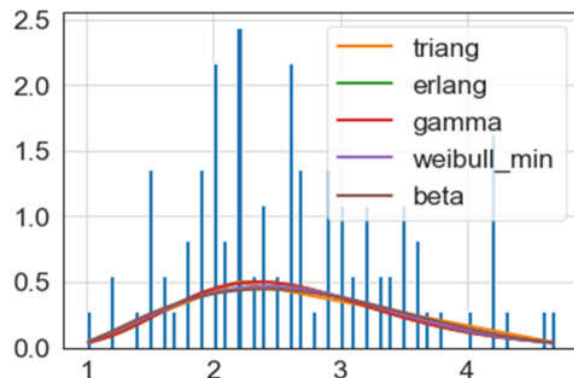
Уколико нема почетне идеје о расподелама које би могле да одговарају датим подацима, онда може да се позове наредба `Fitter()` и да се само доставе подаци. Ова класа подржава око 80 расподела, све ће их скенирати, игноришући оне које не раде и дати преглед најбољих расподела у односу на збир квадрата грешака. Ово може да потраје због испробавања већег броја расподела, а време може и да варира у зависности од величине узорка.

У складу са корацима који су уписани у [9], на посматраном скупу података и након прилагођавања расположивих расподела, позивањем методе `summary()` се приказују различите расподеле и статистике њиховог уклапања са датим подацима. Поред тога, ова метода рангира најбољих пет расподела на основу вредности „`sumsquare_error`“ у растућем поретку. Резултат који смо добили је приказан у следећој табели:

Табела 1 Пет расподела које најбоље описују посматрани скуп података

Назив расподеле	Критеријум за рангирање: <code>sumsquare_error</code>
triang	25.282515
erlang	25.348556
gamma	25.348557
weibull_min	25.407104
beta	25.440489

Осим тога, метода `summary()` преко хистограма пружа илустрације расподела, што је приказано на следећој слици:

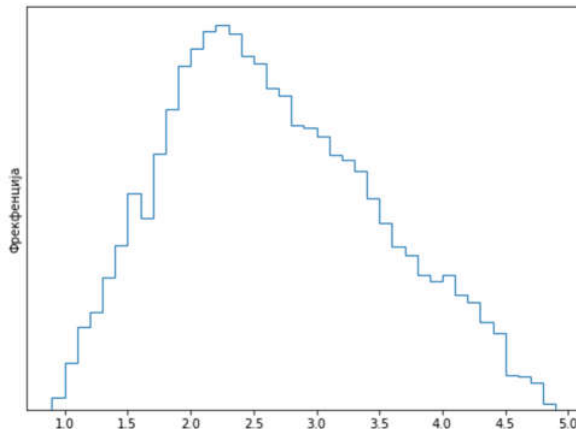


Слика 2 Графички приказ пет расподела које најбоље описују посматрани скуп података

Наредба `.get_best()` омогућава избор најбоље расподеле, на основу неког критеријума, (нпр. на основу вредности „*sumsquare_error*“). Применом ове наредбе се добијају назив расподеле и оптимизовани параметри који имају најмању вредност за збир квадрата грешака. У нашем примеру то изгледа овако:

```
{'triang': {'c': 0.32596027417046936,
'loc': 0.9001244393800896,
'scale': 3.987834215979654}}
```

На основу добијених резултата, можемо да закључимо да у нашем примеру посматрани скуп података најбоље описује троугласта расподела, са малопре приказаним параметрима. Графички приказ случајних вредности, генерисаних применом троугласте расподеле са добијеним параметрима је дат на следећој слици:



Слика 3 Генерисани подаци, применом троугласте расподеле са добијеним параметрима

4. СИМУЛАЦИЈА ДИСКРЕТНИХ ДОГАЂАЈА У ПРОГРАМСКОМ ЈЕЗИКУ ПАЈТОН

У Пајтону постоје два пакета за ову намену, која су компатибилна са најновијом верзијом овог програмског језика, а то су *SimPy* [10] и *Salabim* [11], чија примена ће бити описана у овом истраживању. У тренутку писања овог рада, актуелне верзије ових пакета су *SimPy* верзија је 4.0.1 и *Salabim* верзија 21.1.5.

SimPy је оквир за симулацију дискретних догађаја у програмском језику Пајтон [10]. Користи се за моделирање активних ентитета, као што су купци, возила, агенти и слично. Ентитети користе различите типова ресурса за моделирање тачака загушења са ограниченим капацитетима, као што су сервери, шалтери и слично. *SimPy* функционише тако што омогућава да се генеришу и планирају догађаји у датом окружењу и у датом времену за симулацију. Компоненте које укључује овај оквир су:

- **Окружење** – користи се за чување догађаја у својој листи догађаја и води евиденцију о тренутном времену симулације;
- **Догађаји**
- **Процесне функције** – користе се за дефинисање процеса током симулације и на тај начин се имплементира симулациони модел;

Симулационо **окружење** управља временом симулације, као и заказивањем и обрадом догађаја. Такође, пружа начин за пролазак кроз кораке за симулацију или за извршавање целе симулације. Дефинише се помоћу команде `окружење = simpy.Environment()`.

Salabim је пакет за симулацију дискретних догађаја у Пајтону [11], који је прилично сличан оквиру *SimPy*. Обухвата симулацију дискретних догађаја, руковање редовима чекања, ресурсе, статистичко узорковање и надгледање. Поврх тога, има уграђену анимацију у реалном времену. Симулационо окружење у овом пакету се дефинише на исти начин, са `окружење = sim.Environment()`. На сличан начин као у оквиру *SimPy*, врши се и контрола симулације, нпр.: `окружење.run(till=5)`. Употребом **класа** је могуће дефинисати **процесе**, а стандардни начин је да се дефинише **функција генератора**, која се зове **процес у класи**.

Главна предност пакета *Salabim* у односу на *SimPy* је што *Salabim* подржава неке додатне концепте моделирања. Процеси и ентитети се могу активирати, пасивизирати и држати по жељи, што поједностављује имплементацију логике процеса који се симулира [4]. Поред тога, пакет *Salabim* омогућава праћење сваког догађаја и штампање статистичких извештаја о коришћењу сваког реда чекања.

Пошто је *Salabim* конвенционална библиотека за Пајтон, креирање модела је могуће само писањем програмског кода. До верзије која је актуелна у тренутку писања овог истраживања (верзија 21.1.5), овај пакет за симулацију не нуди графички кориснички интерфејс за моделирање. Са друге стране, документација са много примера моделирања олакшава креирање прилагођених модела.

Кључни елементи симулације употребом пакета *Salabim* су компоненте. Иако је могуће направити компоненту директно, скоро увек се дефинише класа која је заснована на компоненти. У примеру који смо користили, направљена је класа под називом „Услуга“, којом је дефинисана услуга коју пружа неки ресурс, на следећи начин:

```
class Услуга(sim.Component):
    def process(self):
        while True:
            while len(ред_чекања) ==
0:
                yield self.passivate()
```



```

        self.ентитет =
ред_чекања.pop()
        # Задржавање
        yield
self.hold(sim.External(scipy.stats.triang,
c=0.32596, loc=0.90012,
scale=3.987834).sample())
        self.ентитет.activate()

```

Ентитети, који се генеришу у процесу симулације, користе услугу коју им пружа ресурс. Током пружања услуге, ентитет задржава ресурс одређено време, које се добија према расподела, која је добијена на начин који је раније описан. То је дефинисано преко тзв. спољне расподеле, односно преко коришћења расподеле из модула "Scipy" [8]:

```

sim.External(scipy.stats.triang,
c=0.32596, loc=0.90012,
scale=3.987834).sample()

```

У нашем примеру смо генерисали 100 ентитета и они су захтевали коришћење ресурса. Како сваки ентитет током коришћења задржава ресурс, то проузрокује појаву реда ентитета, који чекају на коришћење датог ресурса. Након спроведене симулације таквог модела, добили смо следеће вредности реда чекања генерисаних ентитета:

```

Length of stay in ред_чекања:
                all      excl.zero      zero
-----
entries          100          100          0
mean             121.597      121.597
std.deviation     73.738       73.738

minimum           0           0
median            119.903      119.903
90% percentile    223.840      223.840
95% percentile    239.842      239.842
maximum           254.288      254.288

```

Из добијених резултата симулације, може да се види да, ако је време потребно за пружање услуге дефинисано преко израчунате расподеле, за 100 генерисаних ентитета, просечно задржавање у реду чекања је 121.597 временских јединица, а максимално време проведено у реду је 254.288 временских јединица.

5. ЗАКЉУЧАК

У овом раду је показано да је могуће математички описати понашање неког реалног система, а затим извршити симулацију рада тог система у окружењу програмског језика Пајтон. За потребе идентификовања статистичке расподеле која најбоље описује неку реалну ситуацију је употребљена библиотека отвореног кода "Fitter", а за потребе симулације и добијања статистичких извештаја о употреби појединих ресурса и задржавању у редовима чекања је употребљен пакет Salabim. На овај начин је

уместо лабораторијског експеримента, симулација урађена помоћу рачунара, са могућношћу да се користе алтернативе у логици модела и алтернативе са улазним подацима и да се при сваком покушају проучавају добијени резултати и њихова процена на неко реално окружење.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Schriber, T. J., Brunner, D. T. & Smith, J. S., 2015. Inside discrete-event simulation software: how it works and why it matters. Huntington Beach California, Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference.
- [2] Cassandras, C. G. & Lafortune, S., 2008. Introduction to Discrete Event Systems. Second Edition up. s.l.:Springer.
- [3] Dias, L. M. S., Vieira, A. A. C., Pereira, G. A. B. & Oliveira, J. A., 2016. Discrete simulation software ranking – a top list of the worldwide most popular and used tools. Arlington Virginia, Proceedings of the 2016 Winter Simulation Conference.
- [4] Lang, S., Reggelin, T., Muller, M. & Nahhas, A., 2021. Open-source discrete-event simulation software for applications in production and logistics: An alternative to commercial tools?. Procedia Computer Science, Том 180, pp. 978-987.
- [5] StatisticsTimes.com, 2022. Top Computer Languages 2021. [На мрежи] Доступно на: <https://statisticstimes.com/tech/top-computer-languages.php> [Последњи приступ Јануар 2022].
- [6] Раденковић, Б., Станојевић, М. & Јовановић, Д., 1999. Рачунарска симулација. Београд: Факултет организационих наука и Саобраћајни факултет.
- [7] Cokelaer, T., 2019. FITTER documentation. [На мрежи] Доступно на: <https://fitter.readthedocs.io/en/latest/> [Последњи приступ Јануар 2022].
- [8] Virtanen, P. & et al., 2020. SciPy 1.0: Fundamental Algorithms for Scientific Computing in Python. Nature Methods, Том 17, pp. 261--272.
- [9] Raoniart, R., 2021. Finding the Best Distribution that Fits Your Data using Python's Fitter Library. [На мрежи] Доступно на: <https://medium.com/the-researchers-guide/finding-the-best-distribution-that-fits-your-data-using-pythons-fitter-library-319a5a0972e9> [Последњи приступ Јануар 2022]
- [10] SimPy, Team, 2022.. SimPy, Discrete event simulation for Python. [На мрежи] Доступно на: <https://simpy.readthedocs.io/en/latest/> [Последњи приступ Јануар 2022].
- [11] van der Ham, R., 2021. salabim Documentation. [На мрежи] Доступно на: <https://rawgit.com/salabim/salabim/master/salabim.pdf> [Последњи приступ Јануар 2022]

Uticaj IoT na poboljšanje bezbednosti učesnika u saobraćaju primenom veštačke inteligencije i detekcije anomalnih događaja

Impact of IoT on Improving the Safety of Traffic Participants Using Artificial Intelligence and Anomalous Event Detection

Katarina Mitrović¹, Vesna Ružičić¹, Yigang Cen², Ming Liu²

Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet tehničkih nauka u Čačku, 32000 Čačak¹

School of Computer and Information Technology, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044²

katarina.mitrovic@ftn.kg.ac.rs, vesna.ruzicic@ftn.kg.ac.rs, ygcen@bjtu.edu.cn, mingliu@bjtu.edu.cn

Sadržaj – U ovom radu predstavljena je analiza uticaja informacionih tehnologija (IT) na poboljšanje bezbednosti učesnika u saobraćaju. Na osnovu rezultata analize intenziteta inovativnosti znanja u oblastima stvaralaštva na ISO i SRPS platformi, definišu se izvori znanja u oblasti Inženjering drumskih vozila (ICS1 = 43), koji su izuzetno značajni za poboljšanje bezbednosti učesnika u saobraćaju. Četiri osnovna faktora koji sačinjavaju saobraćaj su put, vozila, ljudi i okolina. Dosadašnja saznanja pokazuju da ljudi imaju najdominantniji uticaj na nastanak saobraćajnih nezgoda i narušavanje bezbednosti u saobraćaju. Kako bi se uticaj ovog faktora smanjio, predlaže se kontinuirano, organizovano i sistematsko saobraćajno obrazovanje sa početkom od najranijeg uzrasta. Pored tradicionalnih mera za prevenciju nastanka nesreća u saobraćaju, primena IT, i to pre svega veštačke inteligencije (VI) i Interneta inteligentnih uređaja (IoT), ima značajne mogućnosti. pristupi rešavanju problema bezbednosti u saobraćaju vremenom su evoluirali i oduvek su na njih veliki uticaj imala aktuelna tehnička dostignuća. Stoga se moglo očekivati da će i IoT, kao prilično aktuelan koncept, inicirati unapređenje postojećih i podstaći razvoj novih rešenja. U ovom radu dat je model za poboljšanje bezbednosti u saobraćaju zasnovan na primeni VI i detekcije anomalnih događaja u saobraćaju. Ovaj model obuhvata različite implementacije IoT u saobraćaju koje mogu imati pozitivan efekat na povećanje bezbednosti u saobraćaju i otklanjanje i prevenciju nebezbednih situacija. Model je analiziran pomoću PEAS sistema za kategorizaciju inteligentnih agenata i identifikovana je implementacija svake komponente ovog sistema. Predstavljena rešenja se mogu integrisati kako u celini, tako i parcijalno, odnosno postepenim uvođenjem. U ovom radu predstavljeni su i izazovi implementacije ovog modela, pri čemu su najdominantniji etički i hardverski aspekti primene ponuđenog rešenja. Dat je predlog otklanjanja pojedinih dilema koje ovi problemi nose. Značaj rada ogleda se u pregledu rešenja iz oblasti saobraćaja koja se baziraju na IoT konceptu, kao i smernice za njegovu dalju primenu u ovoj oblasti.

Ključne reči – znanje, standardizacija, ICS, bezbednost, saobraćaj, IT, IoT, VI

Abstract – This paper presents an analysis of the impact of information technology (IT) on improving the safety of road users. Based on the results of the analysis of the

intensity of knowledge innovation in the fields of creativity on the ISO and SRPS platforms, sources of knowledge in the field of road vehicle engineering (ICS1 = 43) are defined, which are extremely important for improving road safety. The four leading factors of transportation are the road, vehicles, people, and the environment. Current findings show that people have the most dominant influence on the occurrence of traffic accidents and traffic safety violations. To reduce the impact of this factor, continuous, organized, and systematic education about traffic from the earliest age is proposed. In addition to the traditional measures for the prevention of traffic accidents, the application of IT, primarily artificial intelligence (AI) and the Internet of Things (IoT), demonstrates significant potential. Approaches to solving traffic safety problems have evolved over time and have always been greatly influenced by current technological advances. Therefore, it could be expected that the IoT, as a relatively new concept, will initiate the improvement of existing and encourage the development of advanced solutions. This paper presents a model for traffic safety improvement based on AI and anomalous event detection. This model includes various IoT implementations in traffic that can have a positive effect on increasing traffic safety and eliminating and preventing unsafe situations. The model was analyzed using the PEAS system for the categorization of intelligent agents and the implementation of each component of this system was identified. The presented solutions can be integrated all at once or partially by gradual introduction. This paper also presents the challenges of implementing this model, where ethical and hardware-related challenges are the most prominent when applying the offered solution. A proposal is given to eliminate certain dilemmas that these problems bring. The importance of this work is reflected in the review of solutions in the field of transport based on the IoT concept, as well as guidelines for its further application in this field.

Keywords – Knowledge, Standardization, ICS, Safety, Traffic, IT, IoT, AI

1. UVOD

Drumski saobraćaj postaje osnovni vid masovnog i individualnog transporta, zahvaljujući prednostima koje ima u odnosu na ostale vidove transporta. Nove transportne tehnologije donele su niz prednosti u transportu, pre svega

veću brzinu transporta, veću pristupačnost, veću ekonomičnost, kao i veću fleksibilnost u korišćenju. Ove nove tehnologije su prouzrokovale porast proizvodnje motornih vozila, a samim tim i njihove upotrebe. Tradicionalne tehnologije koje se koriste u nadzoru i upravljanju saobraćajem prikupljaju podatke zahvaljući sistemima koji imaju kamere, magnetne petlje, lasere, infracrvene i ultrazvučne detektore. U drumskom saobraćaju, ovi uređaji se nalaze pored puta i na putu i imaju ulogu da detektuju vozilo, vremenske uslove i slično, kako bi pružili precizne informacije o određenim parametrima saobraćaja na lokaciji na kojoj su instalirani. Nedostaci ovih tehnologija su veliki troškovi implementacije i kasnije veliki troškovi održavanja. Da bi se dobili precizni podaci o svim delovima puta neophodno je da uređaji budu gusto postavljeni, što je jako skupo.

Prema autorima rada [1], Internet inteligentnih uređaja (IoT) je važna tehnologija koja će infrastrukturu našeg društva učiniti pametnom i prilagodljivom potrebama korisnika. Autori razmatraju postojeće metode i algoritme za automatizovano upravljanje tokovima saobraćaja sa ciljem identifikacije potencijalnih novih primena IoT-a u ovom sektoru. U studiji [2] ističe se drastičan porast broja vozila na svetskim putevima u odnosu na znatno sporiji razvoj kapaciteta puteva kao jedan od ključnih problema u oblasti transporta. Istraživači predlažu tehnologije zasnovane na veštačkoj inteligenciji (VI), IoT i velikim podacima kako bi pronašli rešenje za ovaj kompleksan problem. Na osnovu sprovedenih istraživanja [3] autori predlažu sistem koji se može primeniti u razvoju pametnih gradova, posebno pametnog saobraćaja, a koji povezuje mnogobrojne postojeće sisteme bazirane na video-nadzoru, u cilju identifikovanja anomalnih događaja u saobraćaju i sprovođenja zakona na putevima. Prema agendi Ujedinjenih nacija (UN) 2030, potrebno je poboljšati transportni sistem radi uspostavljanja bezbednih, pristupačnih, dostupnih i održivih sistema transporta uz pomoć digitalnih tehnologija poput IoT i VI. Kako bi se utvrdio značaj digitalizacije autoputeva, studija [4] je kategorisala digitalizaciju u pet podkomponenti, a to su pametni sistem osvetljenja na autoputu, pametni sistem upravljanja saobraćajem u vanrednim situacijama, obnovljivi izvori energije na autoputevima, pametni ekran i VI na autoputevima. Autori navode pametne reflektore, usvajanje obnovljive energije, razvoj komunikacije između vozila i pametne bandere kao primere implementacije digitalizacije autoputeva. U studiji [5] je predložen model zasnovan na IoT kojim se nadležni organi obaveštavaju o pojavi zagušenja u saobraćaju. Globalni pozicioni sistem (GPS), Globalni sistem za mobilnu komunikaciju (GSM), akcelerometar, Arduino UNO tehnologija i senzor vibracija se koriste za dizajniranje i razvoj modela detekcije saobraćajnih nezgoda koji je predložen u studiji [6]. Ovo su samo neke od mnogobrojnih primena IoT u domenu saobraćaja koje su rezultati aktuelnih istraživanja u ovoj oblasti, a čiji je osnovni cilj poboljšanje bezbednosti učesnika u saobraćaju. Nove tehnologije nude mogućnosti za prevazilaženje mnogih problema bezbednosti u saobraćaju. Primena IoT može da donese poboljšanja, smanji troškove i uveća prihode u polju transporta [7].

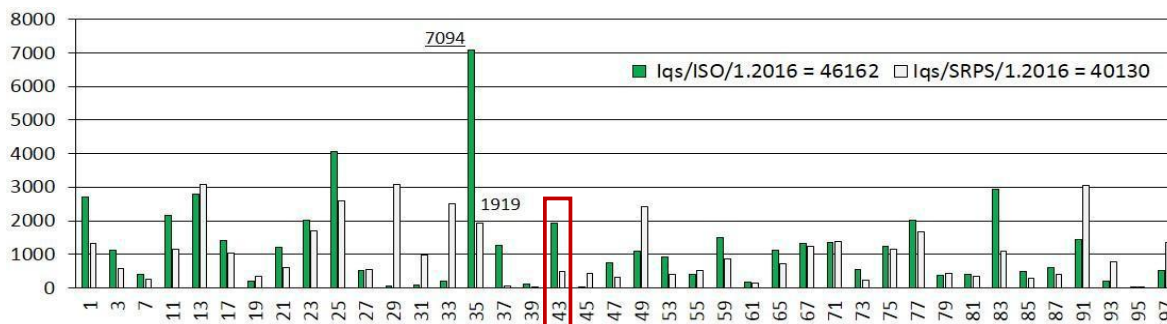
U sledećem poglavlju biće navedeni standardizovani izvori znanja u oblasti informacionih tehnologija (IT) i saobraćaju. U trećem poglavlju opisani su osnovni faktori bezbednosti u saobraćaju, kao i tradicionalne mere koje se mogu primeniti za suzbijanje ovog problema. U četvrtom poglavlju predstavljeni su primena i uticaj IoT na bezbednost u saobraćaju. U petom poglavlju predstavljen je predlog IoT modela za poboljšanje bezbednosti učesnika u saobraćaju. Nakon toga istaknuti su osnovni zaključci ovog rada i date su preporuke za buduća istraživanja.

2. STANDARDIZOVANI IZVORI ZNANJA U OBLASTI IT I SAOBRAĆAJU

Većina organizacija koje koriste IT se u potpunosti oslanjaju na ove tehnologije. Ako IT procesi nisu implementirani, upravljani i podržavani na odgovarajući način, poslovanje organizacije će trpeti gubitak, zavisno od uticaja neizvršene IT usluge na poslovanje. Organizacije u IT sektoru sve više nastoje da se transformišu iz tradicionalnih isporučilaca IT rešenja u pouzdane, nisko troškovne provajdere IT usluga. Zato je upotreba standarda u IT, bez obzira na oblast u kojoj je razvijen sistem, apsolutno neophodna. Standardi mogu biti primenjeni na detekciju anomalnih događaja zasnovanih na dubokoj semantičkoj fuziji visokog nivoa. Za normalne i anomalne video sekvence izračunava se sekvenca vidljive karakteristike pokreta video segmenta, a 3D konvoluciona neuronska mreža se koristi za izdvajanje dubokih prostornih karakteristika i karakteristika vidljivog kretanja protoka svakog K rama segmenta grupe slika kako bi se postigla njihova visoko-semantička dubinska fuzija. Cilj je tačna klasifikacija i detekcija normalnih i abnormalnih događaja.

Standardizacija je neophodna kako na globalnom nivou (međunarodni standardi, ISO - International Organisation for Standardization), tako i na lokalnom nivou (nacionalni standardi, SRPS). Standardizacijom se upućuje na povezivanje znanja koje bi dovelo do uočavanja potencijalnih razlika i utvrđivanja mera za unapređenje IT [8]. Slika 1 prikazuje 40 hijerarhijski organizovanih oblasti standardizacije koji su obuhvaćeni međunarodnom klasifikacijom standarda (International Classification for Standards, ICS). ICS je hijerarhijska klasifikacija koja se sastoji od tri nivoa [9]. Prvi nivo (ICS1) obuhvata 40 oblasti aktivnosti u standardizaciji. Oblast Informacionih tehnologija (IT, ICS1 = 35) ima 15 podoblasti ICS2, od kojih je jedna IT bezbednost (35.030). Višekriterijumska istraživanja i statistička analiza odabranih segmenata po poljima Inženjering drumskih vozila (ICS1 = 43) i Železničko inženjerstvo (ICS1 = 45) prikazani su u radu [10]. Cilj analize u pomenutim oblastima obuhvata praćenje intenziteta inoviranja znanja, trendova, izvora znanja, individualnog znanja svakog stručnjaka i ažuriranje baza znanja.

Prema Međunarodnoj klasifikaciji standarda (ICS) „Inženjering drumskih vozila” je oblast razvrstana u 10 potpolja. Na slici 1 prikazani su rezultati pristupa izvorima znanja a u ICS1 = 43 i ICS1 = 45 i poređenje sa standardizovanim izvorima znanja na lokalnom



Slika 1. Uporedni prikaz (ISO – SRPS) ukupnog broja izvora znanja na ICS platformi, januar 2016. godine

(nacionalnom) i međunarodnom nivou u svim drugim oblastima kreativnosti (ICS1 = 01 do 99). Značaj modela za poboljšanje sistema osnovnih znanja zasnovan je na definisanom intenzitetu inovacija i elementima u PDCA (Plan-Do-Check-Act) konceptu. Vremenska dimenzija petlje za poboljšanje kvaliteta određuje intenzitet inovacije ciljnih polja i potpolja i primenu informacionog sistema u saobraćaju i komunikacijama [10].

3. BEZBEDNOST UČESNIKA U SAOBRAĆAJU

Saobraćaj sačinjavaju četiri osnovne komponente: put, vozila, ljudi i okolina. Razvoj motorizacije je pored mnogobrojnih prednosti doneo i značajne nedostatke, kao što su zagađenje okoline, gužve u saobraćaju, zauzimanje površina od strane vozila, buka i slično. Nemogućnost usklađivanja ekspanzije saobraćaja i njegovog bezbednog odvijanja dovelo je do povećanja broja saobraćajnih nezgoda, materijalne štete i ljudskih žrtava [11]. U nekim zemljama poginuli u saobraćajnim nezgodama predstavljaju 4% svih umrlih, a 50% umrlih su iz starosne grupe između 15. i 24. godina starosti [12]. Dosadašnja saznanja pokazuju da kod 90% saobraćajnih nezgoda postoji uticaj ljudskog faktora. Kod 35% saobraćajnih nezgoda postoje i uticaji faktora okoline, a kod 5% saobraćajnih nezgoda postoje uticaji faktora vezanih za put i vozilo [13]. Iz prethodno navedenih podataka očigledno je da čovek ima dominantan uticaj na nastanak saobraćajnih nesreća. Iz tog razloga su mnogobrojne mere bezbednosti saobraćaja usmerene ka učesnicima u saobraćaju. Mere za podizanje nivoa bezbednosti učesnika u saobraćaju se mogu podeliti prema vrsti, nivou i rokovima primene [14]. Prema vrsti se mogu klasifikovati na zakonodavne i druge normativno-regulativne mere, preventivne mere, represivne i građevinske i tehničko-regulativne mere. Prema nivou institucije koja sprovodi mere, mogu se podeliti na mere koje sprovodi država Srbija, opština, grad, mesna zajednica, predškolske i školske ustanove i slično. U zavisnosti od rokova realizacije, mere za podizanje nivoa bezbednosti saobraćaja mogu se podeliti na kratkoročne, srednjoročne i dugoročne.

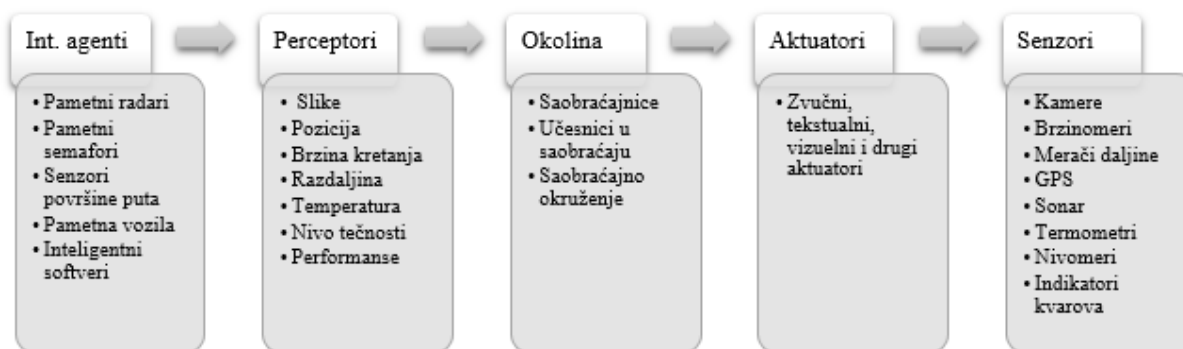
Obrazovno-vaspitne mere su od velikog značaja, jer čine osnov za razvijanje saobraćajne kulture svih učesnika u saobraćaju, naročito dece, čime se indirektno podiže nivo opšte kulture društva. Obzirom da veliki broj dece prva znanja o saobraćaju stiče od roditelja koji su u okviru svog

školovanja stekli vrlo malo znanja o saobraćajnim problemima i saobraćaju uopšte, potrebno je uvođenje saobraćajnog vaspitanja u predškolskim ustanovama. Nastavni programi i planovi obuhvataju neke oblasti iz poznavanja osnovnih pravila i propisa Zakona o bezbednosti saobraćaja, na osnovu kojih bi se mogla organizovati takmičenja, kvizovi i slično, kako bi se deca što više upoznala sa opasnostima u saobraćaju i načinima kako da te opasnosti izbegnu. Stariji učesnici u saobraćaju bi se mogli edukovati putem kurseva i tribina, koje bi bile organizovale od strane auto-moto društva ili saobraćajne policije. Pored angažovanja saobraćajnih stručnjaka koji bi imali prioritetnu ulogu, trebalo bi uključiti i stručnjake svih ostalih adekvatnih zanimanja, poput doktora i psihologa. Kvalitetna, dobro organizovana i stručno sprovedena obuka vozača je jedan od osnovnih preduslova za poboljšanje nivoa bezbednosti svih učesnika u saobraćaju.

4. PRIMENA I UTICAJ IOT NA BEZBEDNOST U SAOBRAĆAJU

Nedostatak parking mesta, saobraćajne gužve, pronalaženje optimalnih ruta, regulisanje saobraćaja predstavljaju samo neke od svakodnevnih saobraćajnih problema. pristupi rešavanju ovih problema vremenom su evoluirali i na njih su uvek veliki uticaji imala aktuelna tehnička dostignuća. Stoga se moglo očekivati da će i IoT, kao prilično nov koncept, inicirati unapređenje postojećih i podstaći razvoj novih rešenja. Ovaj rad daje pregled nekih prisutnih rešenja iz oblasti saobraćaja, koja se baziraju na IoT konceptu i daje smernice za njegovu dalju primenu za poboljšanje bezbednosti učesnika u saobraćaju.

IoT je koncept za koji u ovom trenutku postoji veliki broj definicija [15]. International Telecommunication Unit (ITU) je jedna od organizacija koja vrši standardizaciju na polju telekomunikacija i definiše IoT kao globalnu infrastrukturu za informaciono društvo koja omogućuje napredne servise putem povezivanja (fizičkih i virtuelnih) „stvari” koje su zasnovane na već razvijenim interoperabilnim informacijama i komunikacionim tehnologijama, kao i onima koje se tek razvijaju [15]. Mogućnosti primene ove tehnologije su raznovrsne: od zdravstva, monitoringa životne sredine, do pravljenja pametnih gradova, zgrada, učionica, itd. Ovaj koncept može naći ogromnu primenu u svim vidovima saobraćaja. U ovom radu biće analizirana primena ovog koncepta u drumskom saobraćaju (ICS1 = 43). Korišćenjem ovog



Slika 2. PEAS sistem za IoT model za poboljšanje bezbednosti učesnika u saobraćaju

koncepta učesnici u saobraćaju mogu da šalju korisne informacije ka centrima koji upravljaju saobraćajem, koji ih dalje mogu koristiti u kratkoročnom, operativnom upravljanju ili pri razvoju strategija upravljanja za duži period. Dinamičke informacije mogu biti korišćene i prilikom planiranja kretanja teretnih vozila, imajući na umu saznanja o trenutnim zastojeima, aerozagađ enju, itd.

Primenom IoT rešenja regulacija saobraćaja utiče na sniženje troškova i povećanje zadovoljstva putnika, čime se posredno smanjuje broj saobraćajnih nezgoda. Buduća rešenja biće utemeljena na primeni pametnijih i ekološki zdravijih vozila i njihovom povezivanju sa infrastrukturnim objektima, kao što su benzinske pumpe, parkinzi, garaže i sl. Šira primena naprednih IT, osim komunikacije vozila sa infrastrukturom, omogućiće i komunikaciju između vozila.

Rast popularnosti IoT uređaja doneo je veći broj inteligentnih radara i videodetekcijskih senzora, koji mogu brojati, proveravati smer i brzinu kretanja i određivati jesu li objekti automobili, bicikli ili pešaci. Primeri implementacije inteligentnih transportnih sistema su integracija sistema kontrole saobraćaja (upravljanje tokovima saobraćaja, upravljanje semaforima, promenljive saobraćajne poruke, kontrola pristupa autoputu, provera brzine kretanja, upravljanje parkiranjem itd.), upravljanje javnim prevozom (usmeravanje saobraćaja, upravljanje incidentima, identifikacija prekršilaca, održavanje transportne infrastrukture) i informacije za putnike (dostavljanje informacija). Informacije koje telematski sistemi isporučuju (praćenje vozila, navigacija, e-naplata putarine i sl.) najčešće se prenose preko 5G mobilne mreže.

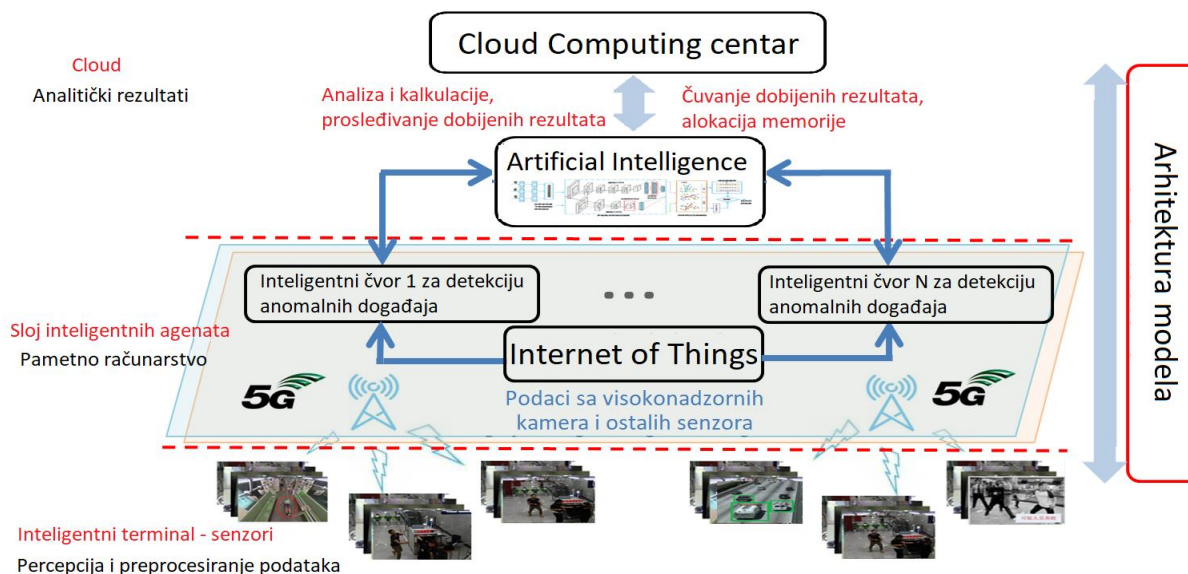
5. PREDLOG MODELA ZA POBOLJŠANJE BEZBEDNOSTI UČESNIKA U SAOBRAĆAJU

U ovom radu predstavljen je model pametnog saobraćaja koji se može implementirati kao deo koncepta pametnog grada, ali i kao sistem za obezbeđivanje povećane bezbednosti učesnika u saobraćaju na svim putevima. Model obuhvata IoT rešenja za prevenciju i brzo rešavanje problema u saobraćaju, pre svega onih koji se odnose na bezbednost.

Na slici 2 predstavljen je dijagram analize ponuđenog rešenja kroz PEAS (Percepts-Environment-Actuators-

Sensors) sistem za kategorizaciju inteligentnih agenata. PEAS sistem određuje četiri osnovne komponente inteligentnog sistema (perceptore, okolinu, aktuatora i senzore), meri performanse inteligentnog agenta i pruža uvid u njegove osnovne elemente kako bi se lakše mogao svrstati u određenu grupu srodnih agenata. Ponuđeni model obuhvata više inteligentnih agenata čiji je osnovni cilj maksimizacija bezbednosti učesnika u saobraćaju. U ove agente spadaju pametni radari, pametni semafori, senzori površine puta, pametna vozila i inteligentni softveri. Perceptori predstavljaju sve ulazne podatke kao što su podaci sa nadzornih kamera, koordinate učesnika u saobraćaju, brzina i razdaljina prevoznih sredstava, kako međusobna, tako i od objekata koji predstavljaju potencijalnu opasnost u saobraćaju, temperatura i nivo tečnosti na saobraćajnicama, performanse perceptora čije je ispravno funkcionisanje od ključnog značaja za dati sistem i drugo. Okolina predstavlja izvore podataka za određeni domen, a u ovom slučaju to su sve saobraćajnice, učesnici u saobraćaju (vozila i pešaci), kao i svi elementi okruženja koji mogu imati uticaj na bezbednost saobraćaja. Aktuatori su zvučni, tekstualni, vizuelni i drugi kanali kojima se prenose i prikazuju informacije do učesnika u saobraćaju i nadležnih organa poput policije, hitne pomoći, vatrogasne službe i slično. Senzori su delovi inteligentnih agenata koji omogućavaju prikupljanje perceptora iz okoline. Saobraćajna rešenja uvedena radi merenja, detekcije i reagovanja na određene situacije oslanjaju se na nekoliko izvora, od sveprisutnih saobraćajnih senzora do specijaliziranog videoproceniranja, kao i podataka o automobilima. Većinu saobraćajnih podataka generišu videonadzorne kamere.

Inteligentna softverska rešenja obhvaćena predloženim modelom su detekcija vozila, rizičnih situacija, izlivanja benzina, saobraćajnih nesreća, gužvi i zastoja, registarskih tablica, prepreka na putu, vremenskih promena, prirodnih nesreća, brzine i blizine vozila, kvarova opreme. Neki od navedenih softvera su zasebni inteligentni agenti, dok su drugi integrisani u preostale agente. Komponente PEAS sistema su ključni faktori u funkcionisanju datih rešenja. Primenjivanje inteligentnog sistema za detekciju vozila na podatke prikupljene pomoću kamera, GPS-a i/ili sonara saobraćajnim kontrolorima omogućava da smanje gužve, a vozačima da pronađu pogodniju rutu ka svojoj destinaciji. Pored toga, detekcija vozila može pomoći u pronalaženju počinilaca krivičnih dela ukoliko se poseduje informacija



Slika 3. Arhitektura modela za poboljšanje bezbednosti učesnika u saobraćaju

o njihovom prevoznom sredstvu. Ovom cilju pomaže i sistem za detekciju registarskih tablica koji detektuje kako registarski broj vozila, tako i bilo koji drugi tekstualni podatak obuhvaćen vizuelim ulazom. Napredne strategije nisu ograničene samo na merenje saobraćaja, brzine i zauzetosti. Prilagođavanje protoka saobraćaja na raskrsnicama omogućava kontinuirano prilagođavanje varijacijama u saobraćaju. Iako se svakodnevne saobraćajne gužve ne mogu potpuno sprečiti, mogu se kontrolisati radi planiranih događaja (radovi na ulicama, sportski događaji...), ponavljajućih situacija (popodnevni gužvi) ili kratkoročnih prognoza.

Podaci sa videokamera mogu se koristiti i kao ulazni podaci za detekciju saobraćajnih nesreća, prepreka na putu koje čine put neprohodnim ili ograničavaju njegovu prohodnost (odroni, oborena stabla i drugi objekti koji mogu prouzrokovati probleme na putu, kao i pešaci, skupovi ljudi, životinje na putu i slično), vremenskih promena (gusta magla, veliki snežni nanosi i slično), prirodnih nesreća (poplave, klizišta i slično), detekcija izlivanja benzina (ili drugih zapaljivih i rizičnih materija) i drugo. Sve informacije se prenose do nadležnih organa koji zatim osiguravaju da saobraćaj nastavi bez rizika za bezbednost učesnika u saobraćaju. Kod detekcije ekstremnih temperatura mogu se koristiti i termometri ugrađeni u senzore površine puta, a za detekciju izlivanja tečnosti na putevima mogu se koristiti nivomeri.

IoT je uglavnom smešten na visokodistribuiranim senzorskim mrežama ili mobilnim uređajima, kao što su sama vozila od kojih se dobijaju sirovi podaci koji će se zatim procesirati radi detekcije incidenata. Inteligentni sigurnosni sistem pametnih vozila obuhvata veliki broj inteligentnih rešenja koja utiču na bezbednost vozača, a neki od njih su detekcija prekoračenja brzine, detekcija blizine drugih vozila i objekata, detekcija pospanosti vozača i sistem za buđenje ili automatsko parkiranje vozila u kritičnim situacijama. Ova vozila koriste raznovrsne

senzore poput kamera, laserskih merača udaljenosti i indikatora kvarova, i na osnovu dobijenih podataka generišu važne informacije i obaveštavaju vozača o metodama za povećanje nivoa bezbednosti ili automatski preduzimaju određene sigurnosne korake. Mnogi vozači u današnje vreme koriste GPS aplikacije ugrađene u vozila, mobilne telefone ili druge uređaje kako bi pratili stanje na putevima i izabrali najefikasniju rutu za svoje putovanje. Osim u pametnim automobilima, detekcija brzine pomoću brzinaera i blizine vozila pomoću merača daljine su i zasebni sistemi koji identifikuju kritične situacije i u skladu sa tim obaveštavaju policiju radi sankcionisanja i prevencije nebezbednih situacija. Svu opremu koju koriste ova softverska rešenja je neophodno redovno održavati i pratiti njenu ispravnost pomoću indikatora kvarova i sistema za detekciju kvarova. Prenos podataka se najčešće vrši pomoću 5G mreže, dok se resursi potrebni za obradu i čuvanje podataka obezbeđuju putem sistema računarstva u oblaku. Opisana arhitektura modela prikazana je na slici 3.

Predloženi model je sveobuhvatan model koji se sastoji od IoT rešenja koja imaju veoma pozitivan uticaj na otklanjanje, prevenciju i sankcionisanje nebezbednih situacija na putevima. Da bi se model u potpunosti implementirao potrebna su ogromna ulaganja u vidu kvalitetne i otporne opreme i računara i servera sa visokim performansama. U pitanju je model visoke kompleksnosti koji mora da obezbedi pokrivenost svih saobraćajnica odgovarajućim senzorima, prikupljanje i obradu podataka u realnom vremenu i sigurno i precizno prenošenje informacija do vozača i nadležnih organa. Zato se predlaže parcijalno uvođenje sistema, gde se u svakoj iteraciji implementira novi deo rešenja. Pored toga, nedostatak koji je prisutan u mnogim primenama VI, a koji je prisutan i u ovom slučaju, jeste etički aspekt prikupljanja podataka. Veliki broj ljudi ne želi da bude deo sistema nadzora i iskazuju zabrinutost za sigurnost svojih podataka. Edukacija građana o implementiranim rešenjima, njihovom načinu rada i prednostima, strogo ograničen

pristup podacima, prikupljanje podataka u skladu sa moralnim načelima i zakonom, kao i obezbeđivanje sigurnosti podataka na najvišem nivou mogu otkloniti neke od etičkih dilema koje donosi primena IoT rešenja u saobraćaju.

6. ZAKLJUČAK

Poboljšanje nivoa bezbednosti saobraćaja se može ostvariti delovanjem na sve elemente (čoveka, vozilo, put, okolinu). U ovom sistemu ljudski faktor je najmanje pouzdan element koji ima najveći uticaj na bezbednost saobraćaja. Centralno mesto imaju preventivne mere koje deluju na sve učesnike u saobraćaju i za čiju realizaciju je potreban duži vremenski period. Period za njihovu implementaciju iznosi od jedne do više godina, u zavisnosti ko sprovodi mere i na koji način. Ove mere pružaju najveću mogućnost delovanja na učesnike u saobraćaju i pravilnim sprovođenjem ove mere ostvaruju najbolje rezultate.

Mehaničko prenošenje modela koji primenjuju neke evropske zemlje za podizanje nivoa bezbednosti saobraćaja je često pogrešno pristupanje ovom problemu, jer nije moguće da se prenose ekonomski, geografski, kulturni, klimatski i drugi uslovi, koji značajno utiču na modeliranje sistema bezbednosti saobraćaja. Zbog toga inostrana iskustva treba prihvatiti u opštem načelu, a zatim ih prilagođavati. Preventivne mere u saobraćaju predstavljaju kompleksan sistem mera koji doslednom i stručnom primenom u dužem vremenskom intervalu daje željene rezultate.

Potreba za unapređenjem svih aspekata saobraćaja je velika, posebno u velikim gradovima. Automatska identifikacija vozila bazirana na IoT može pružiti podršku ovlašćenim službama u regulisanju saobraćaja, održavanju nivoa buke i aerozagađenja u dozvoljenim granicama, prepoznavanju obrazaca ponašanja vozača i slično. Dodatni servisi bi bili detekcija krađe, elektronska naplata putarine i automatska detekcija i prijavljivanje saobraćajnih nezgoda. IoT ima brojne prednosti, ali donosi i određene izazove, prvenstveno one koji se tiču sigurnosti, pouzdanosti i poverenja u IoT. Sa razvojem „pametnih“ uređaja drastično raste i količina podataka koje oni generišu. Za buduća istraživanja potrebno je razmotriti kako skladištiti, obraditi i na svrsishodan način upotrebiti ogromne količine podataka.

NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Ovaj rad je podržan od Nacionalnog razvojno-istraživačkog programa Kine 2021YFE0110500 i Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije sa brojem 337-00-426/2021-09.

LITERATURA

[1] Elkin, D. and Vyatkin, V. „IoT in traffic management: review of existing methods of road traffic regulation“, Computer science on-line conference, Springer, Cham, pp. 536-551, 2020.

[2] Ouallane, A. A., Bahnasse, A., Bakali, A. and Talea, M. „Overview of Road Traffic Management Solutions based on IoT and AI“, Procedia Computer Science, 198, pp. 518-523, 2022.

[3] Dewi, N. K. „Review of vehicle surveillance using IoT in the smart transportation concept“, International Journal of Engineering and Manufacturing, 11(1), pp. 29-36, 2021.

[4] Singh, R., Sharma, R., Akram, S. V., Gehlot, A., Buddhi, D., Malik, P. K. and Arya, R. „Highway 4.0: Digitalization of highways for vulnerable road safety development with intelligent IoT sensors and machine learning“, Safety science, 143, 105407, 2021.

[5] Ata, A., Khan, M. A., Abbas, S., Khan, M. S. and Ahmad, G. „Adaptive IoT empowered smart road traffic congestion control system using supervised machine learning algorithm“, The Computer Journal, 64(11), pp. 1672-1679, 2021.

[6] Patil, P. J., Zalke, R. V., Tumasare, K. R., Shiwankar, B. A., Singh, S. R. and Sakhare, S. „IoT protocol for accident spotting with Medical facility“, Journal of artificial intelligence, 3(02), pp. 140-150, 2021.

[7] Frost & Sullivan, Internet of Things and Digital Transformation. Available: <https://www.frost.com/research/industry/information-communications-technologies/iot-analytics/> (accessed: 12.02.2022)

[8] ISO, Standards Catalogue ICS. Available: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_ics/catalogue_ics_browse.htm (accessed: 12.02.2022)

[9] ISS, Institute for Standardization of Serbia. Available: <https://iss.rs/en/> (accessed: 12.02.2022)

[10] Ružičić V., and Mitrović K. „Knowledge innovation trends in the standardization fields road vehicles engineering and railway engineering“, VII International Symposium NEW HORIZONS 2019 of Transport and Communications, University of East Sarajevo, Faculty of Transport and Traffic Engineering Dobo, 2019.

[11] Lipovac, K. „Bezbednost saobraćaja“, Saobraćajni fakultet u Beogradu, Beograd, 2008.

[12] Dejan, V. „Analiza bezbednosti u republici Srbiji, za period 1947-2000. godine“, Diplomski rad, Saobraćajni fakultet u Beogradu, 2001.

[13] Dragač, R. i Vujanić, M. „Bezbednost drumskog saobraćaja I“, Saobraćajni fakultet u Beogradu, 2003.

[14] Trifunović, D., Babić, S., Milosavljević, B., i Igrutinović, S. „Vaspitno-preventivni rad, obučavanje i informisanje učesnika u saobraćaju sa posebnim osvrtom na grad Trstenik“, IMK-14 Istraživanje i razvoj, XVI godina, broj (36)3, Kruševac, 2010.

[15] Mladenović, S., Uzelac, A., Janković, S. i Mladenović, D. „Primena IoT koncepta u saobraćaju“, XXXIII Simpozijum o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju – PosTel 2015, Beograd, 2015.

INDUSTRIJSKA REVOLUCIJA 4.0 U FUNKCIJI EKONOMSKOG RAZVOJA

INDUSTRIAL REVOLUTION 4.0 IN THE FUNCTION OF ECONOMIC DEVELOPMENT

Milica Cvetković¹, Marko Janković², Raica Milićević³, Dejan Dimitrijević⁴

Visoka škola za poslovnu ekonomiju i preduzetništvo, Beograd¹

JKP Parking servis, Niš²

Visoka škola za poslovnu ekonomiju i preduzetništvo, Beograd³

JKP Parking servis, Niš⁴

Sadržaj – Privreda i društvo se trenutno nalaze u sferi četvrte industrijske revolucije (Industrija 4.0) koja se bazira na informacionim tehnologijama, veštačkoj inteligenciji i robotici. Koncept Industrija 4.0 je glavni pokretač četvrte industrijske revolucije, koja velikom brzinom umnožava inovacije koje generišu nove oblike rada, komunikacije, transfera znanja. Industrija 4.0 se razvija na temeljima prethodnih revolucija, na započetoj digitalizaciji, razvoju kompjuterskih mreža, veštačkoj inteligenciji, pametnih mašina, pogona, i drugih pametnih činioca koji pokreću rast. Savremni način privređivanja prepoznaje industriju kao jedan od stubova ekonomije, koji podstiče održivi rast. Investicije, znanje, dodata vrednost, savremene tehnologije su glavna pokretačka snaga savremene industrije u pravcu ekonomskog razvoja. U eri nove industrijske revolucije nove tehnologije menjaju prirodu rada, neizvesnost menja prirodu i obim proizvodnje, radna snaga se automatizuje. U takvom okruženju koje se brzo menja, sposobnost predviđanja budućih trendova i korišćenje iskustava zemalja koje su taj put prešle je jako bitno. Podsticanje upotrebe novih tehnologija u industriji je ključ za rast i konkurentnost. Uvođenje digitalnih tehnologija doprinosi rastu preduzeća koja će biti privlačna za nove investicije. Digitalizacija može da stimuliše dodatne investicije u brzorastuće inovativne, industrijske sektore. Važan segment za kreiranje takvog razvoja ima industrijska politika, koja bi trebalo da bude usmerena na rastući digitalni sektor, čiji će se pozitivni efekti prelići na sve industrijske sektore. Industrija 4.0 utiče na promene proizvodne paradigme, transformaciju celokupnih sistema proizvodnje i industrijskih struktura. Rad ima za cilj da ukaže na važnost Industrije 4.0, koja je rezultat industrijske revolucije u smislu iskorišćavanja pogodnosti koje ona pruža. Svrha je da se na osnovu pregleda i analize dostupne literature prikažu implikacije Industrije 4.0 kroz prizmu ekonomskog razvoja.

Abstract - The economy and society are currently in the sphere of the fourth industrial revolution (Industry 4.0) based on information technology, artificial intelligence, and robotics. The Industry 4.0 concept is the main driver of the fourth industrial revolution, which is rapidly multiplying innovations that generate new forms of work, communication, knowledge transfer. Industry 4.0 is evolving on the foundations of previous revolutions, on the ongoing digitalization, the development of computer networks, artificial intelligence, smart machines, drives, and other smart growth drivers. The modern way of doing

business recognizes industry as one of the pillars of the economy, which encourages sustainable growth. Investments, knowledge, added value, modern technologies are the main driving force of modern industry in the direction of economic development. In the era of the new industrial revolution, new technologies are changing the nature of work, uncertainty is changing the nature and volume of production, the workforce is being automated. In such a rapidly changing environment, the ability to anticipate future trends and use the experiences of countries that have crossed that path is very important. Encouraging the use of new technologies in the industry is the key to growth and competitiveness. The introduction of digital technologies contributes to the growth of companies that will be attractive for new investments. Digitization can stimulate additional investment in fast-growing innovative, industrial sectors. An important segment for creating such development is industrial policy, which should be focused on the growing digital sector, whose positive effects will spill over to all industrial sectors. Industry 4.0 influences changes in the production paradigm, the transformation of entire production systems and industrial structures. The paper aims to point out the importance of Industry 4.0, which is the result of the industrial revolution in terms of reaping the benefits it provides. The purpose is to present the implications of Industry 4.0 through the prism of economic development based on a review and analysis of the available literature.

1. UVOD

Tehnološke promene se dešavaju kroz proces inovacija, investicija i difuzije tehnologije. One podstiču ekonomsku transformaciju, odnosno promene u privrednoj strukturi u smislu unapređenja tehnološkog nivoa i sofisticiranosti ekonomskih aktivnosti. Otuda, tehnologije koje su "rezultat" industrijskih revolucija predstavljaju pokretač strukturnih promena industrije, a time i privrede u celini. Od prve industrijske revolucije, preko druge i treće, do četvrte industrijske revolucije, industrija predstavlja glavnu pokretačku snagu privrednog rasta i razvoja. Ta pokretačka snaga sastavni je deo procesa diversifikacije razvoja, i zavisi od tehničko-tehnološkog progressa, kao i dinamike razvoja znanja, nauke i tehnologije.

Nove tehnologije jakim intenzitetom menjaju način života. Iako je zastupljeno mišljenje da se Industrija 4.0 ne može smatrati revolucijom, sve je veći broj stručnjaka

koji ukazuju da smo ušli u eru četvrte industrijske revolucije. Svaka revolucija imala je rasprostranjen uticaj na sve aspekte ljudskog društva. One koje su primetne su svakako ekonomske, društvene i političke, ali promene koje su zaista važne su one koje se najviše zanemaruju, a koje će promeniti tokove života budućih generacija. Interesovanje za promenama počele su da se manifestuju početkom 70-ih godina XX veka, i od tada se posvećuje velika pažnja uticaju ekonomskog rasta i tehnoloških inovacija na čitavo društvo.

2. HRONOLOGIJA REVOLUCIJE

Industrijske revolucije predstavljaju procese velikih promena u ekonomiji, kulturi i društveno-političkom sistemu. Početni impuls razvoja industrije krenuo je iz Engleske sredinom XVIII veka, zatim se proširio na ostale evropske zemlje koje prelaze sa agrarnog na industrijsko društvo. "Prva industrijska revolucija počela je krajem XVIII veka u Engleskoj, pokrenuta je pronalaskom parne mašine tlačnog razboja i usavršavanjem načina topljenja gvožđa, što je dovelo do prelaska sa manuelne na mašinsku proizvodnju"[8].

Druga industrijska revolucija usvaja čitav niz pronalazaka, dogodila se između 1870. i 1914. godine i obeležila je upotreba električne energije. Ovaj period karakteriše ekonomski bum, specijalizacija koja je dovela do masovne proizvodnje i porast životnog standarda. Unapređen je način komunikacije pronalaskom telefona i telegrafa, kao i način transporta sa pojavom automobila i aviona. Treća ili Digitalna industrijska revolucija počinje 60-ih godina XX veka. Ovo razdoblje karakteriše prilagođavanje proizvodnje željama kupaca. Nacionalne ekonomije se okreću obnovljivim izvorima energije, automatizuje se proizvodnja. Kao jedan od nedostataka, javio se problem privatnosti, jer su mnoge informacije postale dostupne.

Četvrta industrijska revolucija se razvija eksponencijalno njen opseg je širok. Fenomen "Industrija 4.0" prvi put se spominje 2011. godine u Nemačkoj, tokom manifestacije "Hanoverski sajam" kao predlog za razvoj novog koncepta nemačke ekonomske politike zasnovan na strategijama visoke tehnologije, simbolišući početak Četvrte industrijske revolucije. Kreiranjem "pametnih fabrika", Četvrta industrijska revolucija stvara svet u kojem virtualni i fizički sistemi proizvodnje globalno sarađuju na fleksibilan način. To omogućava apsolutno prilagođavanje proizvoda i stvaranje novog operativnog modela [10].

Četvrta industrijska revolucija će promeniti način na koji živimo, radimo i povezujemo se. Ona se nadovezuje na treću industrijsku revoluciju koju je obeležila digitalizacija. Iako se oslanja na treću industrijsku revoluciju, četvrta industrijska revolucija predstavlja potpuno novi način na koji će se tehnologija uključiti u društvo. U četvrtoj revoluciji, suočavamo se sa nizom novih tehnologija koje kombinuju fizički, digitalni i biološki svet. Ove nove tehnologije će uticati na sve discipline, ekonomije i industrije. "Četvrta industrijska

revolucija donosi 3D štampače, vozila koja se sama kreću, veštačku inteligenciju i nanotehnologiju, kao glavni oslonac joj je poslužila druga industrijska revolucija, ali za razliku od druge koja se oslanja na sirove materijale i energiju, u četvrtoj se veći akcentan stavlja na znanje kao ključni resurs"[6].

Kohezivna snaga inovacija i veštačke inteligencije ima intenzivan uticaj na održivi razvoj. Pametne kompanije koje su rezultat novih tehnologija, pronalazak novih materijala usmeravaju u pravcu razvoja cirkularne ekonomije.

3. OBELEŽJA REVOLUCIJE 4.0

Osnovu svake industrijske revolucije čine inovacije. Kod prve industrijske revolucije to je parna mašina, kod druge serijska proizvodnja. Kod treće optimizacija poslovnih procesa primenom kompjutera, četvrtu karakteriše optimizacija poslovnih procesa kroz primenu interneta. Pojam Industrija 4.0 podrazumeva primenu internet inteligentnih rešenja koja omogućavaju praćenje poslovnih procesa i donošenje poslovnih odluka u realnom vremenu. U industrijskom okruženju 4.0 analiza poslovanja se zasniva na rezultatima analize podataka (Big data analitika) koji daju uvid u performanse sistema čiji se rad kontroliše. Big data analitika može preduprediti velike zastoje u sistemima, odnosno može ukazati na problem u radu pojedinih delova sistema, što doprinosi bržem otklanjanju kvara i vraćanje celog sistema u operativnu funkciju uz minimalne troškove.

Industrija 4.0 ili četvrta industrijska revolucija je usmerena na stvaranje pametnih proizvoda, procedura, procesa i na kraju cele proizvodnje. Ono što takođe karakteriše Industrij 4.0 je veća fleksibilnost, poštovanje najviših standarda kvaliteta u tehnici i planiranje proizvodnje. Inicijativa četvrte industrijske revolucije je usmerena prema saradnji industrijskih poslovnih procesa i povezanih poslovnih mreža u svim aspektima pametnih poslovnih modela i životnog ciklusa svih pametnih proizvoda.

Osnovu Industrije 4.0 čine pametne kompanije, bez čijeg funkcionisanja četvrta industrijska revolucija ne može da funkcioniše. Cilj pametnih kompanija je da korisnik preko svojih uređaja može naručiti željeni proizvod, da sam izabere od čega će proizvod biti napravljen, koje će karakteristike posedovati i da mu se isti dostavi u što kraćem roku. Sa druge strane, vlasnici takvih kompanija da bi ostali konkurentni na tržištu trebalo bi da organizuju proizvodnju tako da se gubici svedu na minimum. Ono što pokreće četvrtu industrijsku revoluciju je standardizacija protokola, opreme i poslova koji su bitni za otvorenost, transparentnost i deljenje znanja.

Tabela 1: Tehnološki pokretači industrije 4.0 i potencijalne oblasti primene

Tehnološki drajveri	Polja	Potencijalne oblasti primene
Fizički	Autonomna vozila	Logistika, poljoprivreda
	3D štampanje	Vazduhoplovstvo, medicina
	Napredna robotika	Industrija, usluge
Digitalni	Novi materijali	Industrija uopšteno
	Internet industrija	Pametne fabrike, usluge, obezbeđenje
	Veštačka inteligencija	Finansije, bezbednost, usluge
	Mašinsko učenje	
	Obrada računarskih podataka	Biznis
Biološki	Digitalne platforme	Prodaja
	Genetski inženjering	Poljoprivreda, medicina
	Neurotehnologija	Medicina, marketing, vojska

Izvor: Schwab, K. (2016). The Fourth Industrial Revolution. Switzerland. World Economic Forum, and Li, G. Hou, Y. Wu, A. (2017). Fourth Industrial Revolution: technological drivers, impacts, and coping methods. Chinese Geographical Science, 27(4): 626–637.

Super inteligentna revolucija zasnovana je na tzv. internet stvari tehnologiji, sajber fizičkom sistemu, kao i veštačkoj inteligenciji, te podrazumeva korišćenje brzih mreža, interfejsa i sistema velikih podataka u procesu proizvodnje, što u značajnoj meri utiče na promene u oblasti humanog rada [3]. Rezultat četvrte industrijske revolucije su automatizovana proizvodnja i digitalizacija sistema proizvodnje, što dovodi do zamene rada mašinom. Nisko kvalifikovna radna snaga posebno u državama u razvoju, biće zamenjena mašinama što će dovesti do porasta nezaposlenosti sa jedne strane, ali i rasta produktivnosti sa druge. Internet platforme su dobar primer kompenzacije rada radnika mašinama, naročito u oblasti usluga (dostava hrane, sektor javnog prevoza), gde se direktno dovode u vezu pružalac usluge i klijent. „Platformski rad se smatra delom tzv. „gig ekonomije“, što je ekonomski termin u kome se lica radno angažuju privremeno i povremeno, sa više zaposlenih istovremeno, a karakteriše ga masovni rad i rad na zahtev, odnosno rad po pozivu putem određenih internet platformi, odnosno aplikacija” [12].

Program Industrija 4.0 je fokusiran na kreiranje i proizvodnju pametnih proizvoda, kao i procesa i sistema koji će to omogućiti. Smart fabrike predstavljaju ključnu karakteristiku Industrija 4.0. Smart fabrike su u stanju da procesuiraju i upravljaju kompleksnim sistemima i procesima. U ovakvom okruženju, radnici, mašine i resursi su povezani pametnom logistikom i pametnim mrežama, što dovodi do transformacije konvencionalnih lanaca vrednosti i pojave novih poslovnih modela.

4. UTICAJ REVOLUCIJE 4.0 NA RAZVOJ EKONOMIJE

Četvrta industrijska revolucija ima veliki uticaj na globalnu ekonomiju, tako da postoje različite percepcije ekonomista o tom uticaju. Jedna grupa autora ima kritički stav, i smatra da je doprinos digitalne revolucije dostigao svoj maksimum i da je time njen uticaja na produktivnost završen. Drugi pak, imaju optimistično viđenje i tvrde da su inovacije na prekretnici i da će postići veći ekonomski rast i produktivnost. Ekonomije sa nižim BDP-om *per capita* su nekada svoj razvoj ostvarivale kroz industrijalizaciju i zapošljavanje niskokvalifikovane radne snage, danas nova digitalna ekonomija nudi nove mogućnosti kroz automatizaciju skoro svih procesa.

Izazovi sa kojima se suočavaju mnoge zemlje su industrijalizacija i deindustrijalizacija. Industrijalizacija je jako važna za zemlje u razvoju, posebno one koje prolaze put tranzicije. U razvijenim zemljama, deindustrijalizaciju, istovremeno, prati i kasna reindustrijalizacija. A u zemljama u razvoju, izazove predstavljaju prevremena deindustrijalizacija i reindustrijalizacija [11]. Dosadašnji razvoj industrije je bio linearan, sa četvrtom indsturijskom revolucijom on postaje eksponencijalan. Promene koje nastaju dovode do velikih modifikacija u načinu proizvodnje i upravljanju radnom snagom i resursima. Mnoge aktivnosti uz pomoć veštačke inteligencije, čine da se većina radnji odvija na daljinu što je ekonomičniji, produktivniji i ekonomski racionalniji.

Široko je zastupljeno shvatanje da Industrija 4.0 predstavlja moćni talas razvoja digitalne i virtualne tehnologije. „Četvrta industrijska revolucija odnosi se na razvoj „Industrije 4.0“ koje menjaju paradigmu proizvodnje od centralizovane do decentralizovane pametne proizvodnje. „Industrije 4.0“ predstavljaju kompjuterizaciju proizvodnje i stvaranje pametnih fabrika budućnosti, kod kojih se fizički objekti integrišu u informacionu mrežu. Proizvodni sistemi su vertikalno umreženi sa poslovnim procesima u fabrikama, i horizontalno povezani sa mrežama stvaranja vrednosti kojima je moguće upravljati u realnom vremenu. „Interakcija implementiranih sistema, baziranih na specijalnim softverima i korisničkom interfejsu, koji je integrisan u digitalne mreže, stvara novi funkcionalni sistema za horizontalnu i vertikalnu integraciju“ [1].

U cilju analiziranja sposobnosti privrede da stvori i komercijalizuje znanja i tehnologije, javlja se koncept nacionalnog inovacionog sistema (NIS). Prema Frimanu, nacionalni inovacioni sistem označava mrežu institucija u javnom i privatnom sektoru čije aktivnosti i interakcije iniciraju, uvode, modifikuju i šire nove tehnologije [2] dok ga Nelson definiše kao skup institucija čije interakcije određuju inovativne performanse preduzeća [5].

Tehnološke promene i inovacije nastaju kao rezultat složenih odnosa između učesnika u sistemu. Nacionalni inovacioni sistem obuhvata četiri tipa znanja o tokovima informacija:

- 1) Interakcije između preduzeća, uglavnom u vidu istraživačkih aktivnosti i tehnološke saradnje;
- 2) Interakcije između preduzeća, univerziteta i državnih istraživačkih instituta, kao što su zajednička istraživanja, kopatentiranje, publikovanje i neformalno povezivanje;
- 3) Difuzija znanja i tehnologija u privredi, uključujući nivo industrijske prihvatljivosti novih tehnologija i difuziju kroz mašinu i opremu i
- 4) Mobilnost zaposlenih, a naročito kretanje kadrova iz tehničke strukture unutar i između državnog i privatnog sektora [9].

Prema podacima za 2018. godinu od 100 rangiranih zemalja Republika Srbija je svrstana u grupu zemalja koje tek treba da se osposobe da bi mogle da koriste buduće prilike i pogodnosti nove industrije. Republika Srbija je na 42 mestu u grupu zemalja sa slabom tekućom proizvodnom bazom (prema složenosti i obimu postojeće proizvodnje) i na 64 mesto prema pokretačima proizvodnje. Po naprednosti, bezbednost i povezanost infrastrukture IKT (informaciono-komunikacione tehnologije) da podrži nove tehnologije u proizvodnji svrstana je na 69 mesto; sposobnosti radne snage da odgovori na promene 54; sposobnosti da uspostavi u trgovini globalnu povezanost i investira u odgovarajuću infrastrukturu 60; institucionalnom okvir 60; upotrebi prirodnih i alternativnih izvora energije 53; i sofisticiranosti potrošačke baze za različitu privrednu aktivnost i nove proizvode 85 mesto [13].

Prateći ciljeve Agende 2030, Industrija 4.0 je usmerena na smanjenje siromaštva i gladi u svetu. Iako ne postoje predviđiva rešenja za ova dva problema, Industrija 4.0 nastoji da robotizacijom poljoprivrede obezbedi zdravu hranu, a da poljoprivrednici što efikasnije koriste resurse. Genetski inženjering je jedan od modela koji može ublažiti negativne posledice gladi u svetu. Veštačka inteligencija obezbeđuje personalizovane medicinske tretmane, čime se obezbeđuje zdrav život i blagostanje. Pametna proizvodnja kroz zatvoreni proizvodni ciklus, smanjuje zagađenje. Kvalitetno obarazovanje, sa posebnim akcentom na smanjenje nepismenosti, takođe predstavlja temelj ekonomskog rasta i razvoja.

Kako je četvrta industrijska revolucija u toku, trebalo bi iskoristiti postojeće mogućnosti za osiguravanje konkurentnosti industrije i čitave privrede. "Interesovanje za industrijskom politikom dodatno podstiču tehnološke promene – od automatizacije do digitalizacije, Industrije 4.0 i intereneta". [4] Menja se dinamika svetske privrede, koja je izuzetno važna za pokretanje industrijske politike u pravcu održivog ekonomskog rasta. Javlja se potreba za proaktivnim vladinim politikama koje bi uredile nacionalne ekonomije, i stimulisale dinamiku rasta. Razvoj koji se temelji na veštačkoj inteligenciji, nosi sa sobom i velike promene u pravcu vođenja nacionalnih politika. Monetarna politika će morati da se okrene praćenju novih dešavanja na tržištu, koja su rezultat

pojave novih elektronskih valuta na međunarodnim tržištima, dok će fiskalna politika morati da prati izazove izazvane digitalnim platformama i novim poslovnim modelima.

Kao rezultat Četvrte industrijske revolucije, javlja se digitalna ekonomija kao šansa za digitalne transformacije i primenu novih tehnologija u poslovanju. Digitalno doba utiče na transformaciju tržišta, način proizvodnje, plaćanja, potrebe za kapitalom. Ono takođe unapređuje produktivnost i motiviše kompanije na nove ideje u kreiranju i plasiranju proizvoda. Upotreba globalnih platformi za elektronsku trgovinu i plaćanje preko interenta, utiče na internet prodavce da se orijentišu ka izvozu. Sa ciljem unapređenja elektronske trgovine u Repulici Srbiji 2019. godine usvojen novi Zakon o trgovini i izmenjen je Zakon o elektronskoj trgovini. Za razliku od prethodnih industrijskih revolucija, ova četvrta pruža šansu i malim zemljama poput Republike Srbije da istupe u digitalnu budućnost, usvajajući dobra i loša iskustva ostalih zemalja koje su taj put već prošle. Pogodnosti nove revolucije leže upravo u spoju naprednih znanja iz oblasti tehnologije i poslovnih veština, koje omogućavaju da se linije koda pretoče u konkurentan proizvod koji je moguće plasirati na globalno tržište.

5. ŠANSE I IZAZOVI INDUSTRIJE 4.0.

Poput revolucija, koje su joj prethodile, tako i Indsutrija 4.0 povećava nivo dohotka, produktivnost, ali i kvalitet života. Do danas su oni koji su ostvarili najveću korist iz svih pogodnosti bili potrošači. U budućnosti će tehnološke inovacije dovesti do promena i na strani ponude. Logistika i globalni lanci snabdevanja će postati efikasniji, a troškovi će se smanjivati, što će u konačnom pokrenuti ekonomski rast.

Tabela2: Prednosti i nedostaci Industrije 4.0.

Prednosti	Nedostaci
Orijentacija na individualne zahteve	Manjak zaštite podataka
Prilagodljiva proizvodnja	Olakšana udaljena manipulacija proizvodnim sastavom
Smanjen pritisak na radnike	U ruralnim područjima nedostatak je slaba pokrivenost široko pojasnim internetom
Nova vrednost: nove B2B usluge	Kontinuirana nabavka i održavanje infrastrukture
Povećana konkurentnost	Složeni i skupi tehnički standardi
Usmerenost na produktivnost i efikasnu upotrebu resursa	Dodatna oprema za zaposlene
Spremnost na nove izazove na domaćim i stranim tržištima	

Izvor: Perić, E., (2019) Industrija 4.0.

Industrija 4.0. ima niz prednosti, ali i nedostatke, zato je bitno iskoristiti pogodnosti, a minimizirati otkrivene nedostatke. Neophodno je implementacijom horizontalnih i vertikalnih integracija ostvariti kvalitetan odnos kupaca i proizvođača u proizvodno-prodajnom

procesu. Industrija 4.0. menja i tražnju na tržištu rada, gde će biti potreban širok spektar novih znanja, veština i kompetencija, jer primena robotike i veštačke inteligencije zahteva specijalizovana i napredna tehnološka znanja. Nova znanja i kompetencije radne snage će zahtevati umne sposobnosti, zahtev za visokom ineligencijom i potrebu za posedovanjem know-how znanja stručnjaka. Prilike i šanse koje je pokrenula Industrija 4.0 unapređenjem proizvodnih procesa, utiče i na pojavu novih trendova. Prema (Myforesight, 2018.) glavni trendovi Industrije 4.0 su: demografske promene (srednji sloj stanovništva se povećava, jer se smanjuje viši odnosno niži, zbog toga što je nova tehnologija dostupnija svima), urbanizacija (zbog prirode posla ljudi se sve više sele u gradove), rast znanja i talenta, deindustrijalizacija (razvoj ekonomija koje se baziraju na uslužnim delatnostima), robotizacija i konvergencija tehnologija. Industrija 4.0 je posledica digitalizacije i novih tehnologija, čija implementacija je stvorila mogućnost za uvećanje dobiti u industrijskoj proizvodnji. Uvođenjem "lean" proizvodnje otpad koji nastaje tokom proizvodnje će se smanjivati, bez smanjenja produktivnosti. Prema (Rojko, 2017) pomoću Industrije 4.0 mogli bi se smanjiti troškovi u sledećim iznosima:

- Troškovi proizvodnje za 10-30%
- Logistički troškovi 10-30%
- Troškovi upravljanja kvalitetom za 10-20% [7].

Ove prednosti u smislu smanjivanja izdataka, svakako predstavljaju razloge za usvajanje samog koncepta Industrije 4.0, što će skratiti vreme plasiranja proizvoda/usluga na tržište, omogućiti masovnu proizvodnju bez značajnog povećanja troškova proizvodnje i efikasnije korišćenje prirodnih resursa i energije. Svrha Industrije 4.0 je da poveća produktivnost i fleksibilnost pametnog poslovanja, kroz intenzivan ekonomski rast koji mora uzeti u obzir određena ograničenja (resursi, investicije). Proizvodnja koja se temelji na inteligentnoj tehnologiji, novim materijalima, brzim uslugama predstavlja perspektivu takvog rasta.

6. ZAKLJUČAK

Razvoj društva i čitavog čovečanstva obeležile su četiri revolucije, koje su se dogodile u kratkom vremenskom intervalu. Digitalna treća revolucija, nadovezuje se na četvrtu kroz brzi razvoj tehnologije i uvođenje automatizovanih procesa. Implementacija Industrije 4.0 dovodi do promena u samom poslovanju, razvijaju se novi poslovni modeli, smanjuju se troškovi, a nastoji da se uveća produktivnost. Zadovoljstvo potrošača postaje prioritet, prate se njegove potrebe i zahtevi. Digitalna transformacija ukinula je mnoga radna mesta, zbog automatizacije proizvodnje, ali su i mnoga nova radna mesta upravo zbog novih zahteva i otvorena.

Kao i svaka revolucija, i četvrta industrijska revolucija se suočava sa mnogim izazovima. Javlja se veliki pritisak na tržište rada i kreatore politike da transformišu i regulišu mnoge segmente, uključujući mnoge segmente društva, od obrazovanja do socijalne politike. Industrija 4.0 je usmerena na ostvarivanje konkurentskih prednosti kroz

održivu proizvodnju. Zato su neophodni dodatni naponi čitavog društva kako bi se sprovele reforme, koje će omogućiti iskorišćavanje pogodnosti Industrije 4.0 u pravcu rasta.

LITERATURA

[1] Chukalov, K. „Horizontal and vertical integration, as a requirement for cyber-physical systems in the context of industry 4.0. Industry 4.0“, 2(4), pp.155-157, 2017.

[2] Freeman, C. „Technology Policy and Economic Performance“, Lessons from Japan, Pinter Publishers London and New York, p. 1, 1987.

[3] Jeehee Min, Yangwoo Kim, Sujin Lee, Tae-Won Jang, Inah Kim, Jaechul Song, „The Fourth Industrial Revolution and Its Impact on Occupational Health and Safety, Worker's Compensation and Labor Conditions“, Safety and Health at Work, Nr. 10/2019, 400.

[4] Lutovac, M. „Nova industrijska politika kao pretpostavka efikasnog razvoja industrije Srbije“, Ekonomski fakultet, str. 22, Beograd, 2020.

[5] Nelson, R. National Innovation Systems. A Comparative Analysis, Oxford University Press, New York/Oxford, 1993.

[6] Petrović, V. Mišić, C. „Izazovi četvrte industrijske revolucije i posledice za međunarodnu ekonomiju“, EkonBiz, , str. 217, Beograd, 2019.

[7] Rojko, A. „Industry 4.0 Concept“: Background and Overview, 2017.

[8] Savić, Lj. „Ekonomika industrije“, Centar za izdavačku delatnost Ekonomskog fakulteta, str. 313, Beograd, 2017.

[9] Semčenko, D., „Faktori u oblikovanju nacionalnog inovacionog sistema“, Institut „Mihajlo Pupin“, Beograd, 2009.

[10] Schwab, K. The Fourth Industrial Revolution, Geneva, World Economic Forum, pp. 39-40, Geneva, 2016.

[11] Tregenna, F. „Manufacturing productivity, deindustrialization, and reindustrialization“ WIDER Working Paper 57, United Nations University, World Institute for Development Economics Research, 2011.

[12] Woodcock, J. and Graham, M. „The Gig Economy, A Critical Introduction“, 1st edition, Cambridge, 2020, 3.

[13] World Economic Forum: Readiness for the Future of Production Report 2018 pp. 212 – 213, 2018.

RAZVOJ SKRIPTA U MATLABU ZA MODELIRANJE MEHANIČKOG KRETANJA ROBOTSKIH SISTEMA

DEVELOPMENT OF A SCRIPT FOR MODELING THE MECHANICAL MOVEMENT OF ROBOTIC SYSTEMS IN MATLAB

Zvonko Petrović¹, Milan Kolarević², Milica Tufegdžić¹, Vladeta Jevremović¹
Akademija Strukovnih studija Šumadija-Odsek Trstenik¹
Fakultet za mašinstvo i građevinarstvo u Kraljevu Univerziteta u Kragujevcu²

Sadržaj –

Primena softverskih paketa za razvoj programa, kojima se mogu opisati konfiguracije industrijskih robota, je značajana za analizu robotskih sistema. U ovom radu je predstavljen program kojim se opisuje konfiguracija robotskih sistema, određuju zakoni kretanja i položaji vrha hvataljki robotskih sistema tipa Puma i Scara, primenom alata za simulaciju i analizu "Robotics Toolbox for MATLAB".

1. UVOD

Želja proizvođača da ispuni sve zahteve svakog pojedinačnog kupca nameću sve strožije zahteve koje tehnološki sistemi moraju da zadovolje. Sa jedne strane je sve veća konkurencija proizvođača a sa druge su stalne i česte promene zahteva kupaca. Da bi organizacija bila konkrentna, mora da isporuči proizvode koji u potpunosti ispunjavaju zahteve kupaca, da to uradi u najkraćem vremenskom roku i sa najnižim troškovima proizvoda u životnom veku [1].

Jedan od koraka u unapređenju preduzeća koja se bave proizvodnjom je uvođenje robotskih sistema u proces radi poboljšanja rezultata rada. U početku je primena robota u industriji bila usmerena na zamenu rada čoveka na monotonim, teškim poslovima ili na poslovima u zagađenoj radnoj sredini. Danas imamo milione robotskih konfiguracija koje u industriji svetski razvijenih zemalja izvršavaju najsloženije tehnološke operacije u proizvodnji ili kao autonomni proizvodni sistemi u različitim oblastima primene.

Implementacija robotske konfiguracije u tehnološki sistem, zahteva analizu svih faktora tehnološke opravdanosti a pre svega ekonomičnosti. Svi kriterijumi koji definišu opravdanost primene određene robotske konfiguracije u tehnološkom sistemu se mogu svrstati u tri grupe [2]:

- Технички и технолошки критеријуми,
- Економски критеријуми оправданости аутоматизације процеса и
- Критеријуми хуманизације процеса рада.

2. KINEMATIKA ROBOTSKOG SISTEMA

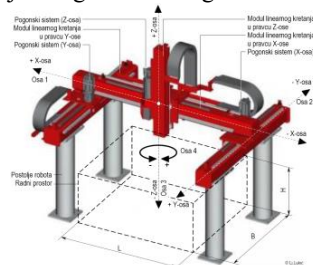
Mehaničkog sistema robota se opisuje kinematikom. Način na koji se opisuje mehanički sistem robota može biti baziran na osnovu:

- Vrste kretanja po osama (translatorno kretanje-linearne ose ili kružno kretanje-rotacione ose),
- Rasporeda i položaja linearnih i rotacionih osa po zglobovima i strukturnim modulima mehaničkog sistema robota,
- Broja upravljanih osa,
- Oblika radnog prostora (može biti kubni, cilindrični, sferni).

Sa aspekta kinematike konfiguracije mehaničkog sistema robota postoje tri osnovne vrste konfiguracija robotskih sistema:

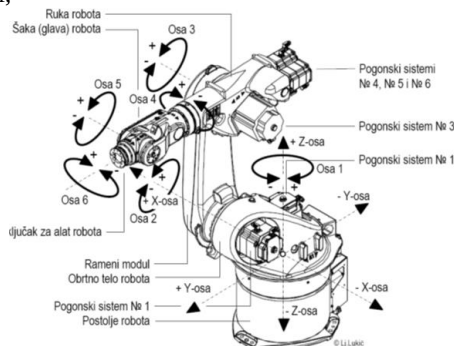
- Linearni roboti,
- Zglobni roboti i
- Hibridni roboti.

Linearni roboti-koji se često nazivaju i portalnim robotima ili "gantry" robotima, zbog portalnog oblika noseće strukture njihovog mehaničkog sistema.

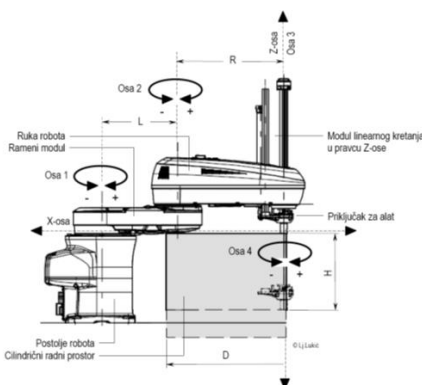


Slika 1. Linearni robotski sistem

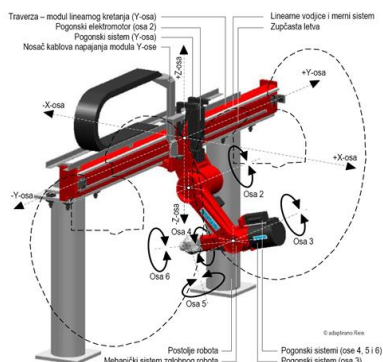
Zglobni roboti-koji mogu biti tipa SCARA (eng. Selective Compliance Assembly Arm) i univerzalni horizontalni i vertikalni roboti koji se nazivaju PUMA (eng. Programable Universal Manipulator for Assembly) roboti,



Slika 2. Zglobni robotski sistem tipa PUMA



Slika 3. Zglobni robotski sistem tipa SCARA
Hibridni roboti – čija se struktura sastoji od kombinacija modula linearnog i zglobnog robota, koji se postavlja na modul translatornog kretanja u pravcu jedne linearne ose.



Slika 4. Hibridni robotski sistem

Svaka kinematička konfiguracija robota ima svoj oblik radnog prostora, pa prema radnom prostoru roboti se mogu podeliti na:

Kartezijanske robote sa prizmatičnim radnim prostorom, koji nastaje linearnim kretanjem alata u pravcu tri koordinatne ose,

Cilindrične robote sa cilindričnim radnim prostorom (ima unutrašnji manji cilindrični neiskorišćen prostor) koji nastaje rotacijom oko jedne ose i linearnim kretanjem alata u pravcu dve koordinatne ose,

Polarne robote sa sfernim radnim prostorom (ima unutrašnji manji sferni neiskorišćen prostor), koji nastaje rotacionim kretanjem oko dve ose i linearnim kretanjem alata u pravcu jedne koordinatne ose i

Sferne robote sa sfernim radnim prostorom, koji nastaje rotacionim kretanjem alata oko tri ose.

Osnovna dva tipa industrijskih robotskih sistema su: SCARA (eng. Selective Compliance Assembly Arm) i PUMA (eng. Programable Universal Manipulator for Assembly)

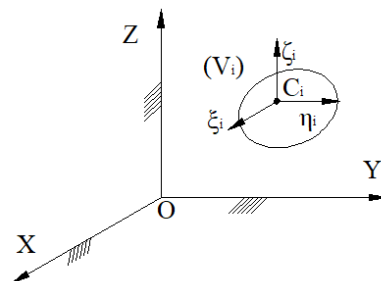
3. DIREKTAN I INVERZNI KINEMATIČKI ZADATAK

U jednostavnijim slučajevima mehaničko kretanje robotskog sistema može se modelirati kao kretanje

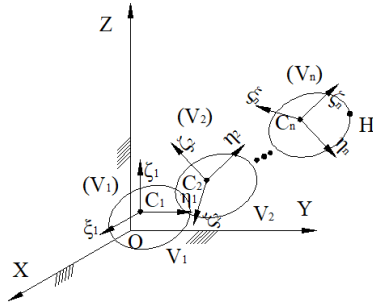
otvorenog kinematičkog lanca bez grananja pri čemu su veze između segmenata kinematičkog lanca date u vidu kinematičkih parova pete klase. Ako se u robotskom sistemu koji je dat u obliku kinematičkog lanca pojave kinematički parovi druge, treće ili četvrte klase onda je moguće izvršiti dekompoziciju takvih parova na niz parova pete klase. To se ostvaruje uvođenjem tzv. fiktivnih tela-tela proizvoljne dimenzije, sa masama jednakih nuli i proizvoljno izabranim centrom inercije[4]. U slučaju opšteg kretanja krutog tela za Lagranževe koordinate mogu se usvojiti tri nezavisne koordinate (naprimer Dekartove pravouglo) proizvoljne tačke $M_n \in (V_n)$. Neka su kao Lagranževe koordinate izabrane

tri nezavisne koordinate $(\bar{q}^1, \bar{q}^2, \bar{q}^3)$ vrha H robotske hvataljke. Za ostale tri koordinate mogu se usvojiti tri nezavisne koordinate $(\bar{q}^4, \bar{q}^5, \bar{q}^6)$ (na primer Ojlerovi uglovi) koji jednoznačno određuju obrtanje poslednjeg robotskog segmenta u odnosu na tačku H. Skup koordinata jednoznačno određuje u opštem slučaju položaj H. Dovodenje vrha H robotske hvataljke u željeni položaj u manipulacionom zadatku koji se odvija robotskim sistemom naziva se pozicioniranje robotske hvataljke. Skup koordinata $(\bar{q}^4, \bar{q}^5, \bar{q}^6)$ jednoznačno određuje u opštem slučaju uglove koje ose koordinatnog sistema vezanog za robotsku hvataljku zaklapaju sa osama inercijalnog koordinatnog sistema Oxyz. U manipulacionom zadatku robotskog sistema reč je o orijentaciji robotske hvataljke. Lagranževe koordinate $(\bar{q}^1, \bar{q}^2, \dots, \bar{q}^n)$ uzimaju veličine (q^i) koje definišu kretanje tela (V_i) u odnosu na telo (V_{i-1}) i nazvaćemo iz unutrašnjim koordinatama robotskog sistema [3].

Robotski sistem predstavlja otvoreni kinematički lanac sa n segmenata $(V_1), (V_2), \dots, (V_n)$ bez grananja i kinematičkim parovima V klase. Kinematski par V (pete) klase dopušta ili pravolinijsku translaciju ili rotaciju segmenta V_i u odnosu na segmet V_{i-1} pri čemu je prvo kruto telo (V_i) u lancu u vezi sa nepomičnim postoljem. Konfiguraciju robotskog sistema određuje skup generalisanih koordinata $(\bar{q}^1, \bar{q}^2, \dots, \bar{q}^n)$ koje se u slučaju otvorenog kinematičkog lanca po pravilu poklapa sa skupom nezavisnih Lagranževih koordinata. Proizvoljnom segmetnu (V_i) pridružićemo lokalni ortogonalni Dekartov koordinatni sistem $C_i \xi_i \eta_i \zeta_i$ gde je C_i središte masa segmenta (V_i) .



Slika 5. Segment u kinematičkom lancu



Slika 6. Otvoreni kinematički lanac

Pri analizi segmenata robotskog sistema vodimo i sledeće matrice:

$$\{\xi_i\} \in R^{n \times 1}, \{\bar{\xi}_i\} \in R^{n \times 1} \quad (1)$$

Gde su elementi ξ_i ($i=1,2,...,n$) i $\bar{\xi}_i$ ($i=1,2,...,n$) određuju na sledeći način. U slučaju da zglobov (i) dozvoljava pravolinijsku translaciju tela (V_i) u odnosu na telo (V_{i-1}) važiće ((V_0) – nepomično postolje) :

$$\xi_i = 1, \bar{\xi}_i = 0 \quad (2)$$

U slučaju da zglobov (i) dozvoljava rotaciju tela (V_i) u odnosu na osu vezanu za telo (V_{i-1}) važiće ((V_0) – nepomično postolje):

$$\xi_i = 0, \bar{\xi}_i = 1 \quad (3)$$

Treba imati na umu da uvek važi jednakost:

$$\xi_i + \bar{\xi}_i = 1 ; i = 1, 2, ..., n \quad (4)$$

Zglob (i) za koji je $\xi_i = 1$ naziva se prizmatični a zglobov i za koji je $\bar{\xi}_i = 1$ naziva se cilindrični.

Vrh robotske hvataljke je poslednji n-ti segment. Broj stepeni slobode kretanja robotskog sistema je $m=6$. Vektor položaja vrha hvataljke može da se izrazi u funkciji generalisanih koordinata ($\bar{q}^1, \bar{q}^2, \bar{q}^3$) na sledeći način:

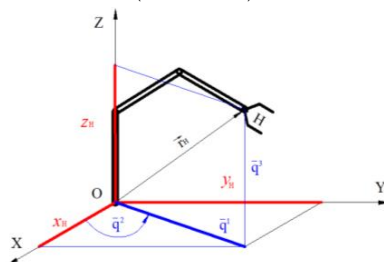
$$\vec{r}_H = x_H \cdot \vec{i} + y_H \cdot \vec{j} + z_H \cdot \vec{k} \quad (5)$$

gde su: x_H, y_H, z_H Dekartove pravouglove koordinate tačke H date u odnosu na koordinatni sistem $Oxyz$, posredstvom transformacija koordinata [3]:

$$\begin{aligned} x_H &= x_H(\bar{q}^1, \bar{q}^2, \bar{q}^3), \\ y_H &= y_H(\bar{q}^1, \bar{q}^2, \bar{q}^3), \\ z_H &= z_H(\bar{q}^1, \bar{q}^2, \bar{q}^3). \end{aligned} \quad (6)$$

Dobija se :

$$\vec{r}_H = \vec{r}_H(\bar{q}^1, \bar{q}^2, \bar{q}^3) \quad (7)$$



Slika 7. Veza između Dekartovih i generalisanih koordinata

Jednakost oblika:

$$\bar{q}^a = \bar{q}^a(q^1, q^2, ..., q^3), a = 1, ..., m, m < 6 \quad (8)$$

Jednakost (8) spostavlja vezu između spoljašnjih i unutrašnjih koordinata i naziva se direktni kinematički zadatak robotskog sistema. Rešavanjem ovog zadatka uspostavlja se (za proizvoljnu konfiguraciju robotskog sistema) veza između relativnih pomeranja segmenata robotskog sistema i položaja vrha robotske hvataljke, kao i orijentacije poslednjeg robotskog segmenta, što je ključni element svakog manipulacionog zadatka. Definisane položaja vrha robotske hvataljke odnosno rešenje imaće oblik:

$$\begin{aligned} x_H &= x_H(\bar{q}^1, \bar{q}^2, ..., \bar{q}^n), \\ y_H &= y_H(\bar{q}^1, \bar{q}^2, ..., \bar{q}^n), \\ z_H &= z_H(\bar{q}^1, \bar{q}^2, ..., \bar{q}^n). \end{aligned} \quad (9)$$

Vektor položaja vrha robotske hvataljke H definisan je sledećom relacijom:

$$\vec{r}_H = \vec{OH} = \sum_{k=1}^n (\vec{p}_{kk} + \xi_k \vec{e}_k q^k) \quad (10)$$

odnosno u matricnom obliku:

$$\{\vec{r}_H^{(0)}\} = \sum_{k=1}^n [A_{0,k}] (\vec{p}_{kk}^{(k)} + \xi_k \{e_k^{(k)}\} q^k) \quad (11)$$

i dobija se :

$$\{\vec{r}_H^{(0)}\} = (x_H \ y_H \ z_H)^T \quad (12)$$

Treba uzeti u obzir sledeće relacije:

$$\begin{aligned} \{\vec{p}_{kk}^{(k)}\} &= (\rho_{kk1} \ \rho_{kk2} \ \rho_{kk3})^T \\ \{e_k^{(k)}\} &= (e_{k1} \ e_{k2} \ e_{k3})^T \end{aligned} ; [A_{0,k}] = \begin{bmatrix} \alpha_{11}^k & \alpha_{12}^k & \alpha_{13}^k \\ \alpha_{21}^k & \alpha_{22}^k & \alpha_{23}^k \\ \alpha_{31}^k & \alpha_{32}^k & \alpha_{33}^k \end{bmatrix} \quad (13)$$

Uzimajući u obzir da važi:

$$\alpha_{i,j}^k = \alpha_{i,j}(q^1, q^2, ..., q^n), i, j = 1, 2, ..., n \quad (14)$$

odnosno relacija (14) se može zapisati u obliku:

$$\begin{aligned} x_H &= x_H(\bar{q}^1, \bar{q}^2, ..., \bar{q}^n), \\ y_H &= y_H(\bar{q}^1, \bar{q}^2, ..., \bar{q}^n), \\ z_H &= z_H(\bar{q}^1, \bar{q}^2, ..., \bar{q}^n). \end{aligned} \quad (15)$$

koji predstavlja rešenje direktnog kinematičkog zadatka u baznom slučaju za slučaj pozicioniranja.

Inverzni kinematički zadatak je potreba da se odrede unutrašnje koordinate u funkciji spoljašnjih, tj. neka je potrebno da se iz izraza (16) nađu relacije:

$$q^a = q^a(x_H, y_H, z_H, \psi, \theta, \phi), a = 1, 2, ..., 6 \quad (16)$$

Ovakav problem naziva se inverzni zadatak mehanike robota. Da bi se rešio ovaj zadatak potrebno je rešiti sistem jednačina:

$$\begin{aligned} f_1(q^1, ..., q^6 - x_H) &= 0, \\ f_2(q^1, ..., q^6 - y_H) &= 0, \\ f_3(q^1, ..., q^6 - z_H) &= 0, \\ a_{i,j}(q^1, ..., q^6) - a_{i,j}(\psi, \theta, \phi) &= 0; i, j = 1, 2, 3 \end{aligned} \quad (17)$$

$r=A01*r11+A02*r22+A03*r33$
 Kod robotskog sistema tipa SCARA postupak modeliranja mehaničkog kretanja robotskog sistema je opisan takođe u pet koraka.

U prvom koraku se definišu generalisane koordinate:

%generalisane koordinate

syms q1

syms q2

syms q3

syms q4

syms q5

syms q6

%Jedinična matrica

I=eye(3)

U drugom koraku definišu se parametri koji definišu prirodu kretanja zglobova robota:

%Parametar koji određuje da li je rotacioni ili translacioni zglob:

%translacija

kt1=0

kt2=0

kt3=0

kt4=0

kt5=0

kt6=0

%rotacija

kr1=1

kr2=1

kr3=1

kr4=1

kr5=1

kr6=1

U trećem koraku se definišu dužine šegmenata robotske konfiguracije:

%dužine segmenata

l0=1

syms l1

syms l2

syms l3

syms l4

syms l5

syms l6

U četvrtom koraku se definišu Rodrigove matrice transformacije:

%jedinični vektori

e1=[1 0 0]

e2=[1 0 0]

e3=[1 0 0]

e4=[1 0 0]

e5=[1 0 0]

e6=[0 0 1]

e6=e6*r11=[0;0;l1]

r11=[0; 0; l1]

r1=[0 0 -l1/2]

r22=[0; 0; l2]

r2=[0 0 -l2/2]

r33=[0; 0; l3]

r3=[0 0 -l3/2]

r44=[0; 0; l4]

r4=[0 0 -l4/2]

r55=[0; 0; l5]

r5=[0 0 -l5/2]

r66=[0; 0; l6]

r6=[0 0 -l6/2]

%Dualni objekti

e1d=[0 -e1(3,1) e1(2,1);e1(3,1) 0 -e1(1,1);-

e1(2,1) e1(1,1) 0]

e2d=[0 -e2(3,1) e2(2,1);e2(3,1) 0 -e2(1,1);-

e2(2,1) e2(1,1) 0]

e3d=[0 -e3(3,1) e3(2,1);e3(3,1) 0 -e3(1,1);-

e3(2,1) e3(1,1) 0]

e4d=[0 -e4(3,1) e4(2,1);e1(3,1) 0 -e4(1,1);-

e1(2,1) e4(1,1) 0]

e5d=[0 -e5(3,1) e5(2,1);e2(3,1) 0 -e5(1,1);-

e2(2,1) e5(1,1) 0]

e6d=[0 -e6(3,1) e6(2,1);e3(3,1) 0 -e6(1,1);-

e3(2,1) e6(1,1) 0]

%Rodrigove matrice transformacije

A01=I+kr1*((1-cos(q1))*e1d^2+sin(q1)*e1d)

A12=I+kr2*((1-cos(q2))*e2d^2+sin(q2)*e2d)

A23=I+kr3*((1-cos(q3))*e3d^2+sin(q3)*e3d)

A34=I+kr4*((1-cos(q4))*e4d^2+sin(q4)*e4d)

A45=I+kr5*((1-cos(q5))*e5d^2+sin(q5)*e5d)

A56=I+kr6*((1-cos(q6))*e6d^2+sin(q6)*e6d)

%Matrica transformacije

R01=A01

A02=A01*A12

A03=A01*A12*A23

A04=A01*A12*A23*A34

A05=A01*A12*A23*A34*A45

A06=A01*A12*A23*A34*A45*A56

U petom koraku se definiše položaj vrha hvataljke robota

%Položaj vrha hvataljke

r=A01*r11+A02*r22+A03*r33+A04*r44+A05*

r55+A06*r66

6. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada je da uz pomoć Rodrigovih matrica transformacija izmodeliramo kretanje robotskog sistema. U radu je izmodelirano kretanje robotskog sistema tipa PUMA i SCARA. U daljem radu ideja je razviti korisnički interfejs tj. programski sistem u kome možemo uneti opis robotske konfiguracije a programski sistem da izmodelira kretanje robotskog sistema.

LITERATURA

[1] Banks, J. and S. J. Carson, Discrete-Event System Simulation, Prentice-Hall, New Jersey, 1984.

[2] Bodily, S. "Spreadsheet Modeling as a Stepping Stone", Interfaces, Vol. 16, No. 5, pp 34-52, 1986.

[3] Vukman Č., Mihailo L., Mehanika robota, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2008.

[4] Mihailo L., Zbirka zadataka iz mehanike robota, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2006.

Razrešavanje autorstva koristeći ORCID identifikator

Resolving authorship using the ORCID identifier

Vladimir Otašević¹, Biljana Kosanović²
Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet¹
Računarski centar Univerziteta u Beogradu²

Sadržaj – Nemogućnost pouzdanog razrešavanja autorstva, kao i utvrđivanje njegove matične institucije, predstavlja problem u procesu određivanja naučnog doprinosa kako pojedinca, tako i institucije. Jedno od mogućih rešenja jeste uvođenje identifikatora PID (Persistent Identifiers) kao što je ORCID (Open Researcher and Contributor ID), a koji na jedinstven način određuje istraživače. Zahvaljujući međunarodnoj standardizaciji ORCID identifikatora, istraživači su prepoznati van internih informacionih sistema matičnih institucija, što dalje otvara mogućnosti za razvoj novih servisa koji podržavaju naučnu komunikaciju/publikovanje, kao i rad istraživača.

Abstract - The impossibility of a reliable resolution of authorship, as well as the determination of its parent institution, is a problem in the process of determining the scientific contribution of both the individual and the institution. One possible solution is to introduce Persistent Identifiers (PIDs) such as ORCID (Open Researcher and Contributor ID), which uniquely identify researchers. Thanks to the international standardization of ORCID identifiers, researchers are recognized outside the internal information systems of parent institutions, which further opens opportunities for the development of new services that support scientific communication/publishing and the work of researchers.

1. UVOD

Potpis autora, odnosno način na koji je istraživač naveo sebe kao autora naučnog rada, definiše kako će posmatrati istraživač biti prepoznat na radu. Istraživač, u zavisnosti od institucije kojoj pripada, ima slobodu da na radu sebe navede na različite načine. Takva sloboda stvara konfuziju, koja može rezultirati nemogućnošću da se autor rad prepozna ili da se rad pripiše pogrešnom autoru ili pogrešnoj instituciji.

Matične institucije istraživača, iz različitih razloga, prate naučnu produktivnost i rezultate svojih istraživača. Institucije prate rezultate svojih istraživača, kroz informacione sisteme, kako bi mogle da pišu obavezne izveštaje o naučnoj produktivnosti ili mogle da evaluiraju rad istraživača kroz određeni vremenski period [1]. Ako se istraživačima ne skrene pažnja na važnost da se vodi računa kako će se potpisivati na radovima, to može rezultirati da se posmatrati rezultati pogrešno pripišu drugom autoru.

Značajna karakteristika problema nemogućnosti prepoznavanja autorstva, jeste što se problem propagira i ka agregatorima naučnih rezultata. Ako je informacioni sistem naučne istraživačke organizacije deo veće infrastrukture, na nacionalnom ili evropskom nivou, onda

bi se pogrešno pripisano autorstvo prenelo ka eksternim servisima što bi rezultiralo da greška postane široko rasprostranjena.

Kako bi se izbegla mogućnost da je autor pogrešno naveden na radu, treba sagledati alternativna rešenja za prepoznavanje istraživača. ORCID identifikator je jedan takav primer.

2. ANALIZA POSTOJEĆIH REŠENJA

Trenutno stanje daje slobodu da naučno istraživačka organizacija može odabrati informacioni sistem koji najviše ispunjava njihove kriterijume i potrebe. Bez obzira na odabrano rešenje, uvođenje u rad sistema sastoji se iz dve komponente, i to:

- 1) Usvojen akt/propis
- 2) Uspostavljena infrastruktura

Primer je Elektrotehnički fakultet u Beogradu koji ima uspostavljenu infrastrukturu i usvojen obavezujući akt. Kroz informacioni sistem moguće je pratiti rezultate Elektrotehničkog fakulteta, a istraživači su u obavezi da se na svojim radovima pridržavaju smernica propisanih kroz akt fakulteta. Takođe, obaveza je proširena i na studente što ostavlja mogućnost praćenja radova ostvarenih rezultata tokom studija [2].

Informacioni sistem je moguće implementirati tako da se u njih mogu unositi radovi istraživača čija su imena i prezimena normirana, odnosno jednoznačno prepoznata. To će kod institucija koje imaju manji broj istraživača i nemaju dva istraživača sa identičnim imenom i prezimenom rešiti problem. Ipak, ako se posmatra širi značaj naučnih rezultata i mogućnost praćenja naučnih rezultata većih naučnih zajednica, poput naučne zajednice jednog univerziteta ili jedne zemlje, onda je potrebno razmotriti skalabilnija rešenja.

Različiti su razlozi zbog kojih dolazi do greške. Sa jedne strane postoje greške koje su nastale prilikom navođenja imena i prezimena autora na radu. Pogrešno navođenje može načiniti autor prilikom pisanja, urednik prilikom uređivanja ili odgovorno lice prilikom unosa u informacioni sistem. Sa druge strane postoje scenarija u kojima nema greške, ali zbog specifičnosti okolnosti koje važe da pojedinog autora može doći do promene autorovog potpisa na radu. Karakteristični primeri pomenutih scenarija su:

- 1) Dupla prezimena
- 2) Devojačko prezime
- 3) Crtica u prezimenu
- 4) Srednje ime

Još jedna važna karakteristika koja određuje autora na radu jeste matična institucija. Istraživač tokom svoje

karijere promeni instituciju pod čijim nazivom piše radove. Promena institucije je važna osobina prilikom određivanja autorstva iz razloga što bliže određuje istraživača koji je napisao posmatranu publikaciju.

A) Sekundarne odlike autorstva

Autori na radu, osim na osnovu svog imena i prezimena na radu, mogu biti bliže određeni zahvaljujući sekundarnim odlikama autorstva. Sekundarne odlike koje su razmatrane u ovom radu su:

- 1) Afiliacija
- 2) Oblasti istraživanja

U situaciji gde bar dva istraživača imaju isto ime i prezime predstavlja izazov za informacione sisteme kada je potrebno identifikovati istraživače. Zato je neophodno dopuniti podatke o istraživačima sa sekundarnim odlikama autorstva. Karakterističan slučaj nemogućnosti određivanja autorstva na radu prikazan je sa početnim podacima u tabeli 1. Prikazane podatke treba posmatrati

Tabela 1. Primer analize sa sekundarnim odlikama

ORCID	0000-0002-9408-3454	0000-0002-8690-1357
Ime i prezime	Vladimir Otasevic Otašević Vladimir Оташевић Владимир	Vladimir Otasevic
Afilijacija	University of Belgrade, University of Belgrade School of Electrical Engineering	American Society of Clinical Oncology Clinic for Hematology, University Clinical Center of Serbia European Hematology Association Faculty of Medicine, University of Belgrade
Oblast istraživanja	Computer science, open science, network analyses, AI, ...	Medicine, Oncology, Hematology,...

Prikazani primer ukazuje da je neophodno prilikom određivanja autorstva pronaći rešenje koje može na jednoznačan način identifikovati autora. Potrebno je potražiti alternativna rešenja koja se ne baziraju na verovatnoći i tačnosti, već identifikuju istraživača bez potrebe da se analiziraju dodatne karakteristike koje bliže određuju autora.

B) Alternativna rešenja

Rešenje koje se postavlja kao alternativa jeste primena identifikatora. Identifikatori se dodeljuju po definisanim procedurama tako da svaki istraživač poseduje svoj jedinstveni identifikacioni broj koji ga čini vidljivim u informacionim sistemima. Mogućnosti koje se nude kao alternativna rešenja jesu:

- 1) Jedinstveni matični broj građana (u daljem tekstu JMBG)
- 2) Istraživački identifikator

JMBG se čini pogodnim zato što je svakom građaninu dodeljen kako bi bio jednoznačno prepoznat u različitim informacionim sistemima. Ipak značajni su nedostaci i problemi koji postoje kod ovog identifikatora. JMBG nije javan podatak. Svaka komunikacija i propagacija između

zasebno prema tipu informacije koju podatak predstavlja. Kad se posmatraju samo ime i prezime, autori se mogu pojaviti pod istim imenom ali su potpisi različiti u zavisnosti na kom jeziku ili pismu su potpisani autori. Takođe, ako se dodaju karakteristična scenarija koja postoje kod navođenja autora, onda je broj mogućnosti mnogostruko veći. Afiliaciju karakteriše isti problem koji postoji kod navođenja imena i prezimena autora kad se razmatraju jezici i pisma. Ipak, ovaj problem je daleko složeniji iz razloga što istraživači menjaju afiliaciju tokom karijere, a ponekada navode duple ili višestruke afiliacije na radovima. Mogućnost slovne greške ili pogrešnog navođenja afiliacije na radu je veća nego kod potpisa autora iz razloga što obaveza pravilnog navođenja afiliacije zavisi od institucije do institucije. Poslednja posmatrana sekundarna karakteristika na radu jeste oblast istraživanja. Pored slovnih grešaka, problem je što ne postoji obavezujuća kategorizacija oblasti istraživanja. Istraživači imaju mogućnost da se opredele za različite liste koje definišu oblasti istraživanja ili slobodan unos što ovaj podatak čini nekategorizovanim.

informacionih sistema je otežana jer postoji opasnost da veza koja je uspostavljena prilikom transfera podataka bude kompromitovana što bi dovelo i do otkrivanja JMBG identifikatora nekom trećem licu. U najgorem slučaju došlo bi do zloupotrebe. Pored mogućnosti da dođe do pravnih i sigurnosnih propusta, problem sa JMBG je taj što je primenjiv samo na građane jedne zemlje. Jednu širu naučnu zajednicu čine jednim delom i istraživači koji dolaze iz drugih zemalja kao i istraživači na razmeni. Takođe, postoji određeni broj istraživača koji jesu građani posmatrane zemlje ali se privremeno nalaze u inostranstvu. U ovakvim situacijama nije moguće pratiti produktivnost jedne zajednice na osnovu JMBG identifikatora. Ako bi se neka institucija opredelila da koristi JMBG kao identifikator imala bi problem prilikom integracije u veće sisteme, pogotovu prilikom integracije sistema u međunarodne infrastrukture.

Istraživački identifikator prevazilazi pravne i sigurnosne probleme koji se javljaju kod JMBG identifikatora. Istraživački identifikator može biti javno vidljiv i dostupan ali još uvek ostaju problemi sa integracijom kao i sa prepoznavanjem stranih istraživača i istraživača koji se privremeno nalaze u inostranstvu. Postoje i drugi identifikatori ali su problemi sa kojima se suočavaju slični

kao problemi koji su predstavljeni. Kao rešenje nudi se korišćenje ORCID identifikatora.

3. IMPLEMENTACIJA I PREMENA

ORCID identifikator je razvijen kao deo evropske infrastrukture. Za razliku od alterantivnih rešenja, ORCID prevazilazi pravne i sigurnosne probleme iz razloga što je cilj ORCID da bude javno vidljiv i prepoznatljiv. Takođe, ne postoje problemi sa prepoznavanjem stranih istraživača u okviru informacionih sistema zato što je identifikator široko rasprostranjen.

Identifikator je definisan sa 16 cifara podeljenih u grupe od po 4 cifre povezanih znakom „-“. Kontrolna suma predstavljena je poslednjom cifrom ili simbolom jer može imati vrednost „X“ [3].

```

/**
 * Generates check digit as per ISO 7064 11,2.
 */
public static String generateCheckDigit(String baseDigits) {
    int total = 0;
    for (int i = 0; i < baseDigits.length(); i++) {
        int digit = Character.getNumericValue(baseDigits.charAt(i));
        total = (total + digit) * 2;
    }
    int remainder = total % 11;
    int result = (12 - remainder) % 11;
    return result == 10 ? "X" : String.valueOf(result);
}

```

Slika 1. Programski kod za proveru kontrolne sume

U prilog rasprostranjenosti ORCID identifikatora govori i podatak da je identifikovano više od 13,7 miliona aktivnih ORCID identifikatora [4]. Takođe, izdavači časopisa prepoznaju značaj ORCID identifikatora i mogu tražiti od autora da dostave svoje ORCID identifikatore tokom procesa publikovanja naučnog rada [5].



Slika 2. Primer ORCID identifikatora

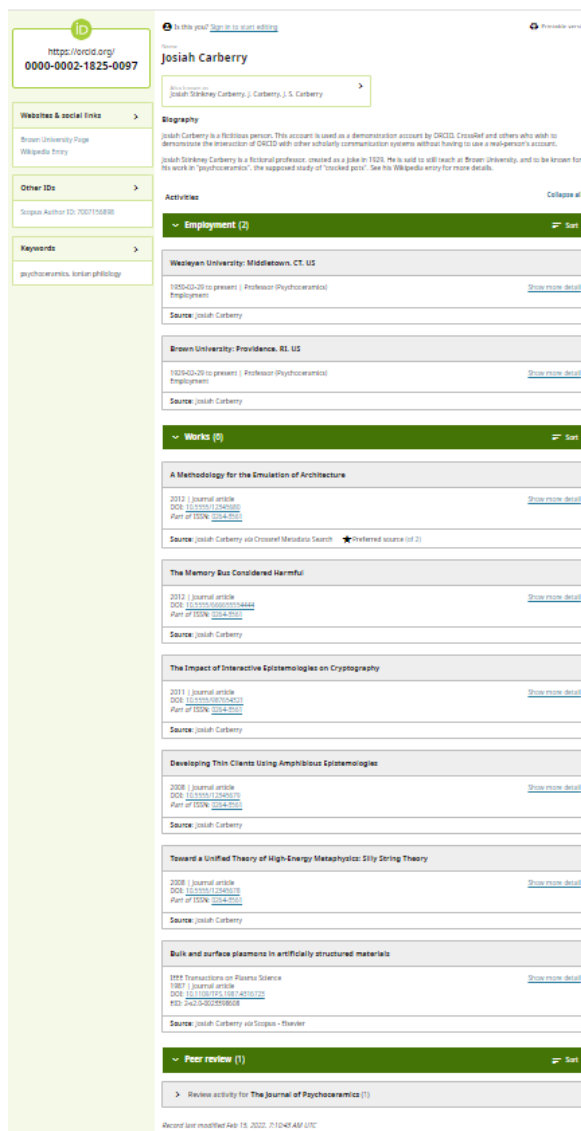
Kad je reč o integraciji, ORCID je integrisan u vodeće indeksne baze. Primer je Scopus indeksna baza, gde je moguće naučne rezultate pretraživati i na osnovu ORCID identifikatora. Kroz različite projekte ili radne aktivnosti, istraživači su u obavezi da svoje radove deponuju u sisteme koji su javno vidljivi. Često su takvi sistemi deo evropske infrastrukture. Primer sistema u kojem moguće deponovati naučne rezultate, a ujedno i uneti ORCID identifikator, je Zenodo platforma.

A) ORCID kao servis

ORCID identifikator je više od običnog identifikatora koji se može dodeliti istraživaču. Reč je o servisu koji pruža veliki broj mogućnosti istraživaču kako bi istraživač mogao bolje da organizuje svoje naučne rezultate i mogao

da na jednostavan način dođe do svoje biografije i bibliografije.

Kada se identifikator posmatra kao servis, onda za korisnika ORCID predstavlja njegov profil prema ostalim članovima i korisnicima servisa. Odnos prema identifikatoru je sličan odnosu prema profilu na društvenim mrežama. Istraživač sa svaku stavku na svom profilu može definisati stepen vidljivosti [6]. Istraživaču se preporučuje da profil redovno održava i dopunjuje sa svim podacima koji su od interesa. Takođe, preporučljivo je da profil drži javno dostupnim. Kako je reč o otvorenoj infrastrukturi u interesu istraživača je da svoj profil čini javno dostupnim. U suprotnom, podaci neće biti vidljivi korisnicima.



Slika 3. Primer profila kreiranog na ORCID servisu

B) Implementacija

ORCID je samo deo rešenja. Kako bi rešenje bilo kompletno neophodno je da postoji uspostavljena

infrastruktura i propis sa smernicama i/ili obavezama istraživača. Posedovati ORCID nije privilegija pojedinca, već mogućnost za svakog istraživača da postane deo većeg sistema. Od istraživača se očekuje jedino da bude ažuran i da unosi svoje naučne rezultate onda kad se to od njega očekuje. Ako istraživač pristupa korišćenju servisa na osnovu toga što to želi i na osnovu toga što zna da će njegovi rezultati biti vidljiviji široj naučnoj zajednici, a ne zato što ga njegova institucija primorava kroz pravne propise, onda su veće šanse da bi istraživač prihvatio odgovornost za uređivanje svog profila. Ovakav pristup rešava veći opus problema, među kojima je svakako i razrešavanje autorstava na radu.

Značajna prednost ORCID identifikatora je ta što je standardizovan. Zahvaljujući toj osobini, ORCID se može integrisati i biti deo sistema različitih namena. Integracija u informacione sisteme naučno istraživačkih organizacija, omogućava da se podaci između ORCID servisa i posmatranog informacionog sistema razmenjuju po protokolu. Zbog prirode same infrastrukture, podaci mogu biti decentralizovani, a sam informacioni sistem predstavlja jednu od pristupnih tačaka gde se naučni rezultat može pronaći.

Kako je odgovornost za tačnost podatka na istraživaču, on osim pravnih smernica/obaveza koje usvoji matična institucija nema drugih motiva za unos. Zato je potrebno naći način da se istraživač motiviše da svoje podatke unosi revnosno. Koncept otvorenosti omogućava da rezultate koje autor predstavlja kao svoje budu pouzdani ako su javno vidljivi. Koncept otvorenosti prikazan je na slici 4.



Slika 4. Koncept otvorenosti

Slika 4 pokazuje da će profili koji su javno vidljivi biti pouzdani od onih koji su zatvoreni za javnost. Razlog je taj što istraživači osećaju obavezu, ali ne i da je imaju, da podatke o sebi i svojim istraživanjima drže urednim zato što bilo ko može videti i ukazati na nepravilnosti. Ako su podaci vidljivi, a samim tim i proverljivi, povećaće se stepen pouzdanosti i tačnosti podataka [7].

ORCID profil ostavlja mogućnost da istraživači mogu prikazati i naučne rezultate koji nisu još uvek prepoznati kao naučni rezultati u zemljama iz kojih dolaze. Česti primeri takvih rezultata su skupovi podataka, programski kod ili sama otvorenost naučnih rezultata. Ponuđeno rešenje može biti i početak uspostavljanja osnovne baze za proširenje skupa kategorizovanih naučnih rezultata.

Razlog je što tek nakon što uvidimo koji su sve rezultati, tipološki, dostupni moći da definišemo proširenje postojeće kategorizacije naučnih rezultata.

C) Integracija

ORCID identifikator kao i ORCID servis moguće je implementirati u već postojeće informacione sisteme [8]. Ipak, način na koji će se izvršiti integracija zavisi od načina na koji je implementiran informacioni sistem. Sistemi se prema načinu implementacije mogu kategorizovati na sledeći način:

1. *Open source*
2. Veb stranica ili veb portal
3. Samostalna institucionalna aplikacija
4. Komercijalno rešenje – *outsourcing*

Open source rešenja su praktična iz razloga što postoji zajednica, sa većim kapacitetom od institucije, koja će brinuti o daljem unapređivanju sistema. Sa druge strane ažuriranost sistema kao i koliko će konkretna instanca pratiti nove trendove zavisi od stepena angažovanosti odgovornog lica za implementaciju sistema.

Naučne istraživačke organizacije koje imaju manji broj istraživača mogu se odlučiti za implementaciju sistema kroz podizanje veb stranice i veb portala. Odlika ovakve implementacije jeste da je struktura podataka jednostavnija nego kod ostalih kategorija implementacije. Ipak, kad je reč o integraciji sa eksternim servisima, kao što je ORCID, potrebno je razvijanje dodatnih aplikativnih interfejsa kako bi se uspostavila razmena podataka.

Samostalne institucionalne aplikacije odlikuju slične karakteristike kao i veb stranice. Model podataka može biti nešto složeniji. Ako institucija samostalno održava aplikaciju to ukazuje da postoje kapaciteti, pre svega ljudski, koji bi mogli obezbediti dalju integraciju sistema.

Kod komercijalnih rešenja, institucija ne mora brinuti o integraciji. Koliko će sistem biti integrisan i operativan u dobroj meri zavisi od toga koliko je u stanju institucija da podrži rad takvog sistema. Od svih ponuđenih rešenja, komercijalno rešenje iziskuje najviše resursa.

Bez obzira koje rešenje institucija odabere za implementaciju, treba obratiti pažnju na sledeće faktore:

1. Step en moguće integracije
2. Održivost
3. Standardizacija

Izolovani sistemi ne doprinose razvijanju infrastrukture iz razloga što se podaci, koje sistem poseduje, ne mogu preuzeti na standardizovan način. Nemogućnost uspostavljanje veze između različitih instanci sprečava korisnike da vrše pretraživanja naučnih rezultata kao i da vrše istraživanja nad podacima koji su jedino vidljivi u izolovanim sistemima.

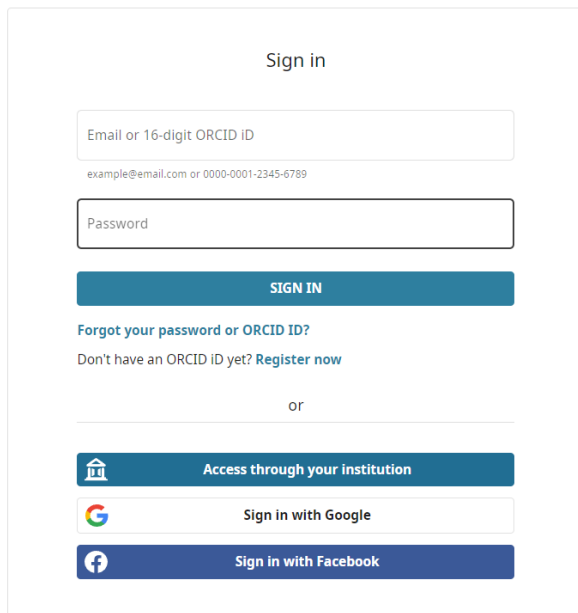
Biti deo infrastrukture iziskuje ulaganje i zauzeće resursa. Potrebno je da postoji dugoročni plan koji definiše na koji način će se pratiti novi trendovi. Implementacija novih

funkcionalnosti zajedno sa integracijom ORCID servisa, pored tehničkog znanja i mogućnosti, zahteva i domensko znanje. ORCID servis čini deo otvorene evropske infrastrukture i zahteva povremeno ažuriranje na nivou pojedinačnih instanci informacionih sistema.

Za razliku od ostalih identifikatora, ORCID je standardizovan. Institucije koje se opredele da ORCID koriste kao interni identifikator imaju mogućnost da koriste identifikator koji je definisan prema principima koji su prihvaćeni van okvira naučne zajednice jedne institucije. Na taj način obezbeđuje se veća povezanost među istraživačima kao i veća vidljivost naučnih rezultata.

D) Primena

ORCID servis pruža dodatne funkcionalnosti koje nisu direktno vezane za razrešavanje autorstva ali pružaju sporedne efekte koji motivišu istraživače da poseduju svoj ORCID identifikator. Primer je integracija aplikacije za logovanje preko ORCID broja koji je prikazan na slici 5. Kako bi se smanjilo opterećenje na lokalne sisteme i održavanje lokalne infrastrukture, bar kad je reč o kredencijalima za pristup, moguće je integrisati postupak autentifikacije na nivou eksternog identifikatora. Sličan koncept integracije se može primeniti i sa ostalim eksternim servisima koji nisu deo predložene infrastrukture, kao što je logovanje preko Google ili facebook naloga.

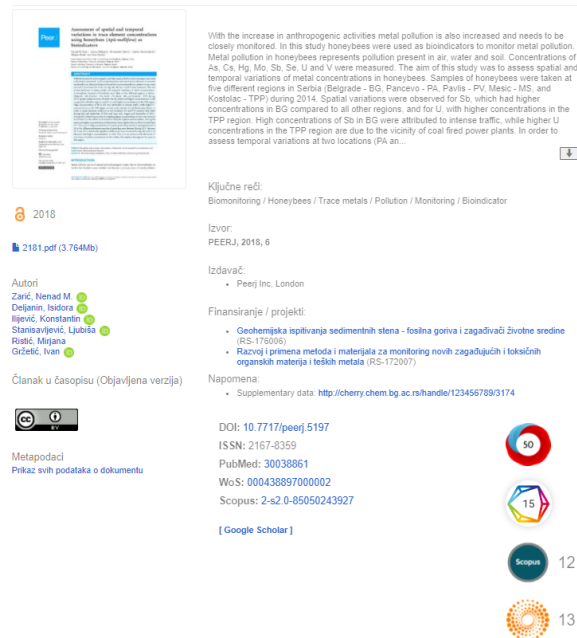


Slika 5. Integracija *Login* funkcije

Najrasprostranjeniji primeri integracije ORCID identifikatora, kod postojećih informacionih sistema koji su javno dostupni, jesu sistemi koji se baziraju na *open source* rešenjima. Međunarodna zajednica je prepoznala potencijal predloženog identifikatora i integrisala funkcionalnosti u softverska rešenja. Primer takvog softverskog rešenja, uspostavljeno je na Hemijskom

fakultetu – Univerzitet u Beogradu, koji je kroz usvojene pravilnike unapredio mogućnosti sistema i primenio funkcionalnosti platforme kako bi se podržali različiti aspekti naučnog stvaralaštva [9][10].

Assessment of spatial and temporal variations in trace element concentrations using honeybees (*Apis mellifera*) as bioindicators



Slika 6. Primer postojeće instance softverske platforme koja integriše ORCID identifikator

Za nepriviligovane institucije i istraživače, ostaje određeni broj funkcionalnosti sakriven ako konkretna implementacija informacionog sistema nema ovlašćenja za pristup veća od javnog pristupa ORCID aplikativnom interfejsu.

4. ZAKLJUČAK

Nemogućnosti preciznog određivanja autorstva na naučnim publikacijama prevazilazi opseg problema koji postoji lokalno u okviru pojedinačnih institucija. U ovom radu, mogućnosti u pristupu rešavanja problema sagledane su iz ugla pojedinačnih institucija kao i iz ugla većih naučnih zajednica. Predloženo rešenje, koje se ogleda u integraciji informacionih sistema sa ORCID servisom, na potpuno pouzdan način identifikuje autore na radu.

Predloženo rešenje ne predstavlja samo izazov za pojedince i zajednice koje dolaze iz oblasti informacionih tehnologija, već zahteva da u implementaciji rešenja budu uključeni raznovrsni profili istraživača kao i pojedinci i tela koja na različitim nivoima jesu u prilici da donesu obavezujuće odluke i smernice. Bez obzira na odabir načina na koji će se implementirati informacioni sistem, preporuka je da se prilikom odabira uzmu u obzir faktori koji definišu važne karakteristike informacionog sistema.

Integracija sa ORCID identifikatorom pruža mogućnost korišćenja i dodatnih servisa. Kad se jednom uspostavi

veza između ORCID identifikatora i informacionog sistema, lakše je pratiti i implementirati nove usluge koje se budu pružale kroz ovaj identifikator. Iako u osnovi ORCID razrešava autorstva na radu, identifikator pruža znatno veći broj mogućnosti i pogodnosti kako za istraživača kao pojedinca tako i za samu instituciju.

NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Rad je napisan u okviru projekta NI4OS-Europe – National Initiatives for Open Science in Europe (H2020 no. 857645)

LITERATURA

- [1] *Pravilnik o sticanju istraživačkih i naučnih zvanja: 159/2020-82.* (pristupano 2022, Januar 22). Pravno Informacioni Sistem. <http://www.pravno-informacioni-sistem.rs/SlGlasnikPortal/eli/rep/sgrs/ministarstva/pravilnik/2020/159/18/reg>
- [2] *Odluka o afilijaciji.* (pristupano 2022, Januar 20). Elektrotehnički Fakultet - Univerzitet u Beogradu. https://www.etf.bg.ac.rs/uploads/files/Akta_fakulteta/Odluka_o_afilijaciji.pdf
- [3] *Security check.* (pristupano 2022, Januar 23). Structure of the ORCID Identifier. <https://support.orcid.org/hc/en-us/articles/360006897674-Structure-of-the-ORCID-Identifier>
- [4] *ORCID statistics.* (pristupano 2022, Januar 25). ORCID. <https://orcid.org/statistics>

- [5] Haak, L. L., Fenner, M., Paglione, L., Pentz, E., & Ratner, H. (2012). ORCID: a system to uniquely identify researchers. *Learned Publishing*, 25(4), 259–264. <https://doi.org/10.1087/20120404>
- [6] Haak, L. L. (2013). ORCID: connecting researchers and scholars with their works. *Insights: The UKSG Journal*, 26(3), 239–243. <https://doi.org/10.1629/2048-7754.103>
- [7] Gasparyan, A. Y., Akazhanov, N. A., Voronov, A. A., & Kitas, G. D. (2014). Systematic and Open Identification of Researchers and Authors: Focus on Open Researcher and Contributor ID. *Journal of Korean Medical Science*, 29(11), 1453. <https://doi.org/10.3346/jkms.2014.29.11.1453>
- [8] Fenner, M., Gómez, C. G., & Thorisson, G. A. (2011). Collective Action for the Open Researcher & Contributor ID (ORCID). *Serials: The Journal for the Serials Community*, 24(3), 277–279. <https://doi.org/10.1629/24277>
- [9] *Platforma za otvorenu nauku.* (pristupano 2022, Januar 21). Ministarstvo Prosvete Nauke i Tehnologije Razvoja. <https://www.mpn.gov.rs/wp-content/uploads/2018/07/Platforma-za-otvorenu-nauku.pdf>
- [10] *Pravilnik o otvorenoj nauci na Univerzitetu u Beogradu - Hemijski fakultet.* (pristupano 2022, Januar 22). Hemijski Fakultet - Univerzitetu u Beogradu. http://www.chem.bg.ac.rs/fakultet/Pravilnik_o_otvorenoj_nauci-2021.pdf

RAZVOJ SOFTVERA ZA KONTROLU EKOSISTEMA PČELINJEG DRUŠTVA SA ALARMOM DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR CONTROL ECOSYSTEM OF BEE SOCIETY WITH ALARM

Andrijević Nebojša¹, Vlade Urošević²

Visoka tehnička škola strukovnih studija Novi Sad¹

Fakultet tehničkih nauka Čačak²

Sadržaj – U ovom radu prikazan je Sistem koji je dizajniran tako da pokriva kompletan ekosistem košnice. Ulazni podaci se prikupljaju sa senzora raspoređenih unutar košnice i van košnice, kao i uređaja za detektovanje kretanja ulazaka i izlazaka pčela iz košnice. U radu je prikazana i veb aplikacija za MAP (monitoring and prediction) nadzor i kontrolu mikroelektronike. Aplikacija je veb orijentisana, smeštena na cloud-u i i obavlja više taskova. Najbitniji su skladištenje podataka u bazu na vebu, prikaz snimljenih podataka u realnom vremenu, trigerovanje alarma po detektovanju odstupanja parametara, predikcija kretanja pčela. Mikroservis API na serveru izređen je u Laravel-u (PHP framework), klijent web aplikacija je izrađena u Vue.js (JavaScript framework) uz upotrebu dve biblioteke komponenti-BootstrapVue i VuuSax. Alarmi služe pčelarima za uvid u promene stanja košnica, i podeljeni su na analitičke i prediktivne izlazne vrednosti.

Analitički deo se bazira na izmerenim vrednostima, njihovom kretanju ka graničnim vrednostima i kao posledice aktivaciji alarma. Granične vrednosti predstavljaju rizične parametre koji ugrožavaju život i kretanje pčela. Prediktivni i analitički deo su u korelaciji, i služe da se kroz notifikacije upozori pčelar, i na taj način izbegnu neželjeni događaji..

Abstract - This paper presents a system that is designed to cover the complete hive ecosystem. Input data are collected from sensors located inside and outside the hive, as well as devices for detecting the movement of entrances and exits of bees from the hive.

The paper also presents a web application for MAP (monitoring and prediction) supervising and control of microelectronics. The application is web-oriented, cloud-based and multi-tasking. The most important are storing data in a database on the web, displaying recorded data in real time, triggering an alarm after detecting parameter deviations, and predicting the movement of bees. The microservice API on the server was developed in Laravel (PHP framework), the client web application was developed in Vue.js (JavaScript framework) using two libraries of components - BootstrapVue and VuuSax. Alarms are used by beekeepers to see changes in the condition of hives, and are divided into analytical and predictive output values.

The analytical part is based on the measured values, their movement towards the limit values and as a consequence the activation of the alarm. Limit values represent risk parameters that endanger the life and movement of bees. The predictive and analytical part are in correlation, and serve to warn the beekeeper through notifications, and thus avoid unwanted events.

1. UVOD

Svesnost o problemima zdravlja pčela raste, dok savesnost prema nezi pčela kasni. Poslednjih desetak godina razvijena su brojna rešenja u vidu praćenja parametara koji utiču na kretanja i život pčela. Hardverska rešenja nam pomažu prilikom prikupljanja vrlo važnih podataka, ali podaci predstavljaju statistiku dok primena softverskih rešenja otvara novu dimenziju u manipulaciji podacima. Da bi smo došli do izvedenih podataka potrebna nam je primena modela veštačke inteligencije (AI).

Sistem koji smo napravili je integrisan sa košnicom tako da prati mikroklimatska dešavanja u ekosistemu košnice. Podaci se IoT tehnologijom šalju i skladište na klaud sistem, odakle se pohranjuje aplikacija.

Aplikacija koristi izvedene podatke za brzi prikaz podataka u realnom vremenu kao i za prikazivanje alarma, koji se trigeruju u zavisnosti od predikcije AI modela koji smo razvili. Aplikacija ima i mogućnost i prećenje parametara i njihovo kretanje u odnosu na definisane granične vrednosti. Granične vrednosti su definisane kao uzroci zbog kojih pčelinje društvo menja stanje, odnosno primorano je da deluje u odnosu na normalne uslove, na šta se pčelar upozorava notifikacijama. Aplikacija na ovaj način stavlja podatke u korist pčelarima na način na koji mogu imati uvid u zdravstveno stanje košnice.

2. IOT I CLAUD SISTEMI ZA PRIKUPLJANJE I SKLADIŠTENJE PODATAKA

Orijentacija aplikacija ka vebu i claud sistemima daje veliku prednost u vidu razvoja alata sa konstantnim pristupom sistemu. Primena IoT tehnologija omogućila je implementaciju mikroelektronskih senzora i komponenata za prikupljanje podataka kojih preko GPRS sim modula smeštamo sa bilo koje lokacije u veb bazu i klaud sisteme. Zahvaljujući open source pristupu i deljenju podataka i rešenja, razvoj sistema za apikulturu raste.

Primer rešenja sistemskog pristupa monitoringa košnica koji prate pojedinačne parametre kao što su: temperatura [1], termičke promene [3], audio signali [9], medonosni prinos [8], od kojih većina koriste IoT tehnologije [7] za prikupljanje i slanje podataka u centralnu baznu stanicu.

Aplikativna rešenja za manipulaciju i prikaz podataka deo su sistema za monitoring pčela [2], [10]-[12], a neke od njih primenjuju metode veštačke inteligencije za izvođenje zaključaka i predikcije [5].

Sistem koji smo napravili [13] bazira se na IoT tehnologijama i zadužen je za prikupljanje parametara iz ekosistema košnice, što predstavlja važan set podataka sa velikog broja senzora: temperatura, vlažnost, UV i IC

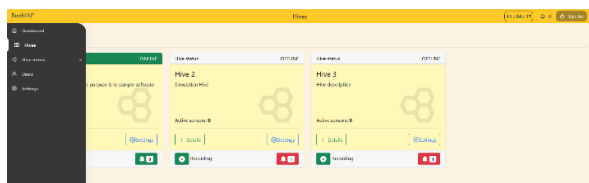
zračenje, vibracija, buka, količina i intenzitet dnevne svetlosti, kiša, intenzitet vetra, vazdušni pritisak, kvalitet vazduha, prisutnost gasova kao i ulazak i izlazak pčela iz košnice.

Ovi podaci se smeštaju na klaud sistem koji je zadužen za čuvanje i pohranjivanje aplikacije podacima. Aplikacija predstavljena u ovom radu prati trend savremenih tehnologija, responzivna je što olakšava pristup sa bilo kog uređaja (mobilnog ili desktop) koji ima pristup internetu. Trend aplikacija je da budu veb orijentisane donosi prednosti koje smo već pomenuli u uvodu, kao i lakšu nadogradnju softverskih sistema. Ne ulazeći u detalje olakšanog dela održavanja same aplikacije kao i servisa za zaštitu i filtriranje pristupa.

Ovakav pristup izgradnje aplikacija olakšava primenu modela veštačke inteligencije za analizu podataka, koji se smešta u pozadinu aplikacije.

3. WEB APLIKACIJA ZA PRIKAZIVANJE REZULTATA

Aplikacija koja smo napravili za praćenje parametara ekosistema pčela u košnici je prikazana na slici 1.



Slika 1. BeeMAP aplikacija

Sastoji se iz više celina kojima pristupamo preko dashboarda, gde imamo izbor za manipulaciju podacima i košnicama.

Možemo videti aktivne košnice i dodavati nove, gde za svaku košnicu možemo zasebno pratiti parametre u realnom vremenu kao i pregledati istoriju podataka na dnevnom, nedeljnom, mesečnom ili godišnjem nivou.

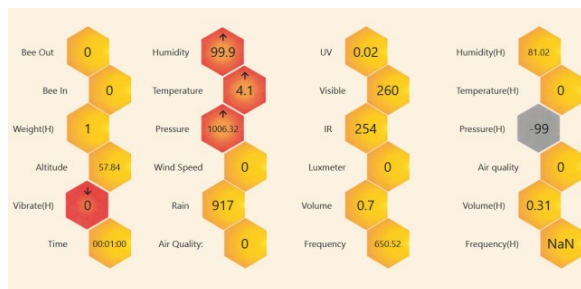
Možemo simulirati podatke kako bi se trenirao model za veštačku inteligenciju koji predviđa kretanja pčela u odnosu na zavisne parametre na satnom nivou. Model AI razvijen testiranjem vremenskih serija i različitih pristupa među kojima su ARIMA, Facebook Prophet i rekurentne neuronske mreže. Model je pokazao da verno oslikava procese gde su najbolji rezultat dale rekurentne neuronske mreže.

Zahvaljujući preciznoj predikciji možemo trigerovati alarme u veoma kratkom vremenskom periodu što pokriva jedan deo aplikativnog sistema. Predikcija prati parametre sa najvećim impaktom na kretanje pčela koji su uzeti nakon analize podataka, kao i empirijskom analizom prethodnih istraživanja objavljenih u naučnim radovima. I ostali parametri koji nisu uzeti u razvoj modela imaju uticaj na kretanje pčela ali u manjem ili zanemarljivom intenzitetu.

Na osnovu razvijenog modela aplikacija aktivira prediktivni alarm i šalje notifikacije sa upozorenjima o promenama stanja u košnici.

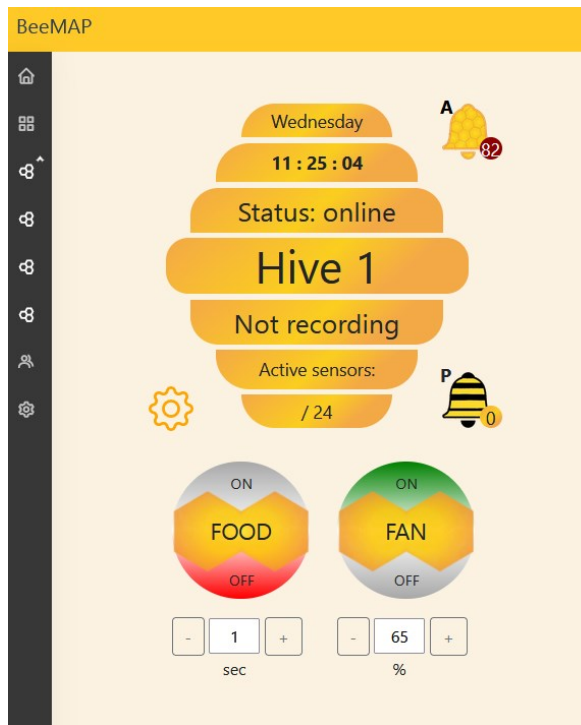
Drugi deo aplikacije koristi podatke u realnom vremenu i prati kretanja parametara analizirajući ih. U odnosu na postavke koje možemo napraviti za svaki parametar koji

se prati posebno (slika 2.), a kojim definišemo lokalna kretanja mikroklimе i frekvenciju pčela. Možemo definisati podešavanja samo za ključne parametre, sezonske ili ulaske i izlaske pčela iz košnice. Analitički deo aplikacije prati kretanja parametara u odnosu na granične vrednosti uokvirene lokalnim klimatskim uslovima. Ako se pojave odstupanja od graničnih vrednosti trigeruje se analitički alarm koji obaveštava pčelara o promenama stanja u košnici.



Slika 2. Deo parametara koji se prati iz ekosistema

Prediktivni i analitički alarm je prikazan na slici 3. na kojoj možemo pored statusa košnice videti i broj aktivnih senzora, status košnice i deo aplikacije za upravljanje košnicom putem IoT. Upravljanje košnicom na osnovu promena stanja prikazaćemo u nekom od narednih radova.



Slika 3. Prikaz statusa košnice

Sistem ovakvim pristupom uočava obrasce ponašanja i kretanja pčela i vezuje ih za parametre praveći zavisnu relaciju i na taj način pohranjuje veštačku inteligenciju.

Trend aktivnosti pčela možemo pratiti preko grafikona (slika 4.) i to za svaki parametar zasebno, kao i pogledati statističke podatke o istoriji kretanja parametara. Možemo

Pregled literature iz oblasti pametnih, adaptivnih i personalizovanih okruženja za e-učenje i tehnologija učenja

Literature review in the field of smart, adaptive and personalized e-learning environments and learning technologies

Katarina Karić, Katarina Mitrović

Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet tehničkih nauka u Čačku, 32000 Čačak

katarina.karic@ftn.kg.ac.rs, katarina.mitrovic@ftn.kg.ac.rs

Sadržaj – U ovom radu predstavljen je pregled literature iz oblasti pametnih, adaptivnih i personalizovanih okruženja za e-učenje i tehnologija učenja. U sferi edukacije uvođenje novih tehnologija omogućava učenicima da steknu znanje u bilo kom okruženju za e-učenje, na svim vrstama uređaja. Izgradnja efikasnog sistema za učenje nosi sa sobom brojne izazove, čime se javlja potreba za određenim smernicama. Jedan od najznačajnijih istraživača na polju obrazovanja je dekan Fakulteta za informatiku, Univerziteta u Severnom Teksasu, prof. dr. Kinshuk. Kroz brojne publikacije iz oblasti personalizovanih, adaptivnih i sveprisutnih sistema za učenje, kao i iz oblasti tehnologija učenja, pruža detaljne smernice i ključne faktore koje treba uzeti u obzir prilikom izgradnje ovakvih sistema. Pregled literature u određenim oblastima naučno istraživačkog rada je od izuzetnog značaja. U ovom radu akcenat je dat na adaptaciji i personalizaciji kao ključnim pojmovima za razvoj sistema za učenje. Sistematski pregled literature sproveden je u četiri koraka: planiranje pregleda, pretraga literature, analiza literature i izveštaj o rezultatima. Ključne reči pretrage su pametna okruženja za učenje, adaptacioni sistemi učenja, personalizacija, sveprisutni sistemi učenja, AR u obrazovanju, analitika učenja i dr. Ovaj pregledni rad može voditi istraživače u oblasti pametnih okruženja za učenje, pri definisanju njihovog istraživačkog fokusa. Doprinos ovog rada se ogleda u identifikaciji najrelevantnijih autora, istraživanja i institucija u ovoj oblasti. Rezultati ovog pregleda literature pokazuju da su počeci istraživanja u oblasti pametnih okruženja za učenje počela 1997. godine, što se može posmatrati kao početak naučnog razvoja ovog polja. Profesor Kinshuk se izdvaja kao jedan od najznačajnijih autora u ovoj oblasti, dok SAD imaju najveći broj naučnih publikacija u oblasti pametnih, personalizovanih i prilagodljivih okruženja za učenje. Pored toga, sprovedena je i analiza ključnih reči koje autori koriste u istraživanjima u oblasti pametnih, adaptivnih i personalizovanih okruženja za e-učenje i tehnologija učenja koje ukazuju na oblasti koje imaju najveći uticaj na razvoj edukacije. Rezultati ovog rada pokazuju ključne oblasti koje su u istraživačkom fokusu od nastanka ove oblasti do danas. Analiza pokazuje nove tematske oblasti koje imaju veliki potencijal u ovom oblasti.

Ključne reči – obrazovanje, e-učenje, Kinshuk, adaptacija, personalizacija

Abstract - This paper presents a review of the literature in the field of smart, adaptive and personalized e-learning environments and learning technologies. In the education field, the introduction of new technologies enables students to acquire knowledge in any e-learning environment, on all types of devices. Building an effective learning system brings with it a number of challenges, that necessitate certain guidelines. One of the most important researchers in the education field is the Dean of the Faculty of Informatics, University of North Texas, Prof. Dr. Kinshuk. Through numerous publications in the field of personalized, adaptive and ubiquitous learning systems, as well as in the field of learning technologies, he provides detailed guidelines and key factors to consider when building such systems. The literature review in certain areas of scientific research is of great importance. In this paper, the emphasis is on adaptation and personalization as key concepts for the learning system development. A systematic literature review was conducted in four steps: review planning, literature search, literature analysis, and results report. The search keywords were smart learning environments, adaptation learning systems, personalization, ubiquitous learning systems, AR in education, learning analytics, etc. This review paper can guide researchers in the field of smart learning environments, in defining their research focus. The contribution of this paper is reflected in the identification of the most relevant authors, research and institutions in this field. The results of this literature review show that the beginnings of research in the field of smart learning environments began in 1997, which can be seen as the beginning of the scientific development of this field. Professor Kinshuk stands out as one of the most important authors in this field, while the United States has the largest number of scientific publications in the field of smart, personalized and adaptable learning environments. In addition, an analysis of keywords used by the authors in research in the field of smart, adaptive and personalized e-learning environments and learning technologies was conducted, which indicates the areas that have the greatest impact on the development of education. The results of this paper show the key areas that have been in the research focus from the beginning of this area until today. The analysis shows new thematic areas that have a great application potential in this field.

Keywords – education, e-learning, Kinshuk, adaptation, personalization

1. UVOD

Tehnologija je oduvek imala veoma značajan uticaj na razvoj svih sfera života, bilo da je u pitanju poslovanje, zdravstvo ili edukacija. U oblasti edukacije, odnosno obrazovanja, uvođenje informaciono-komunikacionih tehnologija (IKT) dovelo je do razvoja okruženja za e-učenje koja omogućavaju učenicima pristup velikoj količini materijala, na bilo kom mestu i u bilo mom trenutku, na svim vrstama uređaja. Rapidan razvoj online i kombinovanog obrazovanja povećava važnost sistema za učenje, koji mogu pomoći studentima u odsustvu ljudskog faktora/predavača, a takođe omogućavaju i brojne prednosti za predavače, koji se suočavaju sa povećanom potrebom za nastavom na mreži. Sa porastom upotrebe pametnih okruženja za učenje, online učenja, sveprisutnog računarstva i analitike učenja, prilagodljiva i personalizovana okruženja za učenje zauzimaju sve veći primat i kao posledica toga, javlja se potreba za izgradnjom efikasnog okruženja za učenje. Izgradnja efikasnog sistema za učenje nosi sa sobom brojne izazove, čime se javlja potreba za određenim smernicama. Dekan Fakulteta za informatiku, Univerziteta u Severnom Teksasu, prof. dr Kinshuk, kao jedan od autora koji kroz svoje brojne publikacije iz oblasti personalizovanih, adaptivnih i sveprisutnih sistema za učenje, kao i iz oblasti tehnologija učenja, pruža detaljne upute, tj. smernice za predavače i izdvaja ključne faktore koje treba uzeti u obzir prilikom izgradnje ovakvih sistema [1].

Pregled literature u određenim oblastima naučno istraživačkog rada je od izuzetnog značaja, i samim tim veliki broj autora se bavi pisanjem preglednih radova. Autori [2] se bave sprovođenjem sveobuhvatne bibliometrijske analize u oblasti pametnih okruženja za učenje. Studija obuhvata istraživačke trendove, produktivnost naučnika i tematski fokus naučnih publikacija u oblasti pametnih okruženja za učenje. Rezultati ove bibliometrijske analize pokazuju da je prvi rad o pametnim okruženjima za učenje objavljen 2002. godine, dok se rad [3] koji zagovara transformaciju iz klasičnog u pametno učenje izdvaja kao najcitiraniji rad među analiziranim dokumentima. Sjedinjene Države imaju najveći broj naučnih produkcija i ostale su najrelevantnija zemlja u oblasti pametnih okruženja za učenje. Ključne reči kao što su analitika učenja, adaptivno učenje, personalizovano učenje, ostaju u trendu. Nadalje, tematska analiza pokazuje da je virtuelna stvarnost nova tema pametnih okruženja za učenje, koja je još u razvoju. Kako pojmovi virtuelne stvarnosti zauzimaju sve veći primat današnjice, u radu [4] sprovedeno je istraživanje u okviru koga autori daju sistematski pregled literature iz oblasti upotrebe proširene realnosti (AR) kao obrazovne tehnologije koja uzima u obzir potrebe svih učenika, uključujući i one sa invaliditetom. Nakon sprovedenog istraživanja, pokazalo se da je upotreba AR od velikog značaja u oblasti inkluzivnog obrazovanja. Autori navode brojne prednosti uvođenja AR, kao što su: motivacija, interakcija i stvaranje interesa kod učenika.

Ova istraživanja, kao i istraživanje u ovom radu mogu voditi istraživače u oblasti pametnih okruženja za učenje,

pri definisanju njihovog istraživačkog fokusa. U ovom radu dat je sistematski pregled literature, korišćen kao tehnika koja omogućava pristup ovom naučno-istraživačkom pitanju, a kao rezultat toga dobijen je sveobuhvatan pregled naučnog korpusa iz već pomenutih oblasti. Doprinos ovog pregleda literature se ogleda u identifikaciji najrelevantnijih autora, istraživanja i institucija u ovoj oblasti. Pored toga, sprovedena je i analiza ključnih reči koje autori koriste u istraživanjima u oblasti pametnih, adaptivnih i personalizovanih okruženja za e-učenje i tehnologija učenja koje ukazuju na oblasti koje imaju najveći uticaj na razvoj u sferi edukacije.

U narednom poglavlju data je metodologija istraživanja. U trećem poglavlju prikazan je pregled literature prof. dr Kinshuka i njegovih saradnika iz oblasti pametnih, adaptivnih i personalizovanih okruženja za e-učenje i tehnologija učenja od 1997. do 2021. godine. U četvrtom poglavlju dati su rezultati istraživanja. U petom poglavlju istaknuti su osnovni zaključci ovog rada i date su preporuke za buduća istraživanja.

2. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

U ovom radu akcenat je dat na adaptaciji i personalizaciji kao pojmovima kojima treba težiti i implementirati ih kroz razvoj sistema za učenje. Prilagodljivost i personalizacija se mogu posmatrati kao pojmovi koji su itekako slični. Prilagodljivost se može posmatrati iz perspektive okruženja za učenje, dok se personalizacija posmatra iz perspektive jednog učenika [5]. I prilagođavanje i personalizacija za cilj imaju povećanje efikasnosti i uspešnosti u učenju, kao i povećanje zadovoljstva kod učenika. Samim tim, javlja se potreba za razvojem adaptivnih i personalizovanih okruženja za učenje. Ove dve jako bitne osobine sistema postižu se na dva načina. Prvi je prilagođavanje kroz iniciranje od strane korisnika sistema, dok je drugi izazvan od strane samog sistema na osnovu parametara, profilisanja samog korisnika i njegovog ponašanja [5].

Sistematski pregled literature sproveden je u četiri koraka i to: planiranje pregleda, pretraga literature, analiza literature i izveštaj o rezultatima. Planiranje pregleda literature podrazumeva definisanje kategorija i potkategorija analize, odnosno definiciju oblasti u okviru kojih će se vršiti pretraga naučno istraživačkih radova. U okviru ovog rada, ključne kategorije za pretragu su: Pametna adaptivna i personalizovana okruženja za učenje (engl. Smart adaptive and personalized learning environments), analitika učenja (engl. Learning analytics), tehnologije učenja (engl. Learning technologies), sveprisutna mobilna okruženja za učenje (engl. Mobile, ubiquitous and location aware learning systems). Fokus je bio na radovima čiji je autor prof. dr Kinshuk i to sa akcentom na oblast adaptivnih personalizovanih sistema za učenje. Pretraga literature vršena je putem otvorenih baza podataka za radove, kao što su: Google Scholar [6] i ResearchGate [7]. U ovom radu sprovedena je i analiza ključnih reči koje autori koriste u publikacijama. Analiza ključnih reči je od suštinskog značaja za istraživanje aktuelnih tema i fokusa naučnika na tom polju [8].

3. PREGLED LITERATURE

Klasifikacija publikacija iz oblasti pametnih, adaptivnih i personalizovanih okruženja za e-učenje i tehnologija učenja izvršena je počevši od 1997. god. zaključno sa 2021. godinom. Pregled literature koncipiran je kroz dva poglavlja. U prvom delu dat pregled publikacija od 1997-2010. godine sa akcentom na autora prof. dr Kinshuka. U drugom delu su analizirane publikacije od 2011-2021. godine.

3.1. PREGLED LITERATURE U PERIODU OD 1997-2010. GODINE

Rezultati istraživanja [9] o prilagodljivosti i personalizaciji u okruženjima za učenje iz 1997. godine ukazuju na potrebe prilagođavanja sistema učenja korisnicima, sa posebnim akcentom na primeni inteligentnih sistema učenja i kancelarijskih aplikativnih sistema. U okviru publikacije [10] objavljene 2003. godine autori se takođe bave adaptacijom u okviru sistema za učenje, i to na osnovu istraživanja korisnika u takvim sistemima.

Mobilno učenje zauzima sve veći primat i postaje tema istraživanja od 2004. godine. Istraživanja [11] i [12] se bave arhitekturom i prototipom mobilnog sistema za učenje koji vrši prilagođavanje na osnovu profila korisnika. Sistem radi i na računarskim i na mobilnim platformama, što omogućava učenicima i nastavnicima lakši pristup uslugama. Pored mobilnog učenja, akcenat je stavljen i na stilove učenja u ovakvim okruženjima zasnovanim na webu [13], ali i na sinhronizaciji u nastavi [14]. Tokom 2006 i 2007. godine autori se bave sistemima za upravljanje učenjem (LMS), koji se obično koriste u e-učenju, ali pružaju malu, ili u većini slučajeva, nikakvu prilagodljivost. Stoga se pružanje adaptivnih kurseva u LMS-u prema predloženom konceptu u radovima [15] i [16] može smatrati efikasnim u pružanju podrške studentima u učenju.

Prilagođavanje profilu učenika nezavisno od njegove lokacije je predstavljao veliki izazov u ovom periodu obzirom na tehničke smetnje i probleme pristupa, o čemu govore i autori radova [17] i [18]. Tokom 2009. godine autori se kroz publikacije [19], [20] i [21] osvrću na problem odnosa nastavnik-učenik u kontekstu praćenja ponašanja učenika na virtuelnom kursu, u poređenju sa tradicionalnim sistemom. Omogućavanje nastavnicima da upoznaju stilove učenja svojih učenika i osveščivanje učenika o sopstvenim stilovima učenja povećava razumevanje nastavnika i učenika o procesu učenja. Tokom istraživanja došlo se do zaključka da izgradnja pametnih personalizovanih i prilagodljivih sistema doprinosi boljem razumevanju načina na koji učenici sa dobrim uspehom i lošim uspehom uče i pruža informacije za identifikaciju učenika koji bi mogli imati poteškoća u učenju.

Tokom 2010. godine pružanje adaptivnih funkcija i personalizovane podrške, uzimajući u obzir stilove učenja u sistemima za učenje koje za cilj ima da učenicima

olakša učenje u smislu smanjenja njihovih napora i povećanja njihovih performansi, jedna je od ključnih tema istraživanja [22] i [23]. Mehanizmi za proširenje funkcionalnosti LMS -a su deo fokusa istraživanja [24], sa ciljem da se učenicima ponude kursevi koji odgovaraju njihovim individualnim stilovima učenja, primenom adaptivnog sortiranja i adaptivnog označavanja. Međutim, istraživanja [25] i [26] su pokazala da učenici obično doživljavaju izolaciju i otuđenost u virtuelnim okruženjima za učenje. Rezultati pokazuju da korisnički interfejs i društvena obeležja imaju značajne efekte na prisutnost društvene dimenzije u e-sistemima za učenje.

3.2. PREGLED LITERATURE U PERIODU OD 2010-2021. GODINE

Sticanje znanja i rešavanje problema su složeni kognitivni procesi. Iskustvo stečeno prilikom rešavanja problema vremenom se može zaboraviti i u nekim slučajevima se ne može primeniti na nove probleme. Nakon višegodišnjeg istraživanja, autori studije [27], objavljene 2013. godine, su imali za cilj da pruže prototip okruženja za učenje gde je kognitivni alat zasnovan na vizuelizaciji dizajniran da učini razmišljanje i učenje u kontekstu problema lakšim i da poveže aktivnosti rešavanja problema i sticanja znanja tokom procesa učenja.

Personalizacija za promovisanje inkluzivnog učenja korišćenjem AR je rastuće područje interesovanja tokom 2014. godine. Autori rada [28] su predstavili sistematski pregled literature o proširenoj stvarnosti u obrazovnim okruženjima. Sa globalizacijom obrazovanja i rapidnim razvojem IKT-a, razlike među učenicima su se višestruko povećale i zadovoljavanje raznovrsnih potreba učenika je postao kompleksan proces. Prilagodljivi i personalizovani softveri i platforme za učenje zauzimaju sve veći primat od 2015. godine, pogotovu u oblasti sveprisutnih okruženja, tj. mobilnih okruženja, o čemu svedoče istraživanja [29] i [30]. Međutim, uprkos interesovanju za mobilna okruženja i implementaciju istih, prihvatanje mobilne tehnologije od strane predavača bili su ograničeni iz mnogo razloga. U istraživanju [31] kreiran je model prihvatanja tehnologije sa tri varijable: digitalna pismenost, IKT anksioznost i samoeфикаsnost nastave IKT-a. Autori definišu dva ključna faktora koja utiču na upotrebu i percepciju nove tehnologije od strane korisnika. Prvi faktor je percipirana korisnost, koja predstavlja stepen do kojeg osoba veruje da će određena tehnologija biti korisna za njen život, a drugi je mera stepena za koji pojedinac veruje da je određena tehnologija laka za korišćenje.

Pametna okruženja za učenje nastaju kao posledica inicijative za primenu učenja obogaćenog tehnologijom koje za cilj ima poboljšanje iskustva u učenju omogućujući učenicima pristup digitalnim resursima i interakciju sa sistemima za učenje sa bilo kog mesta u bilo koje vreme, o čemu svedoče i publikacije [3], [32], [33], [34], [35] iz 2016. i [36] 2017. godine.

Podrška nastavnika učenicima u sveprisutnim okruženjima za učenje postaje jedno od istraživačkih

pitanja, ali i itekako veliki izazov, iz više razloga kao što su fizička udaljenost i nedostatak pouzdane komunikacije putem multimedija u realnom vremenu. S obzirom na ove izazove, autori studije slučaja [37] tokom 2018. godine predlažu arhitekturu za sistem podrške nastavnicima. Sistem je implementiran u obliku interaktivne nastavne kontrolne table, tako da interfejs predlaže moguća rešenja za izazove u učenju, dok konačnu odluku donosi nastavnik. Drugo istraživačko pitanje u ovom periodu bavi se izgradnjom sistema za učenje za autohtone učenike u formalizovanim obrazovnim okruženjima [38].

Felder i Silverman model stila učenja opisan u radu [39] koristi se za prilagođavanje vizuelnog aspekta kursa različitim stilovima učenja. Ovaj alat za analizu kursa ima potencijal da poboljša dizajn kursa i omogući bolji uvid u performanse učenika. Istraživanja [40] pokazuju da poznavanje ličnosti učenika može poboljšati interakciju učenika sa ponudjenim sadržajima sistema. U radu je predstavljena metoda za profilisanje učenika u inteligentnom Moodle sistemu, koja koristi pristup analitike učenja sa Bajesovom mrežom. Autori istraživanja [41] razmatraju prednosti AR u obrazovanju, kao što je povećanje motivacije učenika. Autori su kreirali okvir za dizajniranje motivacionih AR aplikacija, koji vrši efikasnu evaluaciju pažnje, relevantnosti, poverenja i zadovoljstva kod učenika.

Tehnološki i pedagoški napredak poslednjih godina, posebno u oblasti analitike učenja, učinio je evoluciju tradicionalnih okruženja za učenje ka pametnim okruženjima za učenje mnogo bržim i efikasnijim [42]. Istraživanja tokom 2021. godine se najviše bave pitanjem o tome koje komponente treba uzeti u obzir za personalizovan pristup učenju koji je u stanju da pruži jedinstveno i efektivno iskustvo učenja za svakog učenika [43]. Rezultati ukazuju na potrebu za dinamičnim okruženjem za učenje, kako bi se vodila evidencija o interesima i stavovima učenika, kao i o prošlim iskustvima i performansama, u cilju poboljšanja budućih aktivnosti. Kako učenici mogu slobodno pristupiti obrazovnim resursima na mreži, što za prednost ima smanjenje troškova učenja, poboljšanje kvaliteta učenja i olakšavanje razmene znanja, odabir najprikkladnijih resursa među hiljadama objavljenih i dostupnih na mreži predstavlja veliki izazov. Autori u radu [44] raspravljaju o tome kako bi integracija novih tehnologija, kao što su blockchain, IoT, algoritmi za obradu obrazovnih podataka i slične, mogla imati pozitivan uticaj na poboljšanje učenja zasnovanog na otvorenom pristupu resursima za učenje.

4. REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati i diskusija pretražene literature predstavljeni su kako bi odrazili rast i trendove istraživanja u pomenutim oblastima. Prvi radovi o adaptaciji i personalizaciji datiraju još od 1997. godine, i predstavljaju osnovne koncepte razvoja sistema za edukaciju do današnjeg dana. Tokom ranih 2000-ih godina razvoj virtuelnog obrazovanja i sistema za e-učenje beleži nagli porast. Intenzitet inovacija u oblasti IKT-a uticao je i na promene



Slika 1. Ključne reči u oblasti pametnih, adaptivnih i personalizovanih okruženja za e-učenje i tehnologija učenja

u načinu vršenja nastave. Mobilno učenje i sveprisutna okruženja za učenje su trendovi nastali u ovom periodu koji se i u današnje vreme integrišu sa novim tehnologijama u cilju njihovog stalnog usavršavanja. U drugoj polovini 2000-ih godina autori istražuju oblast LMS-a i njihov potencijal u adaptaciji i personalizaciji. U ovom periodu se fokus prebacuje i na identifikaciju različitih stilova učenja, koji predstavlja bitan koncept za personalizaciju e-sistema za učenje. Takođe, identifikuju se i određene prepreke za implementaciju predloženih modela poput tehničkih problema i problema osećaja izolacije i otuđenosti kod korisnika sistema. Ovi problemi otvorili su nove poglede na virtuelnu edukaciju i odredili pravac mnogobrojnih istraživanja u periodu koji je sledio.

Tokom 2010-ih godina autori su fokusirani na poboljšanje vizuelnog aspekta okruženja za učenje i istraživanja su usmerena ka korisnicima. Kako bi e-učenje dostiglo svoj pun potencijal i kako bi se strah od uvođenja i prihvatanja novih tehnologija i negativnih strana koje one donose prevazišao, kreirani su razni modeli za prihvatanje tehnologije, podršku korisnicima, prilagođavanje dizajna kurseva, integraciju ličnosti učenika u sistem i slično. U ovom periodu istraživačka pitanja su usmerena na oblasti tehnika i stilova učenja, modelovanja, tj. profilisanja učenika i primene AR u obrazovanju. U drugoj polovini 2010-ih godina veliki uticaj na razvoj e-obrazovanja ima veštačka inteligencija (AI) što dovodi do razvoja pametnih okruženja za učenje. Istraživanja od 2020. godine do danas zadržavaju svoj fokus u oblastima analitike učenja, prilagodljivih i personalizovanih sistema za učenje i primene AR i AI u edukaciji. Pametne tehnologije otvaraju nova istraživačka pitanja u ovoj oblasti, kao i moguće istraživačke izazove i pravce tokom 2022. godine i ubuduće.

Na osnovu pregleda literature mogu se identifikovati ključni pojmovi koji su obeležili razvoj edukacije od 1997. godine do današnjeg dana. Slika 1. prikazuje ključne reči u pretraženim publikacijama. Centralni pojmovi su učenje i online učenje. Koncepti koji imaju veoma značajno mesto u oblasti razvoja obrazovanja su okruženje, tehnologija, adaptacija i personalizacija. Pored toga, ključni koncepti u ovoj oblasti su i mobilni sistemi, LMS, stilovi učenja, AR, IoT, pametni sistemi i drugi. Identifikovani koncepti mogu poslužiti autorima za

prepoznavanje trendova, kao i budućih istraživanja u ovoj oblasti, kao oslonac za određivanje pravca daljeg razvoja e-učenja, načina rešavanja problema koje inovacije u oblasti edukacije donose i slično.

5. ZAKLJUČAK

Edukacija je jedna od najznačajnijih sfera života i njenim razvojem se bavi veliki broj istraživača. IKT su oduvek imale značajan uticaj na napredak sistema obrazovanja i pružaju veliki potencijal primene u ovoj oblasti. Iako su tradicionalne metode učenja i dalje u velikoj meri prisutne u obrazovanju, e-okruženja za učenje imaju takođe značajnu ulogu, a poslednjih godina se sve više teži ka uvođenju pametnih sistema za učenje. Ovaj rad se bavi pregledom literature u oblasti pametnih, adaptivnih i personalizovanih okruženja za e-učenje i tehnologija učenja što značajno doprinosi uočavanju trendova razvoja ove oblasti i pruža smernice za dalji napredak.

Rezultati ovog pregleda literature pokazuju da su počeci istraživanja u oblasti pametnih okruženja za učenje počela 1997. godine, što se može posmatrati kao početak naučnog razvoja ovog polja. Prof. dr Kinshuk je jedan od najznačajnijih naučnika u ovoj oblasti, što dokazuje veliki broj publikacija i njihov značajan naučni doprinos i uticaj na razvoj obrazovanja. Rad [3] prof. dr Kinshuka, objavljen 2016. godine, izdvaja se kao najcitiraniji rad među analiziranim dokumentima, dok SAD imaju najveći broj naučnih publikacija u oblasti pametnih, personalizovanih i prilagodljivih okruženja za učenje. Osvrt na literaturu prezentovan u ovom radu pokazuje da su ključne oblasti istraživanja od samog početka istraživanja analitika učenja, tehnike i stilovi učenja, adaptivno učenje i okruženje, personalizovano učenje, sveprisutno i mobilno učenje, i dalje ostale sfera interesovanja i istraživačkog fokusa u ovoj oblasti. Analiza pokazuje da su tematske oblasti poput AR u edukaciji, IoT i „blockchain“ tehnologija nove teme istraživanja, ali ih je potrebno dalje razvijati kako bi se uspostavilo više korelacija sa pametnim učenjem.

ZAHVALNICA

Istraživanja prezentovana u ovom radu su finansirana sredstvima Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja RS, Ugovor br. 451-03-68/2022-14/200132, čiji je realizator Fakultet tehničkih nauka u Čačku Univerziteta u Kragujevcu.

LITERATURA

[1] Kinshuk's Website. Dostupno na: <http://www.kinshuk.info/all-2/> (pristupano 10.02.2022)

[2] Agbo, F.J., et al. „Scientific production and thematic breakthroughs in smart learning environments: a bibliometric analysis“, *Smart Learning Environments* 8, no. 1, pp. 1-25, 2021.

[3] Kinshuk, Chen, N. S., Cheng, I., i Chew, S. W. „Evolution is not enough: Revolutionizing current learning environments to smart learning environments“,

International Journal of AI in Education, 26(2), pp. 561-581, 2016.

[4] Quintero, J., et al. „Augmented reality in educational inclusion. A systematic review on the last decade“, *Frontiers in psychology*, 10, 1835, 2019.

[5] Kinshuk. „Developing Adaptive and Personalized Learning Environments“, New York, NY: Routledge, 20116.

[6] Google Scholar. Dostupno na: <https://scholar.google.com/> (pristupano 10.02.2022)

[7] ResearchGate. Dostupno na: <https://www.researchgate.net/> (pristupano 10.02.2022)

[8] Song, Y., et al. „Exploring two decades of research on classroom dialogue by using bibliometric analysis“, *Computers in Education*, 137, pp. 12–31, 2019.

[9] Oppermann, R., Rasher, R., i Kinshuk. „Adaptability and adaptivity in learning systems“, *Knowledge transfer*, 2, pp. 173-179, 1997.

[10] Kinshuk, i Patel, A. „User exploration based adaptation in adaptive learning systems“, *International Journal of Information Systems in Education*, 1(1), pp. 22-31, 2003.

[11] Goh, T. i Kinshuk. „Getting ready for mobile learning“, *EdMedia+ Innovate Learning*, AACE, pp. 56-63, 2004.

[12] Kinshuk i Chen, J. „Mobile technology in educational services“, *Journal of Educational Multimedia and hypermedia*, 14(1), pp. 89-107, 2005.

[13] Hong, H. i Kinshuk. „Adaptation to student learning styles in web based educational systems“, *EdMedia+ Innovate Learning*, AACE, pp. 491-496, 2004.

[14] Chen, N. S., Ko, H. C., Kinshuk i Lin, T. „A model for synchronous learning using the Internet“, *Innovations in Education and Teaching International*, 42(2), pp. 181-194, 2005.

[15] Graf, S., i Kinshuk. „An approach for detecting learning styles in learning management systems“, *Sixth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, pp. 161-163, 2006.

[16] Graf, S. i Kinshuk. „Providing adaptive courses in learning management systems with respect to learning styles“, *E-Learn: World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education*, AACE, pp. 2576-2583, 2007.

[17] Graf, S. i Kinshuk. „Adaptivity and personalization in ubiquitous learning systems“, *Symposium of the Austrian HCI and Usability Engineering Group*, Springer, pp. 331-338, 2008.

[18] Kinshuk, Graf, S., i Yang, G. „Adaptivity and personalization in mobile learning“, *Technology, Instruction, Cognition and Learning (TICL)*, 8, pp. 163-174, 2009.

- [19] Kinshuk, Liu, T. C. i Graf, S. „Coping with mismatched courses: students' behaviour and performance in courses mismatched to their learning styles“, *Educational Technology Research and Development*, 57(6), pp. 739-752, 2009.
- [20] Graf, S., Kinshuk i Liu, T. C. „Supporting teachers in identifying students' learning styles in learning management systems: An automatic student modelling approach“, *Journal of Educational Technology & Society*, 12(4), pp. 3-14, 2009.
- [21] Chen, I. Y., Chen, N. S. i Kinshuk. „Examining the factors influencing participants' knowledge sharing behavior in virtual learning communities“, *Journal of Educational Technology & Society*, 12(1), pp. 134-148, 2009.
- [22] Graf, S., Liu, T. C. i Kinshuk. „Analysis of learners' navigational behaviour and their learning styles in an online course“, *Journal of Computer Assisted Learning*, 26(2), pp. 116-131, 2010.
- [23] Essalmi, F., Ayed, L. J. B., Jemni, M., Kinshuk i Graf, S. „A fully personalization strategy of E-learning scenarios“, *Computers in Human Behavior*, 26(4), pp. 581-591, 2010.
- [24] Graf, S., Kinshuk i Ives, C. „A flexible mechanism for providing adaptivity based on learning styles in learning management systems“, *10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, pp. 30-34, 2010.
- [25] Chen, N. S., Kinshuk, Wei, C. W. i Liu, C. C. „Effects of matching teaching strategy to thinking style on learner's quality of reflection in an online learning environment“, *Computers & Education*, 56(1), pp. 53-64, 2011.
- [26] Wei, C. W., Chen, N. S. i Kinshuk. „A model for social presence in online classrooms“, *Educational Technology Research and Development*, 60(3), pp. 529-545, 2012.
- [27] Wang, M., Wu, B., Kinshuk, Chen, N. S. i Spector, J. M. „Connecting problem-solving and knowledge-construction processes in a visualization-based learning environment“, *Computers & Education*, 68, pp. 293-306, 2013.
- [28] Bacca Acosta, J. L., et al. „Augmented reality trends in education: a systematic review of research and applications“, *Journal of Educational Technology and Society*, 2014, vol. 17, no. 4, pp. 133-149, 2014.
- [29] Kinshuk, K. „Adaptive learning software and platforms“, J. Spector (Ed.), *The SAGE encyclopedia of educational technology*, pp. 8-10, 2015.
- [30] Kinshuk, K. i Huang, R. „Roadmap for adaptive and personalized learning in ubiquitous environments“, *Ubiquitous learning environments and technologies*, pp. 1-13, 2015.
- [31] Mac Callum, K., Lynn, J. i Kinshuk. „Factors impacting teachers' adoption of mobile learning“, *Journal of Information Technology Education: Research*, 13, 141, 2014.
- [32] Kinshuk, Chen, N. S., Cheng, I. i Chew, S. W. „Evolution is not enough: Revolutionizing current learning environments to smart learning environments“, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(2), pp. 561-581, 2016.
- [33] Yang, J., Yu, H., Huang, R. i Kinshuk. „The Learning Preferences of Digital Learners in K-12 Schools in China“, *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(4), pp. 1047-1064, 2016.
- [34] Popescu, E., et al. „Innovations in smart learning“, Springer Singapore, 2017.
- [35] Alturki, U. T., Aldraiweesh, A. i Kinshuk. „Evaluating the usability and accessibility of LMS “Blackboard” at King Saud University“, *Contemporary Issues in Education Research*, 9(1), pp. 33-44, 2016.
- [36] Loewen, J., Kinshuk, Suhonen, J. i Chen, N. S. „I-SLATE: designing a culturally relevant framework for authentic learning“, *Smart Learning Environments*, 4(1), pp. 1-18, 2017.
- [37] Mottus, A., et al. „Teacher facilitation support in ubiquitous learning environments“, *Technology, Pedagogy and Education*, 27(5), pp. 549-570, 2018.
- [38] Loewen, J., Kinshuk i Suhonen, J. „I-DIGEST framework: towards authentic learning for indigenous learners“, *Smart Learning Environments*, 5(1), pp. 1-16, 2018.
- [39] El-Bishouty, M. M., et al. „Use of Felder and Silverman learning style model for online course design“, *Educational Technology Research and Development*, 67(1), pp. 161-177, 2019.
- [40] Tlili, A., et al. „Automatic modeling learner's personality using learning analytics approach in an intelligent Moodle learning platform“, *Interactive Learning Environments*, pp. 1-15, 2019.
- [41] Acosta, J. L. B., Navarro, S. M. B., Gesa, R. F., & Kinshuk. „Framework for designing motivational augmented reality applications in vocational education and training“, *Australasian Journal of Educational Technology*, 35(3), 2019.
- [42] Kinshuk. „Smart Learning Environments and Learning Analytics: A Section Introduction“, *Learning, Design, and Technology*, Springer, Cham, 2020.
- [43] Shemshack, A., Kinshuk i Spector, J. M. „A comprehensive analysis of personalized learning components“, *Journal of Computers in Education*, 8(4), pp. 485-503, 2021.
- [44] Tlili, A., et al. „Towards utilising emerging technologies to address the challenges of using Open Educational Resources: a vision of the future“, *Educational Technology Research and Development*, 69(2), pp. 515-532, 2021.



YU-S5-EBP

**Računarska edukacija i
velike baze podataka**

SOFTVERSKA APLIKACIJA ZA UKLJUČIVANJE STUDENATA U PROCES PRIJAVLJIVANJA NA PROJEKTE SOFTWARE APPLICATION FOR STUDENT INVOLVEMENT IN THE PROJECT APPLICATION PROCESS

Zdravko Ivanković¹, Dejan Savičević¹, Dragan Dukić¹, Zlatko Maksimović¹, Siniša Maksimović¹,
Saša Sudar¹

Visoka škola za obrazovanje vaspitača i poslovnih informatičara "Sirmium", Sremska Mitrovica, Srbija¹

Sadržaj – Rad se bavi definicijom i značenjem projekata i njihovim upravljanjem u 21. om veku. Drugi deo rada se bavi izborom najbolje tehnologije za kreiranje jednog softverskog rešenja za upravljanje projektima. Ovaj softver ima za cilj aktivnije uključivanje studenata u proces prijavljivanja na projekte. Svaki projekat ima određena ograničenja koja uključuju troškove, vreme, kvalitet, rizik i resurse. Moderan način upravljanja ovim ograničenjima podrazumeva korišćenje softvera koji je primarno kreiran za tu svrhu. U ovom radu će biti detaljno prikazana implementacija jednog ovakvog rešenja. Ono se sastoji od klijentske i serverske strane. Serverska strana je implementirana pomoću .NET Core tehnologije koja omogućava nezavisnost od operativnog sistema servera na kom će se izvršavati. Klijentska strana je implementirana u Blazor tehnologiji, koja predstavlja najnoviju Microsoft tehnologiju za izradu Web stranica. Komunikacija između servera i klijenta je realizovana pomoću REST protokola.

Abstract - The paper is involved with the definition and meaning of projects and their management in the 21st century. The second part of the paper deals with the selection of the best technology for creating a software solution for project management. This software aims to involve students more actively in the project application process. Each project has certain limitations that include cost, time, quality, risk and resources. A modern way of managing these restrictions involves using software that was primarily created for that purpose. In this paper, the implementation of such a solution will be presented in detail. It consists of client and server side. The server side is implemented using .NET Core technology that allows independence from the operating system of the server on which it will run. The client side is implemented in Blazor technology, which is the latest Microsoft technology for creating web pages. Communication between the server and the client is realized using the REST protocol.

1. UVOD

Termin projekat se često koristi i može se definisati na više načina. Projekat je privremeni napor usmeren ka cilju da se stvori jedinstveni rezultat. Projekat ima jasno definisane faze, a njegov uspeh meri se time da li ispunjava postavljene ciljeve [1]. Prema ISO standardu, projekat je jedinstven proces, sastavljen od niza koordiniranih i kontrolisanih aktivnosti, sa datumom početka i završetka, preuzet kako bi ostvario rezultat u skladu sa specifičnim zahtevima unutar vremenskih,

troškovnih i resursnih ograničenja [2]. Projekat je privremeni poduhvat koji se preduzima radi stvaranja jedinstvenog proizvoda, usluge ili rezultata [3].

Iako postoji veliki broj definicija projekta, sve one imaju približno iste karakteristike. Treba uzeti u obzir nekoliko ključnih karakteristika projekta: 1) projekti su razumljivi i jasno definisani delovi posla, 2) svaki projekat je drugačiji, 3) projekti su privremene aktivnosti, 4) projekti imaju krajnji rezultat, 5) projekti imaju jasan cilj [4].

Projekti koje raspisuje određeni državni organi, naučne institucije ili Evropska unija imaju za cilj rešavanje određenih aktuelnih problema u privredi ili društvu. Dati projekti uključuju angažovanje većeg broja ljudi i potrebno je pravilno upravljati njima kako bi se došlo do željenog rezultata. Kako bi upravljanje projektima učinili što efikasnijim, razvijena je softverska platforma koja ima za cilj efikasno upravljanje projektima i uključivanje studenata u njihov rad. Ona omogućava da se više korisnika poveže na određeni projekat. Da im se definišu zadaci i pod zadaci i da se prati njihovo angažovanje, kako sa vremenskog aspekta, tako i sa aspekta ispunjenosti zadataka koji su pred njih postavljeni.

2. UPRAVLJANJE PROJEKTIMA

Strukturiranje oko upravljanja projektima i znanje kako koristiti tehnike za završetak vaših projekata na vreme donosi bezbrojne prednosti. Međutim, postoji pet neposrednih prednosti dobrog upravljanja projektima sa kojima bi svaki menadžer projekata trebao biti upoznat:

POBOLJŠANJE PRODUKTIVNOSTI

Upravljanje projektima poboljšava produktivnost i smanjuje troškove i radno opterećenje. Krajnji cilj upravljanja projektima i planiranja je efikasnost. Cilj je da se učini što je moguće više za što je moguće manje vremena. Upravljanje projektom pomaže u stvaranju optimizovane metodologije. Jednom kada se kreiraju procesi i procedure, moguće ih je ponovo koristiti sa svakim projektom i tačno se može znati na šta se može računati. Ovo će automatski umanjiti rizike i poboljšati efikasnost.

POBOLJŠANJE SARADNJE

Upravljanje projektima poboljšava saradnju. Ako je sve u vezi sa projektom strukturirano i članovi tima tačno znaju

šta treba da rade u bilo kom trenutku, biće im mnogo lakše upravljati. Osim toga, svako će raditi ono što najbolje zna.

ZADOVOLJSTVO KRAJNJIH KORISNIKA

Upravljanje projektima poboljšava zadovoljstvo kupaca. Budimo iskreni: Menadžer projekta je odgovoran za to da svi budu srećni. Ovo je jako teško postići bez adekvatnog upravljanja projektima. Primarna odgovornost menadžera projekta treba da bude da obezbedi da se svi radovi završe na vreme, u okviru budžeta i obima, na ispravnom nivou performansi [5].

PERFORMANSE

Upravljanje projektima pomaže da se poboljšaju performanse članova projektnog tima. Ukoliko postoji organizovan način praćenja performansi i rezultata od projekta do projekta, moguće je uraditi određene kvalitativne i kvantitativne analize. One će direktno omogućiti da se sam projekat bolje razume, a samim tim i poboljša. Bez strukturiranog procesa, neko teško može pretpostaviti zašto je projekat propao. Ali ako se pridržava zacrtanih procesa, lako se mogu primetiti uska grla i razumeti promenljive koje dovode projekte u opasnost.

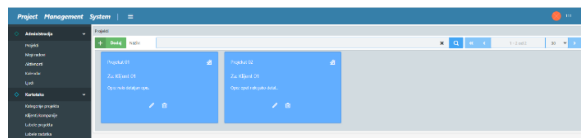
REŠAVANJE PROBLEMA

Upravljanje projektima pomaže u rešavanju problema. Konačno, uvek postoje problemi u projektima. Na kraju krajeva, uključeno je mnogo promenljivih delova. Međutim, kada koristite Project Management metodologiju, znate tačno kako pristupiti problemu. Strukturiran način organizovanja posla može čak pomoći da se uklone problemi u pupoljku ili da ih uočite pre nego što nanese štetu samom projektu.

3. SOFTVER ZA UPRAVLJANJE PROJEKTIMA

Postoji veći broj različitih softverskih rešenja za upravljanje projektima. Neki od poznatijih su npr. Microsoft Project i Active Collab. U okviru ovog rada kreiran je softver za upravljanje projektima koji ima za cilj upravljanje projektima pre svega raspisanim od strane evropske unije i aktivnu uključivanje studenata u njegovu realizaciju. Softver sadrži više jednostavnih formi, kao što su forme za dodavanje tipa projekta, kategorije projekta i sl., ali i složene forme kao što je forma koja sadrži i prikazuje sve projekte koji postoje u bazi. Aplikacija je dizajnirana tako da korisnik može da klikne na svaki pojedinačni projekat i da tačno vidi koji to zadaci i pod zadaci postoje u okviru izabranog projekta.

Prilikom pokretanja aplikacije, prva forma koju će korisnik videti jeste forma za logovanje. Nakon uspešnog logovanja korisnik će biti prebačen na sledeću formu koja prikazuje osnovni izgled aplikacije. Ona je prikazana na slici 1.



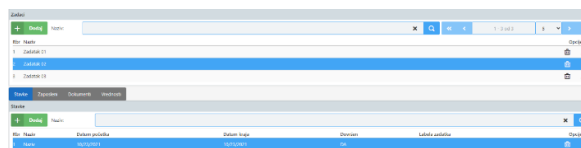
Slika 1. Forma sa spiskom projekata

Sa leve strane korisnik ima "sidebar" u okviru kog može da izabere koju formu želi da vidi. Sa desne strane se vide objekti koji su sačuvani u određenoj tabeli. Svaka forma je tipa CRUD (Create, Read, Update, Delete), što znači da korisnik kroz te forme može da čita postojeće podatke, da dodaje nove unose i da menja i briše postojeće.

Klikom na dugme "Dodaj" korisniku će biti prikazan "popup" prozor za dodavanje novog projekta, kao što je prikazano na slici 2. Ova forma sadrži 10 polja za dodavanje, od kojih je prvo obavezno. Ukoliko korisnik ne unese vrednost za naziv projekta projekat neće biti sačuvan u bazi. Tip projekta, kategorija projekta i klijent/kompanija su strani ključevi i da bi mogli da dodamo vrednosti za ova polja mi prvo moramo imati vrednosti u tim "jednostavnim" formama. Tip budžeta je enum, tip podatka koji se koristi za lakše upravljanje i ažuriranje koda, a ostala polja su tipa bool, što znači da mogu imati samo jednu od dve vrednosti – true ili false.

Slika 2. Forma za kreiranje novog projekta

Svaki projekat će biti predstavljen u obliku kartice koja unutar sebe sadrži naziv projekta, naziv klijenta za koga se radi taj projekat, kao i opis koji se vidi samo do određenog broja karaktera, ostatak će biti prikazan sa 3 tačkice. Pored tekstualnog prikaza, kartica sadrži i dva dugmića za izmenu i brisanje postojećeg projekta. Klikom levog tastera miša na bilo koji projekat korisnik će biti prebačen na formu zadataka (Slika 3). Ova forma ima i 4 podstavke.



Slika 3. Forma zadataka

Nakon što korisnik doda određeni zadatak koji se odnosi na izabrani projekat sledeći korak je dodatno definisanje tog zadatka. U okviru tab-a za stavke korisnik može da unese pod zadatke tog zadatka i da tačno napiše kad treba početi sa radom na tom pod zadatku i do kada taj pod

zadatak treba završiti. Ukoliko je zadatak završen samo treba čekirati opciju "Dovršen".

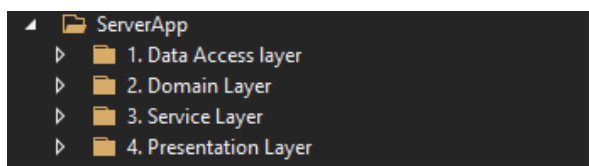
Takođe, moguće je videti članove projektnog tima koji rade na određenom zadatku. U svakom trenutku se može videti ko radi na kom zadatku. Tabela za članove tima osim što sadrži njihovo ime i prezime, sadrži i informacije o tome da li je njima dodeljen zadatak i od kad do kad on treba da ga uspešno završi.

4. STRUKTURA PROJEKTA

Sistem za upravljanje projektima koji je opisan u ovom radu je kreiran koristeći sledeće programske jezike i tehnologije: C#, Blazor, JavaScript, HTML, CSS, Bootstrap i EntityFramework Core.

Sama aplikacije je organizovana kao serverska aplikacija koja se instalira na određenom serveru; i klijentska aplikacija koja se instalira na računaru krajnjeg korisnika.

Arhitektura serverskog dela aplikacije je podeljena u nekoliko foldera radi bolje organizacije koda i lakšeg održavanja samog softvera. Izgled ovih foldera u okviru razvojnog okruženje Microsoft Visual Studio je prikazana na Slici 4.

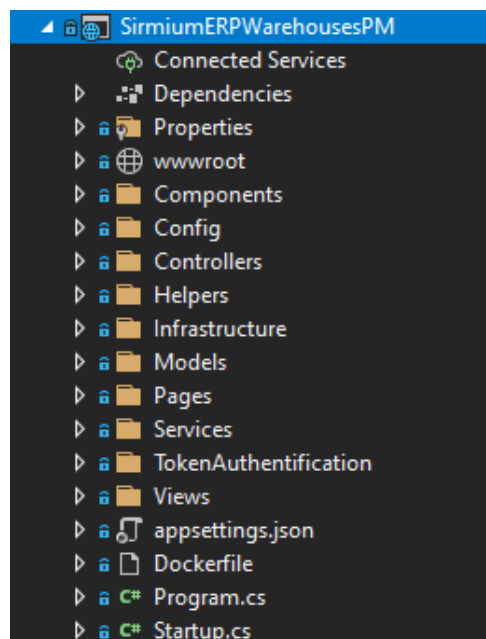


Slika 4. Organizacija serverskog dela aplikacije

Sa prethodne slike možemo videti da imamo četiri foldera. Razvoj svake funkcionalnosti započinje od Domain Layer-a. U okviru njega se kreiraju klase koje predstavljaju sam domen problema. Ove klase predstavljaju i osnovu za objektno-relaciono mapiranje pomoću Entity Framework-a koji će date klase pretvoriti u tabele u bazi podataka. Drugi sloj koji se programira jeste Data Access Layer. Ovo je sloj koji sadrži klase za pristup bazi podataka. Treći sloj je Service Layer. On sadrži poslovnu logiku i algoritme samog izvršavanja koji su neophodni da bi se ostvario željeni cilj softvera. Poslednji sloj koji se programira jeste Presentation Layer. To je sloj kontrolera koji preko REST protokola omogućavaju da zahtevi od strane klijenta stignu do serverskog dela, kao i da serverska aplikacija vrati podatke ka klijentu. Ova komunikacija se odvija u JSON formatu koji predstavlja standard za prenos podataka između klijentskih i serverskih aplikacija.

Frontend deo aplikacije je urađen pomoću Blazor tehnologije. Blazor omogućava kreiranje interaktivnih web-korisničkih interfejsa koristeći C# umesto JavaScript-a. Blazor aplikacije se sastoje od komponenti web-korisničkog interfejsa za višekratnu upotrebu implementiranih korišćenjem C#, HTML i CSS. Kod klijenta i servera je napisan u C#-u, što omogućava da se kod i biblioteke dele. Blazor radi na "vrhu" .NET Core-a,

pružajući web-server za vaš projekat koji će opsluživati datoteke klijentu koje se pokreću u pregledaču i koje pokreću bilo koji serverski API koji je potreban Blazor projektu. .NET Core je Microsoftovo rešenje za rad na više platformi s obzirom da se može koristiti na Windows, Linux i Mac operativnim sistemima. Izgled Blazor projekta u okviru Visual Studio-a je prikazan na slici 5.



Slika 5. Organizacija klijentskog dela aplikacije

Blazor aplikacije omogućavaju kreiranje Web baziranog korisničkog interfejsa pomoću C# programskog jezika. On je baziran na Web Assembly tehnologiji koja donosi značajno ubrzanje u izvršavanju aplikacije jer se kod kompajlira i pretvara u binarni oblik. Cela arhitektura je bazirana na komponentama i ponovnoj upotrebljivosti. Klijentski deo aplikacije upućuje zahteve ka serverskom delu preko servisa koji se ovde implementiraju. Odgovor koji se dobija se prikazuje korisnicima pomoću razor komponenti koje predstavljaju kombinaciju C# i HTML jezika. Kako bi se dobio lepši vizuelni prikaz krajnje aplikacije, korišćen je Bootstrap 4.0, dok su određene komponente dodatno stilizovane pomoću CSS programskog jezika.

5. ZAKLJUČAK

Rad detaljno opisuje arhitektura sistema za upravljanje projektima (Project Management System). Kao i većina aplikacija, pa tako i ova aplikacija ima dva osnovna dela: FrontEnd i BackEnd. Serverska strana je složenija i sadrži mnogo više foldera i klasa. FrontEnd je kreiran kroz Blazor komponente. Softver je kreiran sa ciljem da pruži optimalniji način upravljanja projektima unutar visoke škole strukovnih studija. Kroz samo nekoliko klikova korisnici aplikacije (članovi projektnog tima) u svakom trenutku mogu da vide koji projekti postoje u bazi, koji zadacu i podzadaci se vezuju za određeni projekat, ko radi na kom zadatku, koji Word i PDF dokumenti se koriste za određeni projekat itd.

Ova aplikacija se može u budućnosti proširiti sa novim formama i funkcionalnostima. Mogu se dodati različiti grafikoni za praćenje rada na zadacima, mogu se ubaciti formule za izračunavanje rada zaposlenog na određenom zadatku i sl.

Nakon što se aplikacija pusti u rad korisnici će kroz određeni period njenog korišćenja moći da iznesu svoje mišljenje o njoj, koje će se uzeti u obzir prilikom daljih unapređenja softvera

NAPOMENA

Rad je nastao kao rezultat rada na projektu "Integracija studenata u proces apliciranja na međunarodne projekte za transfer tehnologije u privredu" koji je finansiran od strane Pokrajinskog sekretarijata za visoko obrazovanje i naučnoistraživačku delatnost u okviru programa "Za finansiranje razvojnoistraživačkih projekata visokih škola strukovnih studija s teritorije AP Vojvodine".

LITERATURA

- [1] Eby, K. "The Complete Glossary of Project Management Terminology".
- [2] Avlijaš R., Avlijaš G., "Upravljanje projektom", Univerzitet Singidunum, 2020.
- [3] "A guide to the project management body of knowledge", Project Management Institute, 2017.
- [4] "Project Characteristics: Key elements that define a project", Insights Spotter, 2021
- [5] Heagnev, J. "Fundamentals of project management", American Management Association, 2012

SOFTVER ZA UČENJE I TESTIRANJE SQL JEZIKA SOFTWARE FOR LEARNING AND TESTING SQL LANGUAGE

Tamara Šekularac¹, Filip Hadžić², Stefan Tubić², Maja Vukasović²

Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu¹

Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu²

Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu³

Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu⁴

Sadržaj – Većina postojećih alata koja pruža mogućnost pisanja i izvršavanje SQL upita napravljena je u svrhe razvoja, dok je mali broj alata napravljen u svrhe edukacije. Tokom rada sa studentima na početnom kursu iz baza podataka na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu, primećeno je da se studenti teže snalaze u alatima napravljenim u svrhe razvoja i potrebe industrije, u okviru kojih ne koriste veliki broj dostupnih funkcionalnosti, dok alati napravljeni u svrhe edukacije imaju odsustvo određenih funkcionalnosti za potrebe kursa. Dakle, postojeći alati nisu zadovoljili potrebe kursa za obavljanje nastave, predispitnih i ispitnih obaveza. Kako bi se problem rešio razvijen je alat pod nazivom Cactus za potrebe učenja SQL jezika i obavljanja studentskih predispitnih i ispitnih obaveza na početnom kursu iz baza podataka. Razvijen alat omogućava pisanje i izvršavanje SQL upita nad SQLite bazom podataka koja se pokazuje kao lakša za učenje SQL jezika od drugih baza podataka, rad sa projektima i zadacima u okviru njih, mogućnost provere napisanog rešenja za određeni zadatak nad određenim podacima u bazi podataka. Rad sa projektima i zadacima u okviru njih omogućava studentima da kroz grafički interfejs mogu da uporede rezultat napisanog upita sa očekivanim rezultatom. Omogućeno je da studenti mogu nad istom bazom podataka da rade više zadataka, tako da SQL upiti napisani u jednom zadatku ne utiču na ostale zadatke, dakle promena baze je vidljiva samo zadatku koji je tu promenu napravio. Za svaki zadatak napravljen u okviru projekta nastavnik može definisati očekivani rezultat koji student ne može promeniti ili izbrisati. Alat ima mogućnost zabrane izmena nad bazom sa ciljem odbrane od malverzacija. Mogućnost čuvanja zadataka u okviru projekta doprinela je prenosivosti zadataka kao i studentskih rešenja. Alat je razvijen u Java programskom jeziku, kao Java program sa grafičkim korisničkim interfejsom koji radi bez potrebe pristupa internetu, dok je njegov izvršni fajl javno dostupan. Alat se primenjuje za potrebe obavljanja auditornih vežbi, laboratorijskih vežbi i ispita na početnom kursu iz baza podataka.

Abstract - Most of the existing tools that provide the ability to write and execute SQL queries are made for development purposes, while a small number of tools are made for education purposes. During the work with students in database systems introductory course in School of Electrical Engineering University of Belgrade, it was noticed that students find it harder to get used to tools made for development purposes and for the needs of industry, when they do not use many available functionalities, while tools made for educations have the

absence of certain functionalities for the needs of the course. Thus, the existing tools did not meet the needs of the course for teaching, pre-examination, and examination obligations. To solve the problem, a tool called Cactus was developed for the purpose of teaching SQL and student pre-examination and examination obligations in database systems introductory course. The developed tool enables writing and executing SQL queries over SQLite database which proves to be easier to learn SQL than other databases, work with projects and tasks within them, possibility to check written solution for specific task over certain data in database. Working with projects and tasks within them allows students to compare the result of a written query with the expected result through a graphical interface. It is possible for students to work on multiple tasks on the same database, so that SQL queries written in one task do not affect other tasks, so the change of the database is visible only to the task that made that change. For each task made within the project, the teacher can define the expected result that the student cannot change or delete. The tool has the ability to prohibit changes to the database in order to protect against fraud. The ability to save tasks within the project contributed to the portability of the tasks as well as student solutions. The tool was developed in the Java programming language, as a Java program with a graphical user interface that works without the need for Internet access, while its executable file is publicly available. The tool is used for the purposes of performing auditory exercises, laboratory exercises and exams in database systems introductory course.

1. UVOD

Postoji dosta sistema za upravljanje relacionim bazama podataka koji se međusobno razlikuju u pouzdanosti, upotrebljivosti, sigurnosti i performansama [1]. Karakteristike po kojima se takvi sistemi razlikuju definisane su u knjizi koja je navedena literaturi [2]. Postoji dosta alata za rad sa sistemima za upravljanje relacionim bazama podataka. Većina takvih alata napravljena je za potrebe razvoja, odnosno za potrebe firmi koje rade sa relacionim bazama podataka. Alati za potrebe razvoja imaju tendenciju da poseduju veliki broj funkcionalnosti kako bi mogli više da pruže industriji i da na taj način budu više korišćeni. U radu sa SQL jezikom omogućavaju pisanje DDL, DML, DCL iskaza, kreiranje funkcija, procedura, okidača, indeksa, rad sa planom izvršavanja i druge napredne funkcionalnosti. U manjini su alati napravljeni za potrebe edukacije koji rade sa relacionim bazama podataka. Ovakvi alati nužno ne

moraju da poseduju veliki broj funkcionalnosti i da pruže sve što alati korišćeni u industriji pružaju. Alati za potrebe edukacije imaju ciljanu namenu, da edukuju ljude u određenoj oblasti. Alati za potrebe razvoja se takođe dosta koriste u edukaciji ali obično za specijalizovane kurseve. Alati za potrebe razvoja pružaju veliki broj funkcionalnosti koji se u edukaciji nužno ne koriste, dok alata za potrebe edukacije nema mnogo i ne pružaju neke od potrebnih funkcionalnosti. Kao rešenje problema napravljen je novi alat čija je namena edukacija studenata u određenim temama SQL jezika. Ovaj alat pruža dovoljno funkcionalnosti za potrebe edukacije na kursu, uz određene funkcionalnosti koje olakšavaju rad studenata i nastavnika.

Ostatak rada je organizovan na sledeći način. U drugom poglavlju biće reči o postojećim alatima, njihovim karakteristikama, prednostima i manama. Biće opisan kurs iz Baza podataka 1 na kojem se stvorila motivacija za razvoj novog alata. U trećem poglavlju biće detaljno opisan razvijen alat, zajedno sa njegovim funkcionalnostima i slučajevima za njegovo korišćenje. Biće reči o implementaciji razvijenog alata. Četvrto poglavlje će zaključiti rad.

2. POSTOJEĆI ALATI

Danas postoji širok spektar alata različite namene koji rade sa sistemima za upravljanje relacionim bazama podataka (SURBP). Spisak dosta naprednih, popularnih i dosta korišćenih SURBP, alata koji su njihovi klijenti, kao i neke od njihovih osobina prikazane su u tabeli 1. Među alatima za SURBP u tabeli 1 su navedeni SQL Server Management Studio [3], Visual Studio [4], Oracle SQL Developer [5], Oracle Instant Client [6], MySQL Workbench [7], phpMyAdmin [8], pgAdmin [9], DB Browser for SQLite [10], SQL Fiddle [11]. Navedeni alati se razlikuju po tome sa kojim SURBP rade, da li implementiraju SURBP ili su njegov klijent, da li

poseduju grafički korisnički interfejs, kao i po skupu funkcionalnosti koje poseduju.

Alati navedeni u tabeli 1, osim SQL Fiddle, su dosta zastupljeni u radnom okruženju dosta firmi koje rade sa relacionim bazama podataka, odnosno dosta se koriste u industriji i napravljeni su u te svrhe. U zavisnosti sa kojim relacionim bazama podataka firma radi izabraće određeni podskup navedenih alata. Alati poseduju dosta funkcionalnosti koje su potrebne u razvoju kao što su rad sa funkcijama, procedurama, okidačima, indeksima, planom izvršavanja i druge.

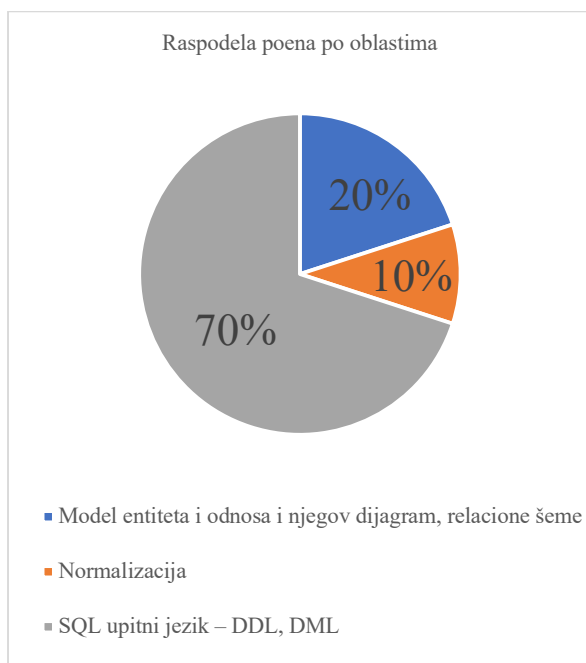
Alati navedeni u tabeli 1 se koriste i na mnogim univerzitetima, u edukaciji i obično u okviru kurseva koji se bave usko stručnom temom. Alati poseduju veliki broj naprednih funkcionalnosti koje se izučavaju u okviru specijalizovanih kurseva na univerzitetima. Primer takvog kursa je „SQL Server administrator“. SQL Fiddle je alat koji je web klijent za veći broj SURBP i koristi se u svrhe edukacije kao pomoćno sredstvo za učenje SQL upitnog jezika.

Na univerzitetima postoje i početni kursevi za studente koji se prvi put susreću sa relacionim bazama podataka. Primer jednog takvog kursa nosi naziv Database Systems na fakultetu Massachusetts Institute of Technology [12]. Kurs pod nazivom Baze podataka 1 (BP1) na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu [13], predstavlja uvodni kurs za rad sa sistemima za upravljanje relacionim bazama podataka. BP1 se održava u trećem semestru na odseku Softversko inženjerstvo i u petom semestru na odseku Računarska tehnika i informatika. Studenti sa oba odseka se ovde prvi put susreću sa relacionim bazama podataka i upitnim jezikom SQL. Raspodela poena po oblastima je: model entiteta i odnosa, njegov dijagram i prevođenje modela u relacione šeme - 20 poena, normalizacija i normalne forme - 10 poena, SQL upitni jezik i to DDL i DML - 70 poena. Raspodela

Tbl. 1. Popularni i dosta korišćeni alati

Naziv alata	Proizvodač/kreator	SURBP klijent	Poseduje grafički korisnički interfejs
SQL Server	Microsoft	Ne	Ne
SQL Server Management Studio	Microsoft	Da, za SQL Server	Da, desktop
Visual Studio	Microsoft	Da, za SQL Server	Da, desktop
Oracle Database	Oracle	Ne	Ne
Oracle SQL Developer	Oracle	Da, za Oracle Database	Da, desktop
Oracle Instant Client	Oracle	Da, za Oracle Database	Ne
MySQL	Sun Microsystems	Ne	Ne
MariaDB	MariaDB Corporation Ab	Ne	Ne
MySQL Workbench	Oracle	Da, za MySQL i MariaDB	Da, desktop
phpMyAdmin	The phpMyAdmin Project	Da, za MySQL i MariaDB	Da, web
PostgreSQL	PostgreSQL Global Development Group	Ne	Ne
pgAdmin	Dave Page	Da, za PostgreSQL	Da, desktop i web
SQLite	D. Richard Hipp	Ne	Ne
DB Browser for SQLite	Mauricio Piacentini, Raquel Ravanini, Pete Morgan, Martin Kleusberg, Justin Clift, John T. Haller, D. Richard Hipp	Da, za SQLite	Da, desktop
SQL Fiddle	Jake Feasel	Da, za MySQL, Oracle Database, PostgreSQL, SQLite, SQLServer	Da, web

poena prikazana je na slici 1. Na kursu se odrađuju dva kolokvijuma, dve laboratorijske vežbe i ispit. Prvi kolokvijum obuhvata gradivo iz modela entiteta i odnosa, crtanje dijagrama, prevođenje modela entiteta i odnosa u relacionu šemu. Drugi kolokvijum obuhvata gradivo iz normalizacije i normalne forme i to prvu, drugu, treću i Bojs-Kodovu normalnu formu. Prva laboratorijska vežba, druga laboratorijska vežba i ispit obuhvataju gradivo iz SQL upitnog jezika. Na kursu 70% ocene nosi SQL i tri od pet aktivnosti pokrivaju SQL. Na osnovu ovoga postoji potreba za korišćenjem adekvatnog alata za učenje SQL upitnog jezika u vreme odvijanja auditornih vežbi kao i za potrebe ocenjivanja znanja studenata iz SQL upitnog jezika u vreme prve laboratorijske vežbe, druge laboratorijske vežbe i ispita.



Sl. 1. Raspodela poena po oblastima na kursu Baze podataka 1

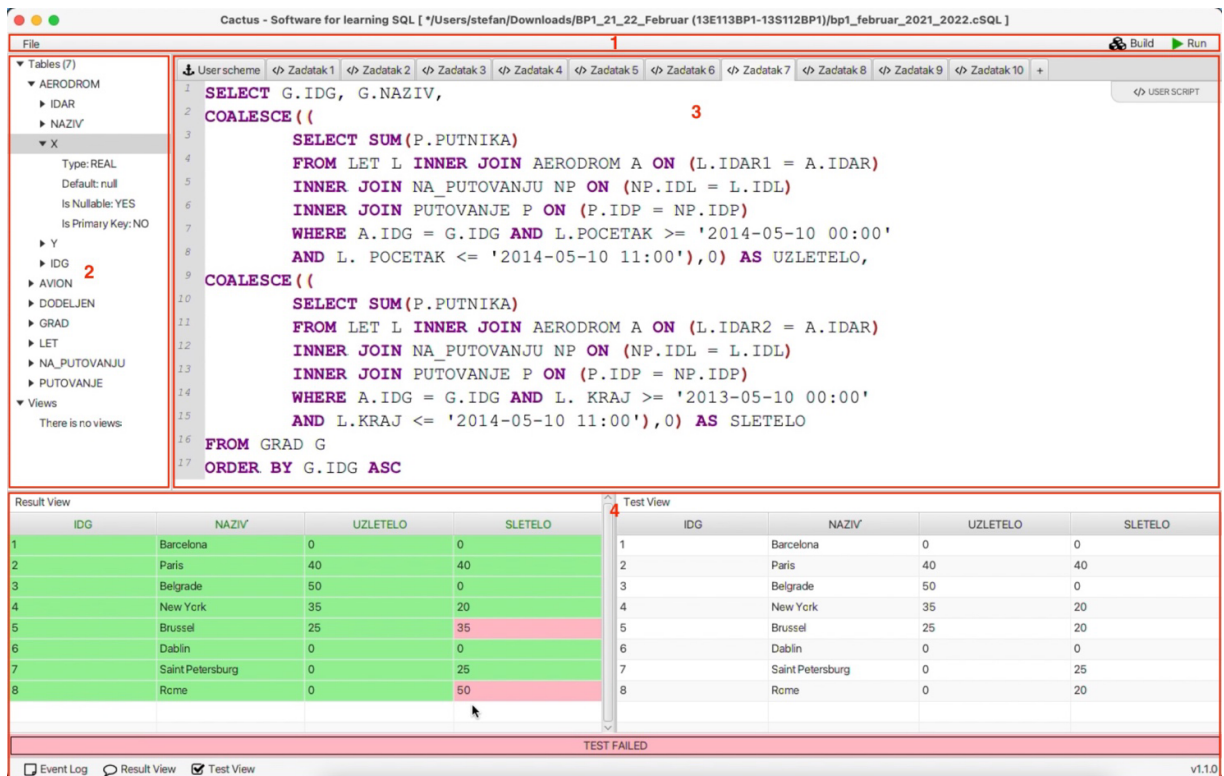
Na kursu BP1 iz oblasti SQL upitnog jezika izučavaju se Data Modification Language i to SELECT, UPDATE, INSERT, DELETE iskazi, Data Definition Language i to CREATE, DROP, ALTER iskazi. Alati iz tabele 1 pored funkcionalnosti koji su potrebni kursu BP1 poseduju veliki broj funkcionalnosti koje se na kursu ne izučavaju kao što su rad sa funkcijama, procedurama, okidačima, indeksima, planom izvršavanja i druge. Alati iz tabele 1 ne pružaju funkcionalnosti koje bi omogućile lakše dostavljanje zadataka i podataka studentima, veću razumljivost dobijenih zadataka i podataka sa kojima se radi, prikupljanje studentskih rešenja, zaštitu od malverzacija kao i proveru znanja studenata nakon odrađenih laboratorijskih vežbi i ispita. Nedostatak navedenih funkcionalnosti u postojećim alatima, koje su bile potrebne za odvijanje kursa BP1, bio je motivacija autorima rada, istovremeno i asistentima na kursu BP1, da

naprave novi alat za učenje i testiranje SQL jezika pod nazivom Cactus.

3. ALAT CACTUS

Alat Cactus je softver koji kroz grafičko korisničko okruženje korisniku pruža mogućnost rada sa relacionom bazom podataka. Izgled alata je prikazan na slici 2. Rad sa relacionom bazom podataka u alatu realizovano je skupom funkcionalnosti koje se koriste u različitim slučajevima upotrebe što je opisano u nastavku.

Grafičko okruženje alata prikazano na slici 2 sastoji se iz četiri dela koja su na slici uokvirena crvenom bojom. Uokvireni deo označen brojem 1 je meni bar koji sadrži padajući meni File, koji omogućava kreiranje novog projekta, otvaranje postojećeg projekta, čuvanje izmena otvorenog projekta. Projekat se čuva kao tekstualni fajl sa ekstenzijom cSQL. Pored padajućeg menia nalaze se dugme Build koje vrši kreiranje baze podataka definisane SQL skriptom u okviru otvorenog projekta, i dugme Run koje izvršava SQL kod napisan u otvorenom tabu projekta. Uokvireni deo označen brojem 2 je prozor koji omogućava pregled strukture prethodno kreirane baze podataka i to pregled tabela, njihovih kolona, ograničenja na nivou kolona i pogleda. Uokvireni deo označen brojem 3 sastoji se od niza tabova koji su sastavni deo otvorenog projekta. Prvi tab predstavlja SQL skriptu koja vrši kreiranje baze podataka, dok ostali tabovi sadrže napisan SQL kod koji se naknadno može izvršiti. Prilikom pisanja SQL koda od strane korisnika, alat vrši bojenje koda u skladu sa leksikom SQL jezika. Pre izvršavanja SQL koda, alat vrši njegovu sintaksnu i semantičku proveru. Prilikom izvršavanja sintaksno i semantički ispravnog SQL koda napisanog u jednom tabu alat izvršava u okviru zasebne transakcije nad kojom na kraju vrši operaciju rollback, što onemogućava izmenu i brisanje podataka u već kreiranoj bazi. Alat koristi SQLite [14] iz više razloga. SQLite implementira standard SQL jezika, fajl format je prenosiv po različitim platformama, nije težak za konfiguraciju, pokazuje se kao ne tako težak za učenje i dostupan je njegov izvorni kod koji se može slobodno koristiti. Uokvireni deo označen brojem 4 predstavlja prozor sa tri funkcionalnosti. Prva funkcionalnost je prozor Event log i omogućava pregled događaja alata, kao što su rezultati sintaksne ili semantičke provere, broj redova u dobijenom rezultatu, uspešnost izvršavanja SQL koda. Druga funkcionalnost je Result View i prikazuje podatke dobijene izvršavanjem SQL upita. Treća funkcionalnost je Test View koja je prikazana na slici 2 i omogućava poređenje podataka dobijenih izvršavanjem SQL upita sa podacima koji su očekivani rezultat i koristi se prilikom provere znanja. U okviru Test view, zelenom bojom je prikazano poklapanje dobijenih i očekivanih podataka, dok je crvenom bojom prikazano njihovo nepoklapanje. Opisane funkcionalnosti koriste se u okviru različitih slučajeva upotrebe alata koji su opisani u nastavku.



Sl. 2. Alat Cactus čiji su delovi uokvireni: 1 - meni bar, 2 - struktura baze, 3 - SQL kod, 4 – događaji, rezultat, test pogled

Kao alat koji je napravljen za potrebe kursa Baze podataka 1, Cactus je prvenstveno namenjen za odvijanje auditornih vežbi, laboratorijskih vežbi, ispita, kao i za učenje i vežbanje SQL-a. Prilikom odvijanja auditornih vežbi kreira se novi projekat, potom se piše skripta za kreiranje baze podataka, ili se otvara postojeći projekat sa kreiranom bazom. Kreiraju se dodatni tabovi, zatim se u svakom piše SQL kod i na kraju izvršava. Na ovaj način se sa studentima rešavaju zadaci i uči SQL. Za vreme laboratorijskih vežbi i ispita vrši se provera znanja studenata. Studenti dobiju opis baze podataka, tekst sa zadacima i Cactus projekat. Cactus projekat je unapred kreiran, sastoji se od SQL koda koji kreira bazu zajedno sa podacima, kao i od tabova koji su prazni i dati studentima na korišćenje za pisanje rešenja zadataka u SQL-u. Svaki zadatak ima svoj tab u okviru projekta, pa su tabovi imenovani u skladu sa zadacima. Student ne može ni na koji način da menja dobijenu bazu podataka, jer je zabranjeno menjanje skripte za kreiranje baze, a pokušaj izmene baze kroz SQL u okviru nekog taba završice se rollback operacijom nad transakcijom. Student može u toku rada videti i uporediti rezultat svog upita sa očekivanim rezultatom. Podaci koji su studentu dati u toku provere znanja se razlikuju od podataka na kojima će SQL rešenje studenta biti provereno. Na kraju aktivnosti student svoj projekat čuva i predaje. Projekat koji je student predao pregleda nastavnik pokretanjem testa, posebnom skriptom, pojedinačno za svakog studenta. Pored korišćenja alata u okviru aktivnosti koje se odvijaju na fakultetu, student može kod sebe preuzeti alat i koristiti ga za učenje i vežbanje SQL-a na sličan način na koji se to radi za vreme auditornih vežbi.

Alat Cactus je implementiran u programskom jeziku Java. Alat pored Java SE biblioteka i pomoćnih biblioteka za povezivanje na SQLite sistemom za upravljanje bazom podataka, čine i JavaFX biblioteke radi iscrtavanja grafičkog korisničkog okruženja. Kao Java program moguće ga je pokrenuti na Linux, Windows, Mac OS i drugim operativnim sistemima na kojima se može pokrenuti Java virtuelna mašina. Alat radi sa verzijom Jave 12. Izvršni fajl alata je dostupan na adresi <https://rti.etf.bg.ac.rs/rti/bp1/materijali/Cactus.jar>.

4. ZAKLJUČAK

Cactus se četiri godine koristi na kursu Baze podataka 1 i pokazao se kao dosta koristan alat za učenje SQL-a. Omogućio je grupisanje zadataka u okviru projekta, odnosno lakšu i jednostavniju distribuciju zadataka studentima, kao i lakše i jednostavnije prikupljanje studentskih rešenja. Studenti sada mogu da u toku provere znanja uporede svoje rešenje sa očekivanim i da na taj način bolje razumeju zahteve zadatka na kojem rade. Ovo su funkcionalnosti koje Cactus izdvajaju od postojećih alata i olakšavaju i pojednostavljaju odvijanje aktivnosti na kursu i učenje SQL-a.

Pored mogućnosti alata koje ga izdvajaju od postojećih u domenu slučajeva upotrebe na kursu Baze podataka 1, alat je moguće unaprediti. Menjanje kursa uvođenjem novih tema iz oblasti SQL zahtevaće implementaciju novih funkcionalnosti. Kao primer, nova tema na kursu bi se bavila podešavanjima u sistemu za upravljanje bazom podataka radi postizanja boljih performansi izvršanih

upita [15]. Testiranje studentskih rešenja vrši nastavnik tako što pokreće test, posebnom skriptom, nad svakim studentskim rešenjem pojedinačno. Prema tome, proces testiranja studentskih rešenja se može ubrzati automatizacijom testiranja svih studentskih rešenja, a implementirati kao posebna funkcionalnost alata.

ZAHVALNICA

Fond za nauku Republike Srbije, projekat: AVANTES; Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, projekat: 451-03-68/2022-14/200103. Autori se zahvaljuju na ukazanoj finansijskoj podršci.

LITERATURA

- [1] Y. Bassil, "A Comparative Study on the Performance of the Top DBMS Systems," *ArXiv*, vol. abs/1205.2889, 2012.
- [2] S. Sumathi and S. Esakkirajan, *Fundamentals of Relational Database Management Systems*, Springer Berlin Heidelberg, 2007.
- [3] S. S. M. Studio. [Online]. Available: <https://docs.microsoft.com/en-us/sql/ssms/download-sql-server-management-studio-ssms?view=sql-server-ver15>. [Accessed 10 2 2022].
- [4] "Visual Studio," [Online]. Available: <https://visualstudio.microsoft.com>. [Accessed 10 2 2022].
- [5] "Oracle SQL Developer," [Online]. Available: <https://www.oracle.com/database/technologies/appdev/sqldeveloper-landing.html>. [Accessed 10 2 2022].
- [6] "Oracle Instant Client," [Online]. Available: <https://www.oracle.com/database/technologies/instant-client.html>. [Accessed 10 2 2022].
- [7] "MySQL Workbench," [Online]. Available: <https://www.mysql.com/products/workbench/>. [Accessed 10 2 2022].
- [8] "phpMyAdmin," [Online]. Available: <https://www.phpmyadmin.net>. [Accessed 10 2 2022].
- [9] "pgAdmin," [Online]. Available: <https://www.pgadmin.org>. [Accessed 10 2 2022].
- [10] "DB Browser for SQLite," [Online]. Available: <https://sqlitebrowser.org>. [Accessed 10 2 2022].
- [11] "SQL Fiddle," [Online]. Available: <http://sqlfiddle.com>. [Accessed 10 2 2022].
- [12] "MIT Database Systems," [Online]. Available: <https://ocw.mit.edu/courses/6-830-database-systems-fall-2010/>. [Accessed 10 2 2022].
- [13] "Predmet Baze podataka 1," [Online]. Available: <https://rti.etf.bg.ac.rs/rti/bp1/index.html>. [Accessed 10 2 2022].
- [14] "SQLite," [Online]. Available: <https://www.sqlite.org/>. [Accessed 10 2 2022].
- [15] A. Saeed, "Role of Database Management Systems (DBMS) in Supporting Information Technology in Sector of Education," *International Journal of Science and Research (IJSR)*, vol. 6, pp. 6-391, 2015.

UNAPREDJENJE PERFORMANSI UPITA U SQL SERVERU

SQL SERVER QUERY PERFORMANCE TUNING

Lazar Stevanović¹, Ana Andrić², Tamara Gajić³

Vojska Srbije, Generalštab Vojske Srbije, Uprava za telekomunikacije i informatiku (J-6), Centar za komandno – informacione sisteme i informatičku podršku, Beograd^{1,2,3}

Sadržaj – U radu je prikazana mogućnost unapređenja performansi softvera u SQL Serveru, pronalaženjem skupih upita, određivanjem problema i njihovim rešavanjem.

Abstract – This paper presents the possibility of enhancing SQL Server Query Performance by detecting the costly queries, identifying existing problems and resolving them.

1. UVOD

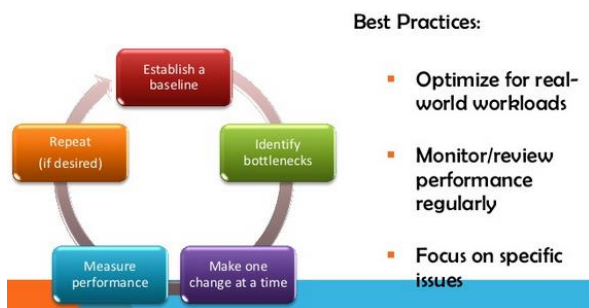
Unapredjenje performansi predstavlja osnovni aspekt modernog razvoja i održavanja informacionih sistema. Iako se performanse hardvera konstantno unapređuju, kao i softverske, naročito *SQL Optimizer*, koji pomaže da se odredi kako će se upit izvršiti. Optimizacija upita i dalje ostaje vitalan mehanizam za poboljšanje performansi sistema. Najbolje od svega je što mala promena u upitu ili na indeksu može da donese mnogo efikasniju aplikaciju po veoma niskoj ceni.

Smetnje na performanse *SQL Servera* mogu da budu sistemske prirode, smetnje uzrokovane memorijom, diskom, procesorom, lošim dizajnom baze i pisanjem upita, lošim indeksiranjem.

Optimizacija *SQL Servera* je neprekidan proces koji ne predstavlja nikakvu funkcionalnu nadgradnju aplikacija koji ga koriste, već se unapređuje samo brzina odziva i smanjuje se potrošnja hardverskih resursa.

2. PRAVLJENJE BASELINE

Pravljenje *Baseline*, odnosno osnove, predstavlja osnovni deo razumevanja ponašanja *SQL Servera*. *Baseline* predstavlja metriku, koja je kvantitativni pojam koji govori o tome koliko je vremena proteklo za izvršenje upita, koliko je sistemskih resursa utrošeno (procesora, memorije, diska) [1].



Slika 1. Proces optimizacije *SQL Servera*

Posle optimizacije, ponovo se vrši merenje performansi, i u osnovu na baseline, dolazi se do zaključka da li je i za koliko unapređen odziv servera (slika 1).

Alati koji se koriste za pravljenje osnove:

- *Performance Monitor* - Windows desktop aplikacija,
- Proširena svojstva (*Extended events*) - alat u *SQL Server Management Studio*,
- Dinamički pogledi - predefinisani u *SQL serveru*,
- *Query Store* i
- *Live Query Statistics*.

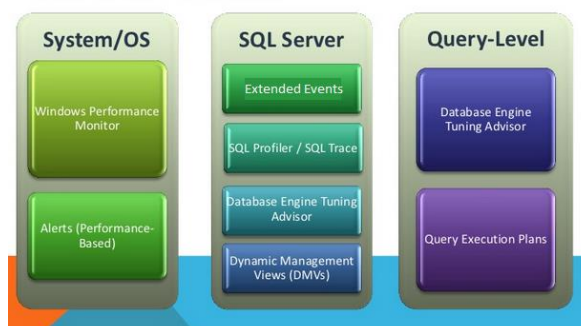
Ponašanje same aplikacije se menja kroz vreme. Neki od najčešćih faktora koji utiču na to su:

- Povećanje podataka u bazi,
- Povećanje broja korisnika,
- Promene same aplikacije,
- Instalacija novih servisnih paketa i
- Promene hardvera.

Zbog svih ovih promena, osnova koja je kreirana za *SQL Server* gubi vremenom na svom značenju i potrebno je znavljati. Sa druge strane, uvid u stare osnove može da služi za analizu i uspostavljanje nekih dugoročnih principa ponašanja *SQL Servera*.

3. ANALIZA PERFORMANSI UPITA

Čest uzrok slabih performansi *SQL Servera* je priroda i količina samih upita. Da bi se analizirali uzroci uskih grla sistema, važno je pronaći *SQL* upite koji uzrokuju najviše stresa na sistemske resurse. Jedan od načina za pronalazak skupih upita je korišćenje raznih alata koje ima *Management Studio*. Jedan od najbitnijih je *Extended Events* (slika 2).



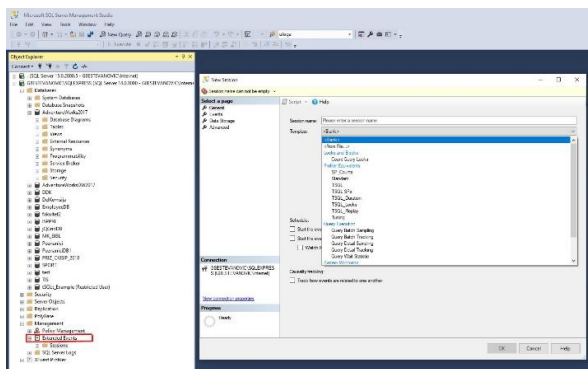
Slika 2. Pregled alata i metoda za praćenje performansi *SQL Servera*

Extended Events je predstavljen 2008. godine bez grafičkog interfejsa i uz mnogo kompleksnog koda za

njegovo podešavanje. Uz *SQL Server 2012* došao je grafički interfejs za ovaj alat. Na taj način su otklonjene sve prepreke koje su sprečavale *Extended Events* da postane najpoželjniji mehanizam za skupljanje metrike o performansama upita.

Extended Events omogućava sledeće:

- Grafičko praćenje *SQL* upita,
- Sakupljanje podataka o upitima u pozadini,
- Analiza performansi,
- Relativno lako pronalaženje problema kao što su *deadlock* i
- Debugovanje *T-SQL* naredbi.



Slika 3. Pokretanje nove sesije u *Extended events* alatu

Ovaj alat je sastavni deo interfejsa *SQL Management Studio*-a, po pokretanju alata, zadaje se ime sesije (slika 3). Bitno je da ime bude smisljeno i govoreće, po unapred određenoj nomenklaturi, kako bi tačno znali šta sesija radi kasnije tokom analize podataka.

Pored imena, postoje i mnoge druge opcije na prvoj stranici alata. Neke od bitnijih su da li da prikupljanje metrike krene kada server počne sa radom, što bi generisalo mnogo podataka koje treba analizirati kasnije, ili odmah pokrenuti sesiju po njenom pravljenju. Postoji i opcija za pregled podataka u realnom vremenu koje prikuplja sesija.

Predefinisane sesije:

- *Query Batch Sampling* – ova sesija će snimiti nasumice 20% od svih aktivnih sesija na serveru,
- *Query Batch Tracking* – ova sesija snima sve upite i procedure za sve sesije,
- *Query Detail Sampling* – ova sesija prati svaku naredbu u upitu,
- *Query Detail Tracking* – ova sesija je ista kao *Query Batch tracking* samo što prati na nivou svake naredbe. Generiše ogromnu količinu podataka i
- *Query Wait Statistic* – ova sesija govori o tome koliko vremena protiče za izvršenje svake naredbe u sesiji.

Za analizu performansi najbitniji su događaji koji pomažu da se odredi stres nad resursima za razne aktivnosti koje

pokreće *SQL Server*. Pod stresom nad resursima, podrazumeva se sledeće:

- Koliko je iskorišćenje procesora za *T-SQL* aktivnost?
- Koliko je memorije iskorišćeno?
- Koliko je ulazno izlaznih operacija upotrebljeno?
- Koliko vremena je potrebno da se *T-SQL* aktivnost izvrši?
- Koliko često se određeni upit izvršava?
- Kakve vrste grešaka i upozorenja su izazvali upiti?

Extended events je promenio način na koji se prikupljaju bitne informacije. Zahteva oprezan rad, jer nepravilnosti mogu negativno uticati na ceo sistem. Naročito u slučaju gde se ne ograničavaju događaji koji se sakupljaju i gde se ne vodi računa o broju polja koje se vraćaju. Naročito treba da se pazi na veličinu fajla. Podrazumevana vrednost je 1GB, preporučljivo je da veličina bude između 50GB i 100GB kako bi osigurali da ima dovoljno prostora za snimanje i kako bi se izbegla situacija gubljenja podataka, kada fajl sistem mora da pravi nove fajlove dok se bafer sa informacijama puni.

4. EXECUTION PLANS

Da bi mogao da izvrši upite, *SQL Server* mora da analizira naredbe i da na osnovu njih odredi najefikasniji način prikupljanja podataka. Ovu analizu radi komponenta *SQL Servera* koja se zove *Query Optimizer*. Ulaz u *Optimizer* sastoji se od samog upita, šeme baze podataka (definicija tabela i indeksa) i statistike baze. Izlaz iz *Optimizera* je plan izvršenja upita, nekad nazivan i plan upita ili samo plan izvršenja [6].

Planovi izvršenja upita dolaze u različitim formama. Najčešći su:

- grafički prikaz,
- *XML* prikaz i
- tekstualni prikaz.

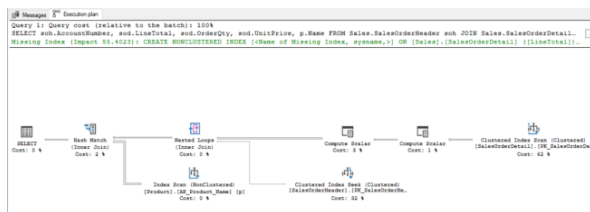
SQL Server ima tri mogućnosti da predstavi *execution plan*:

- *Estimated Execution Plan* – ovo je plan zasnovan na procenama, nalazi se u keš memoriji,
- *Actual Execution Plan* – ovaj plan je dostupan nakog izvršenja upita. Naziva se stvarni ili istinski plan. Sadrži detaljne informacije o upozorenjima nastalim prilikom upita, vremenu trajanju upita i *CPU* vremenu koje je iskorišćeno za procesuiranje upita i
- *Live Query Statistics* – ovaj plan pokazuje uživo izvršenje određenog upita, uključujući broj zapisa promenjenih u bazi, proteklo vreme i napredak upita.

Plan izvršenja upita prikazuje dva toka informacija (slika 4). Čitajući sa leve strane, vidi se logički tok, koji počinje *SELECT* operacijom. Čitajući sa desne strane, vidi se fizički tok informacija, koji počinje *Clustered Index Scan*

operacijom. Fizički tok se koristi češće jer pruža bolji uvid u to šta se dešava sa podacima [2].

Bitan deo izvršenja upita su vrednosti koje su prikazane u njemu. Postoje raznorazne vrednosti i statistike koje se koriste, ali najuočljivija je vrednost koštanja upita (*Cost*). To je broj koji u procentima govori koliki je procenat koštanja operacije u odnosu na ceo upit. Na slici se vidi da operacija *SELECT* ima cenu koštanja 0%, a *Clustered Index Scan* 62%.



Slika 4. Execution Plan

Prvi korak u tumačenju plana izvršenja je traženje onih koraka koji su skupi. Ovi koraci su polazna tačka za optimizaciju upita. Suma koštanja svih čvorova mora biti 100%. Za prethodnu sliku, to bi bio *Clustered Index Scan* 62%.

Debljina linije koja povezuje čvorove govori o tome koliko je zapisa prebačeno sa jednog čvora na drugi. Desnim klikom na ovu liniju, dobijaju se detaljniji podaci o tome koliko redova je prebačeno sa čvora na čvor i koliko memorije oni zauzimaju. Ukoliko se deblje linije pojavljuju kroz ceo plan izvršenja a u poslednjim čvorovima se pojavi tanka, to je znak da je potrebno da se filtriranje uradi ranije, da se ne bi trošili resursi sistema za nepotrebno prebacivanje podataka.

Da bi se dalje tražili skupi čvorovi u planu izvršenja treba uvek pogledati mehanizam za uzimanje podataka iz tabele ili indeksa. Prvo na šta je potrebno obratiti pažnju je da li je to operacija skeniranja (*Scan*) ili pogled (*Seek*). Za performanse je najbolje da se vrati što manji broj redova. Odabir jednog od ova dva mehanizma zavisi od potrebe upita. Ukoliko se vraćaju svi zapisi iz tabele, skeniranje je brži i pristup je efikasniji, dok bi pogled vodio do pada performansi.

Ključ je uvideti detalje svake operacije kroz ispitivanje njenih svojstava da bi razumeli zasto je *Query Optimizer* izabrao tu operaciju.

5. QUERY DESIGN

Pored svih mera za unapredjenje performansi servera, kao što su indeksi, praćenje statistike, korišćenje uskladištenih procedura, ukoliko je sam upit pisan loše, performanse će biti značajno umanjene. U *T-SQL*-u postoji više načina da se dođe do željenih podataka, uglavnom *Optimizer* generiše isti plan nezavisno od načina pisanja upita, ali ne bude uvek tako. Potrebno je se držati sledećih smernica prilikom pisanja upita:

- Raditi sa malim setom podataka,

- Koristiti indekse efikasno,
- Koristiti domenski i referencijalni integritet i
- Izbegavati upite koji zahtevaju ogromne fizičke resurse.

Raditi sa malim setom podataka uglavnom znači limitirati podatke po obe dimenzije, i po broju kolona, i po broju redova.

Važno je imati efikasne indekse na tabele u bazi, jer znatno unapređuju brzinu izvršenja. Takodje bitno da je sam upit pisan tako da koristi postojeće indekse efikasno. Ne smeju da se pišu isključni upiti (*<>*, *!=*, *NOT EXISTS*, *NOT IN*, *NOT LIKE IN*), aritmetički operatori i funkcije u *WHERE* klauzoli. Pisanjem ovih operatora u *WHERE* klauzoli, ne dozvoljava se da *SQL SERVER* koristi indekse, već mora da se proverí svaki zapis u tabeli i da se vrate oni koji zadovoljavaju uslov [4].

Domenski i referencijalni integritet pomažu da se kao vrednosti kolona nalaze samo validne vrednosti i na taj način održavaju integritet baze podataka. Pristup podacima je operacija koja iziskuje najviše vremena i resursa u izvršenju upita. Ovi integriteti pomažu da *Optimizer* analizira validne podatke bez dodatnog proveravanja, što smanjuje trajanje upita [1].

6. ZAKLJUČAK

Optimizacija baze podataka zahteva ceo set alata, mera i komandi da bi se analizirali raznorazni aspekti upita. Mogu se koristiti *Extended Events* da se dobije šira slika i da se identifikuju skupi upiti. Kada su upiti identifikovani, mogu se koristiti planovi izvršenja i razne *SQL* komande da se korak po korak dođe do problema koji izazivaju da upit bude skup. Na osnovu problema koji su pronađeni primenjuje se jedna ili više tehnika optimizacije (na primer, *Query design*), da bi se poboljšale performanse upita.

LITERATURA

- [1] Frant Fritchey, *SQL Server 2017 Query Performance Tuning*, Apress, 2018.
- [2] Nevarez, B., *High Performance SQL Server*, Apress, 2016.
- [3] Syverson, B., Murach, J., *Murach's SQL Server 2016 for Developers*, Mike Murach & Associates, 2016.
- [4] Execution Plans, <https://docs.microsoft.com/en-us/sql/relational-databases/performance/execution-plans?view=sql-server-ver15>
- [5] Vinod Kumar, *Query Tuning Introduction*, <https://app.pluralsight.com/player?course=query-tuning-introduction&author=vinod-kumar&name=query-tuning-introduction-m00-introduction&clip=0>
- [6] Don Jones, *The Definite Guide to SQL Server Performance Optimization*, Veritas, 2016.

PRIMENA MONGODB BAZE PODATAKA U ANALIZI SAOBRAĆAJNIH NEZGODA

APPLICATION OF MONGODB DATABASE IN TRAFFIC ACCIDENT ANALYSIS

Predrag Grozdanović¹, Slađana Janković¹, Ana Uzelac¹, Snežana Mladenović¹

¹Univerzitet u Beogradu Saobraćajni fakultet

Sadržaj – U ovom radu istražene su mogućnosti MongoDB baze podataka u modeliranju i analizi podataka o saobraćajnim nezgodama. Saobraćajna nezgoda, kao jedini entitet, opisana je nerelacionim modelom koji uključuje preko 30 atributa nezgode. U bazi podataka pohranjeni su podaci o približno 30000 nezgoda, koje su se dogodile na teritoriji Beograda od 2018. do 2020. godine. Upiti postavljeni nad ovom bazom omogućavaju analizu saobraćajnih nezgoda, sa aspekta: vremenskih i prostornih odrednica, svojstava učesnika, kategorija vozila, tipova posledica, uticajnih faktora i tipova nezgoda.

Abstract - In this paper, the possibilities of MongoDB database in modeling and analysis of traffic accident data are investigated. The traffic accident, as the only entity, is described by a non-relational model that includes over 30 attributes of the accident. The database stores data on approximately 30,000 accidents that occurred on the territory of Belgrade from 2018 to 2020. Inquiries placed over this database enable the analysis of traffic accidents, from the aspect of: temporal and spatial determinants, characteristics of participants, vehicle categories, types of consequences, influencing factors and types of accidents.

1. UVOD

U ovom radu biće prikazana primena jedne od najpoznatijih nerelacionih baza u svetu, MongoDB baza podataka. Koncept nerelacionih baza podataka postao je popularan među internet gigantima kao što su: Google, Facebook, Amazon i drugi koji imaju potrebu za radom sa ogromnim količinama podataka. Ti podaci su najčešće nestrukturirani.

Nerelacione baze podataka su bazirane na različitim nerelacionim modelima podataka. U okviru iste nerelacione baze mogu se pohraniti podaci o istoj vrsti entiteta, različito struktuirani. Nerelacione baze podataka imaju mogućnost da skladište struktuirane, polustruktuirane i nestruktuirane podatke [1].

Nerelacione baze podataka dele se na četiri tipa: ključ-vrednost, kolonske, grafovske i orijentisane na dokumente. Svaka kategorija ima svoje jedinstvene karakteristike i ograničenja. Nijedna od gore navedenih baza podataka nije najbolja za rešavanje svih problema, već korisnici treba da izaberu bazu podataka na osnovu svojih potreba i ciljeva [2].

U ovom radu izabrana je nerelaciona baza kod koje se podaci obično čuvaju kao JSON (Java Script Object

Notation) dokumenti, a koja se svrstava u četvrti tip prema gore navedenoj podeli. Cilj rada je bio da se prikažu mogućnosti nerelacione baze podataka, konkretno MongoDB baze, na praktičnom primeru analize saobraćajnih nezgoda koje su se dogodile na teritoriji Beograda u periodu od 2018. do 2020. godine.

Rad je struktuiran u četiri celine. U prvom delu rada data su uvodna razmatranja i kratak osvrt na nerelacione baze podataka. U drugom poglavlju predstavljene su osnovne karakteristike MongoDB baza podataka. U trećem delu rada opisani su podaci o saobraćajnim nezgodama koji su predmet analize. U ovom poglavlju opisana je i struktura baze podataka koja je kreirana u okviru ovog istraživanja, a takođe su prikazani i prokomentarisani neki od mnogobrojnih upita postavljenih nad ovom bazom. Na kraju rada data su zaključna razmatranja.

2. MONGODB BAZA PODATAKA

MongoDB baza podataka spada u grupu nerelacionih baza, pogodnih za rad sa nestrukturiranim podacima. Nerelacione baze podataka su nastale kao alternativa relacionim bazama. Umesto korišćenja tabela kao u relacionim bazama podataka, MongoDB arhitektura se sastoji od dokumenata i kolekcija.

Dokumenti su osnovna jedinica u MongoDB-u. U jednom dokumentu organizuju se i skladište podaci o jednoj instanci nekog entiteta. Svi dokumenti koji modeliraju primerke jednog entiteta čine jednu kolekciju. Za pisanje dokumenata koristi se binarni JSON format, poznat pod skraćenicom BSON. JSON je otvoreni standard zasnovan na tekstu, osmišljen za razmenu podataka koji su pogodni za čitanje ljudima. Programski jezici koji su podržani od strane MongoDB-a su: Java, JavaScript, C# / .NET, Python, Perl, PHP, Scala i drugi [3].

Kada je u pitanju analogija sa relacionim bazama podataka, polja u ovim dokumentima su slična kolonama u relacionoj bazi. Prednost dokumenata je to što mogu da sadrže različite složene tipove, tj. strukture podataka uključujući nizove, nizove dokumenata, druga dokumenta i slično [1]. Takođe, treba napomenuti da se svakom dokumentu dodeljuje primarni ključ kao jedinstveni identifikator. Potrebno je još napomenuti da svaki dokument u okviru kolekcije može imati različitu strukturu, što znači različite nazive i ukupan broj polja, različite tipove podataka kod istih polja, itd. Analogno sa relacionim bazama podataka kolekcije su ekvivalent tabelama koje se kod njih koriste.

MongoDB baza podataka je pogodna za rad sa velikim skupovima podataka. Ona omogućava jednostavno učitavanje fajlova formata .csv i .json, kao i izvoz tih fajlova.

U bitne karakteristika MongoDB baze podataka takođe spadaju: agregacija, indeksiranje, replikacija, ad-hoc upiti, participiranje, skalabilnost [2]. Agregacija predstavlja operacije koje se vrše nad podacima i vraćaju izračunate rezultate. MongoDB pruža mogućnost indeksiranja, koje omogućava brzo pronalaženje dokumenata na osnovu određenih vrednosti koje se nalaze u poljima dokumenata. Na taj način mogu se ostvariti visoke performanse izvršenja operacija kod najčešćih upita. Replikacija kao karakteristika MongoDB baze podataka omogućava sinhronizaciju podataka između većeg broja MongoDB instanci. Ad-hoc upiti su još jedna od karakteristika MongoDB-a. To su upiti koji nisu poznati tokom strukturiranja baze podataka, već se formiraju u realnom vremenu, što dovodi do poboljšanja performansi. Participiranje, kao karakteristika ove baze podataka, podrazumeva raspodelu podataka na više servera/instanci i doprinosi boljoj efikasnosti i povećanju kapaciteta sistema.

Kada se govori o osobinama MongoDB baze, ne treba nikako zaboraviti skalabilnost. Skalabilnost je u stvari mogućnost aplikacije da podnese povećanje zahteva i broja korisnika, a da sama aplikacija ne mora da se menja [1]. Što je aplikacija skalabilnija, ona će lakše podneti povećan protok podataka. Razlikuju se dve vrste skalabilnosti: horizontalna i vertikalna. MongoDB omogućava horizontalnu skalabilnost koja se ostvaruje dodavanjem novih servera. Na taj način sistem nastavlja da radi na isti način bez obzira na povećan protok podataka. Ona predstavlja idealno rešenje posebno za velike sisteme.

MongoDB Compass je GUI (Graphical User Interface) za istraživanje, analizu i interakciju sa sadržajem uskladištenim u MongoDB bazi podataka bez poznavanja ili korišćenja upita. Takođe, on poseduje i alternativu – MongoDB Shell, koji pruža mogućnost za postavljanje upita pisanjem koda u JSON formatu. Compass je besplatan za korišćenje, a može se pokrenuti na macOS, Windows i Linux operativnim sistemima. Compass pruža mogućnost izvršenja brojnih operacija, a neke od njih su: vizuelizacija i istraživanje podataka uskladištenih u bazi, kreiranje baze podataka, unošenje, ažuriranje i brisanje podataka, dobijanje trenutnih statistika servera u realnom vremenu, upravljanje indeksima, izmena strukture podataka i drugo. Prednost ovog grafičkog korisničkog interfejsa je upravo mogućnost da se sve navedene operacije mogu izvesti bez posedovanja veštine pisanja upita.

MongoDB je baza podataka koja se može koristiti u različitim situacijama i za različite potrebe. Njena dinamička šema i objektno orijentisana struktura čine je idealnim izborom za analitiku u realnom vremenu, e-trgovine, mobilne aplikacije, mobilne i društvene mreže, održavanje geoprostornih podataka i drugo.

3. MONGODB BAZA O SAOBRAĆAJNIM NEZGODAMA NA TERITORIJI BEOGRADA

U ovom radu analizirani su podaci o saobraćajnim nezgodama (SN) koje su se dogodile na teritoriji Beograda u periodu od 2018. do 2020. godine. Podaci su preuzeti iz Integrisane baze podataka o obeležjima bezbednosti saobraćaja [4] Agencije za bezbednost saobraćaja, korišćenjem dostupne Web GIS aplikacije [5].

Saobraćajna nezgoda predstavlja jedini entitet iz Integrisane baze podataka o obeležjima bezbednosti saobraćaja [4] Agencije za bezbednost saobraćaja, korišćenjem dostupne Web GIS aplikacije [5]. Svaka saobraćajna nezgoda opisana je pomoću više od trideset atributa. Neki od njih su [6]:

- Opština – naziv opštine na čijoj teritoriji se nezgoda desila.
- Dan, mesec, godina, čas i vreme – vremenske odrednice nezgode.
- Svojstvo učesnika – atribut koji za svakog učesnika u nezgodi određuje u kom svojstvu on učestvuje u saobraćaju (vozač, putnik, pešak itd.).
- Kategorija vozila – atribut koji za svako vozilo koje učestvuje u nezgodi određuje kojoj kategoriji vozila pripada (putničko vozilo, kamion, bicikl, motor, itd.).
- Posledice učesnika saobraćajne nezgode – ukazuju na posledicu po svakog od učesnika nezgode, razvrstanih prema svojstvima učesnika.
- Grupe uticajnih faktora – ukazuju na naknadno utvrđene razloge zbog kojih je došlo do nezgode (greške vozača, klizav kolovoz, loše psihofizičko stanje vozača, itd.).
- Tip saobraćajne nezgode – na osnovu ovog atributa nezgodi se pridružuje jedan ili više unapred definisanih tipova. Tipovi saobraćajnih nezgoda su definisani na osnovu broja vozila koja su učestvovala u nezgodi, da li se nezgoda desila pri skretanju ili usled sustizanja, prema mestu gde se dogodila, itd.
- Specifično mesto saobraćajne nezgode – ukazuje na to da li se nezgoda desila u raskrsnici, krivini, na mostu ili nekom drugom specifičnom mestu. Takođe, ovaj atribut može da ukazuje i na to da se nezgoda dogodila na mestu koje nije specifično, kao što je na primer otvoren put.
- Naselje – atribut koji saobraćajne nezgode razvrstava prema tome da li se nezgoda dogodila u naseljenom mestu ili van naselja.
- Starost učesnika – ukazuje na kategoriju starosti kojoj pripadaju učesnici, razvrstani prema svojstvima. Starost učesnika je podeljena u pet kategorija (0-14, 15-25, 26-40, 41-65, 65-100).
- Sve saobraćajne nezgode su podeljene u četiri kategorije: nezgode sa povređenim licima (SN POV), nezgode sa poginulim licima (SN POG), nezgode sa nastradalima (SN NAST) i nezgode sa materijalnom štetom (SN MS). Nezgode u kojima je bar jedno lice poginulo spadaju u

grupu nezgoda sa poginulim licima, odnosno SN POG uzima vrednost 1. Nezgode u kojima ima povređenih, a nema poginulih, spadaju u grupu nezgoda sa povređenim licima, gde SN POG ima vrednost 1. Obe pomenute kategorije spadaju u grupu nezgoda sa nastradalima. SN NAST ima vrednost 1 kada u nezgodama ima i/ili povređenih i/ili poginulih lica, dok u suprotnom ima vrednost 0. Nezgode sa materijalnom štetom su one nezgode koje za posledicu imaju materijalnu štetu, a da pri tome nijedno lice nije poginulo niti imalo telesne povrede. U toj situaciji SN MS ima vrednost 1, dok u svim ostalim uzima vrednost 0.

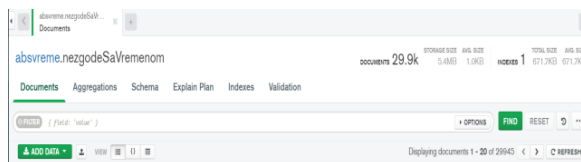
Opisani podaci o saobraćajnim nezgodama koji su preuzeti sa sajta Agencije za bezbednost saobraćaja pohranjeni su u nerelacionu MongoDB bazu. Ova baza podataka sadrži jednu kolekciju pod nazivom nezgodeSaVremenom, pri čemu svaki dokument u okviru te kolekcije predstavlja jednu saobraćajnu nezgodu. Na slici 1 dat je izgled jednog od dokumenata iz MongoDB baze, koji skladišti podatke o jednoj od saobraćajnih nezgoda. Slika prikazuje strukturu ovog dokumenta, pri čemu treba napomenuti da se struktura svakog od dokumenata razlikuje u određenoj meri. S obzirom da svaki dokument predstavlja jednu saobraćajnu nezgodu, te razlike zavise od broja učesnika, broja vozila, broja uticajnih faktora koji su doveli do saobraćajne nezgode i ostalih atributa.

```
_id: ObjectId("61f109897d8d0b06be9cb16c")
Opstina: "cukarica"
Godina: 2018
Mesec: "Decembar"
Dan: "Utorak"
Datum: 11
Cas: 8
✓ Ucesnici: Array
  ✓ 0: Object
    Redni broj ucesnika: 0
    Svojstvo ucesnika: "Vozac"
✓ Vozila: Array
  ✓ 0: Object
    Redni broj vozila: 0
    Kategorija vozila: "Putnicko vozilo"
✓ Grupe uticajnih faktora: Array
  0: "Pogresno izvodjenje radnji u saobraćaju od strane vozaca"
✓ Tip SN: Array
  0: "Najmanje dva vozila koja se kreću u istom smeru ? sudar pri uporednoj ..."
Specifčno mesto SN: "Nije specifčno mesto"
Naselje: "Naselje"
Kategorija puta: "Ulica viseg reda"
SN POG: 0
SN POV: 0
SN NAST: 0
SN MS: 1
✓ Starost i posledice uces...: Array
  ✓ 0: Object
    Svojstvo ucesnika: "Vozac"
  ✓ Starost: Array
    0: "41-65"
  ✓ Posledica: Array
    0: "Nema povreda"
```

Slika 1. Primer dokumenta u MongoDB bazi

Izgled MongoDB baze podataka o saobraćajnim nezgodama na teritoriji Beograda prikazan je na slici 2.

Sa slike se može videti da ova baza u okviru kolekcije nezgodeSaVremenom sadrži 29945 dokumenata, odnosno saobraćajnih nezgoda.



Slika 2. MongoDB baza podataka o SN

Svaki dokument sadrži podatke o opštini, mesecu, danu u nedelji, specifičnom mestu saobraćajne nezgode, naselju i kategoriji puta koji su tipa string (tekstualni tip). Podaci tipa int su podaci o godini, datumu (dan u mesecu) i času. Grupa podataka koja se odnosi na kategoriju saobraćajne nezgode sa aspekta njenih posledica je tipa boolean, odnosno uzima vrednost 1 ili vrednost 0. U tu grupu podataka spadaju (SN POG, SN POV, SN NAST, SN MS). Dokumenti se međusobno razlikuju po strukturi, i to zbog sledećih atributa:

- Učesnici,
- Vozila,
- Grupe uticajnih faktora,
- Tip SN,
- Starost i posledice učesnika.

Atribut Učesnici je niz čiji su elementi objekti koji se sastoje od dva atributa: Rednog broja učesnika i Svojstva učesnika. Broj elemenata niza Učesnici zavisi od broja učesnika u saobraćajnoj nezgodi, što utiče na strukturu dokumenta.

Slična situacija se javlja kada je u pitanju atribut Vozila. Vozila predstavljaju niz čiji su elementi objekti koji se sastoje od dva atributa: Rednog broja vozila i Kategorije vozila. Atribut Vozila utiče na strukturu dokumenta na isti način kao i atribut Učesnici.

Grupe uticajnih faktora i Tip SN su nizovi koji imaju različit broj elemenata od nezgode do nezgode i na taj način utiču na strukturu dokumenta. Elementi ovih nizova su tipa string. Razlog zašto su ova dva atributa definisana kao niz je to što saobraćajna nezgoda može imati više razloga zašto je do nje došlo, ali može se i svrstati u više tipova nezgoda. Međutim za jednu saobraćajnu nezgodu najčešće postoji jedan uticajni faktor i ta nezgoda se može svrstati u jedan, određeni tip.

Starost i posledice učesnika je još jedan od složenih atributa koji utiče na strukturu dokumenta, a ujedno ima i najsloženiju strukturu. Starost i posledice učesnika predstavlja niz koji se sastoji od objekata. Broj elemenata ovog niza zavisi od broja različitih svojstava učesnika u saobraćajnoj nezgodi. Svaki element niza sadrži jedan atribut koji se odnosi na vrstu učesnika saobraćajne nezgode i dva niza. Prvi niz se zove Starost i on čuva podatke o kategoriji starosti kojoj su pripadali učesnici posmatrane vrste. Broj elemenata niza Starost zavisi od broja kategorija starosti kojima su učesnici posmatrane vrste pripadali. Drugi niz se zove Posledice i on čuva

podatke o posledicama posmatrane vrste učesnika. Broj elemenata niza Posledice zavisi od broja različitih vrsta posledica koje je imala posmatrana vrsta učesnika.

4. UPITI I REZULTATI UPITA U MONGODB BAZI PODATAKA

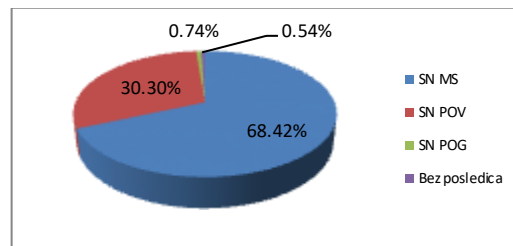
U ovoj sekciji biće prezentovani neki od upita koji su postavljeni nad MongoDB bazom podataka i biće analizirani njihovi rezultati. Upiti su postavljeni u komandnom prozoru MongoDB Shell-a, u kom su takođe dobijani i rezultati upita. Međutim, u cilju bolje interpretacije dobijenih rezultata, neki rezultati upita prikazani su grafički, neki u vidu tabele, a neki u formi teksta. Postavljeno je preko trideset upita nad MongoDB bazom podataka nezgodeSaVremenom. U nastavku rada, zbog prostornog ograničenja, biće izdvojeni i detaljno analizirani samo neki od najznačajnijih upita. Za bolju analizu i interpretaciju rezultata upita korišćena je knjiga [7].

Upit za broj saobraćajnih nezgoda grupisanih po njihovim posledicama je prvi upit koji će biti detaljno objašnjen. Takođe, biće analizirani i rezultati upita za broj saobraćajnih nezgoda. Na slici 3 prikazan je kod pomenutog upita. U prvom redu koda definisan je niz koji sadrži nazive svih mogućih tipova posledica saobraćajne nezgode. Zatim je definisana for petlja koja omogućava da se upit ponovi onoliko puta koliko ima različitih tipova posledica, što je u ovom slučaju tri. Da bi se postavio bilo koji upit u MongoDB bazi najpre se mora uneti reč „db“, zatim naziv kolekcije i onda željeni metod. Kod ovog upita korišćena je metoda find() koji pretražuje sve dokumente koji ispunjavaju postavljene uslov [1]. Pomoću postavljenog uslova, metoda find() će izdvojiti sve dokumente koji imaju vrednost 1 za posmatrani element niza. Zatim će metoda count() prebrojati sve takve dokumente. Ova procedura će se ponoviti za svaki element niza, što omogućuje pomenuta for petlja.

```
niz=["SN MS","SN POV","SN POG"]
for(var j=0, len=niz.length; j<len; j++){
  x=db.nezgodeSaVremenom.find({niz[j]:1}).count()
  print(niz[j])
  print(x)
}
```

Slika 3. Kôd upita broj 1

Na slici 4 može se videti procentualno učešće svake od posledica nezgode u ukupnom broju nezgoda. Materijalna šteta je najčešća posledica saobraćajne nezgode sa 68,42% učešća. Druga najčešća posledica saobraćajne nezgode su povređena lica i ova posledica ima učešće u ukupnom broju saobraćajnih nezgoda od 30,3%. Nezgode sa poginulim licima i nezgode bez posledica su dosta ređe, pri čemu se sa slike može videti da malo više od 1% nezgoda ima neku od ove dve posledice.



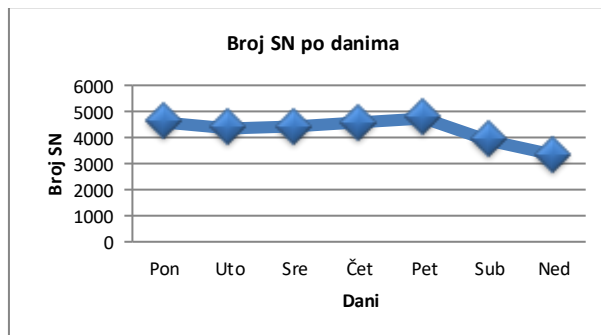
Slika 4. Procentualna raspodela broja saobraćajnih nezgoda prema posledicama

Naredni upit grupiše i prebrojava saobraćajne nezgode po danima u nedelji, a ima za cilj da utvrdi kojim danima u nedelji se događa najveći broj nezgoda. Na slici 4 prikazan je kôd pomenutog upita. Kod ovog upita su korišćene iste metode find() i count(). Razlika ovog upita u odnosu na prethodni je samo po uslovu koji je postavljen u okviru find() metode. Na osnovu uslova prikazanog na slici 4 posmatrani upit broji nezgode koje su se dogodile određenog dana. Kao izlaz daje ukupan broj nezgoda za svaki dan u nedelji.

```
niz=["Ponedeljak", "Utorak", "Sreda", "cetvrtak",
    "Petak", "Subota", "Nedelja"]
for (var j=0, len=niz.length; j<len; j++){
  p=db.nezgodeSaVremenom.find({"Dan":niz[j]}).count()
  print(niz[j])
  print(p)
}
```

Slika 4. Kôd upita broj 2

Na slici 5 grafički su prikazani rezultati postavljenog upita datog na slici 4. Sa slike se može zaključiti da je dan sa najvećim brojem nezgoda petak. Razlog za to može biti povećan obim saobraćaja usled predstojećeg vikenda. Naime, veliki broj ljudi koji žive u Beogradu, petkom napušta Beograd, kako bi proveli vikend van grada. Sa dijagrama se vidi znatan pad broja nezgoda subotom i nedeljom. S obzirom da su subota i nedelja neradni dani dosta ljudi ostaje kod kuće, pa je gužva u saobraćaju manja, što rezultuje i manjim brojem saobraćajnih nezgoda u tom periodu.



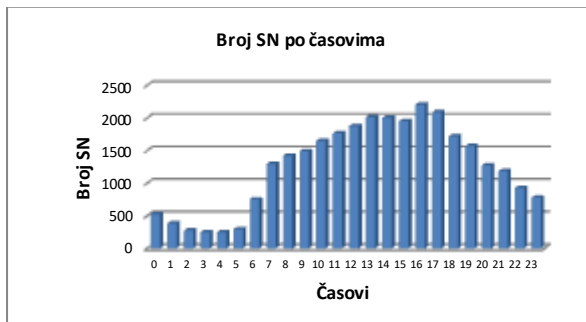
Slika 5. Broj saobraćajnih nezgoda po danima

Upit za broj nezgoda grupisanih po satima prikazan je na slici 6. Nakon što je prikazan broj nezgoda po danima kao rezultat prethodnog upita, cilj ovog upita je da se odredi sat sa najvećim brojem nezgoda.


```
for (var j=0, len=24;j<len;j++){
    p=db.nezgodeSaVremenom.find({"Cas":j}).count()
    print(j)
    print(p)
}
```

Slika 6. Kôd upita broj 3

Na slici 7 dat je grafički prikaz rezultata prethodnog upita. Sa grafika se može zaključiti da se najveći broj nezgoda dogodio između 16 i 17h (nultisat je od 00 do 01h). Može se reći da je ovaj rezultat donekle i očekivan, s obzirom da se analizirani podaci odnose na Beograd, u kom su najveća zagušenja saobraćaja upravo u popodnevnom časovima. Razlog za to je povratak sa posla najvećeg broja ljudi. Broj nezgoda je najmanji u noćnim časovima u periodu od 00 do 5 časova, nakon čega počinje da raste sve do 17h, a zatim opada.



Slika 7. Broj saobraćajnih nezgoda po časovima

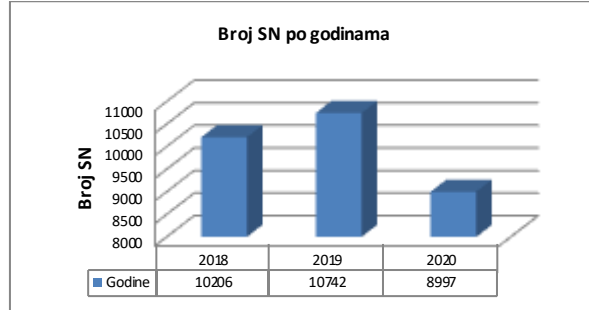
Na slici 8 prikazan je kôd upita 4. Kod upita o broju nezgoda grupisanih po godinama korišćena je metoda `aggregate()`. Ona za razliku od `find()` metode, koja samo pretražuje dokumenta, koristi kao argumente operacije koje obrađuju dokumenta i vraća rezultate. Operacija `$group` u okviru metode `aggregate()` grupiše ulazne dokumente prema navedenom izrazu i za svako posebno grupisanje daje dokument [1]. Kod ovog upita, ulaz predstavljaju svih 29945 dokumenata, dok izlaz predstavlja broj dokumenata u svakoj dobijenoj grupi dokumenata, tj. broj saobraćajnih nezgoda za svaku godinu.

```
db.nezgodeSaVremenom.aggregate({
    $group:{_id:'$Godina',count:{$sum:1}}
})
```

Slika 8. Kôd upita broj 4

Na slici 9 grafički je prikazan broj nezgoda za svaku analiziranu godinu. Može se primetiti kako se broj nezgoda u 2019. godini povećao za 536 nezgoda u odnosu na 2018. godinu. Međutim, broj nezgoda u 2020. godini se značajno smanjio u odnosu na obe prethodne godine. Mogu se uočiti dva razloga koja su dovela do toga. Jedan je veliki broj akcija u cilju povećanja bezbednosti saobraćaja, a drugi (verovatno uticajniji razlog) je početak pandemije COVID 19. Činjenice da je zbog pandemije u 2020. godini dosta ljudi radilo od kuće, kao i da je više od

mesec dana bila na snazi zabrana kretanja, bitno su uticale na smanjenje broja saobraćajnih nezgoda u ovoj godini.



Slika 9. Broj saobraćajnih nezgoda po godinama

Kôd upita za najčešći tip nezgode koja se dogodila između 16 i 17 časova prikazan je na slici 10. U okviru metode `aggregate()` korišćene su operacije `$unwind`, `$group`, `$seq`, `$sum` i `$sort`. Operator `$unwind` se koristi za dekonstruisanje polja niza u dokumentu i kreiranje zasebnih izlaznih dokumenata za svaki element niza. `$seq` operator je operator poređenja koji omogućava posmatranje onih dokumenata kod kojih je vrednost označenog polja jednaka navedenoj vrednosti. U konkretnom slučaju, ovaj operator obezbeđuje posmatranje nezgoda koje su se dogodile između 16 i 17 časova. Operator `$sum` vrši brojanje saobraćajnih nezgoda grupisanih po tipovima, a koje su se dogodile između 16 i 17 časova. Sa druge strane operator `$sort` služi da sortira tipove saobraćajnih nezgoda u opadajućem redosledu [1]. Posmatrani upit najpre izvrši dekonstruisanje niza Tip SN. U narednom koraku, upit identifikuje svake tipove nezgoda koje su se dogodile između 16 i 17 časova i definiše ih kao zasebna dokumenta. Na kraju, za svaki novokreirani dokument, upit prebroji koliko puta se dokument pojavljuje u MongoDB bazi uz pomoć operatora `$sum`.

Kao rezultat postavljenog upita dobijeno je da je najčešći tip saobraćajne nezgode „Najmanje dva vozila koja se kreću u istom smeru – sustizanje”. Broj nezgoda ovog tipa je 680, dok se druga najčešća nezgoda dogodila 197 puta, što je znatno manje u odnosu na broj nezgoda najčešćeg tipa. S obzirom da se posmatraju nezgode u Beogradu, između 16 i 17 časova, kada su zagušenja saobraćaja najveća i vozila se kreću po principu “kreni stani”, lako može doći do nastanka nezgode posmatranog tipa.

```
db.nezgodeSaVremenom.aggregate([
    {$unwind:'$Tip SN'},
    {$group:{_id:{gu:'$Tip SN',cas:{$seq:['$Cas',16]}},
    sum:{$sum:1}}},
    {$sort:{sum:-1}}])
```

Slika 10. Kôd za upit 5

Kôd upita broj 6 prikazan je na slici 11. Ovde kao i u prethodnom upitu korišćena je metoda `aggregate()` i operatori `$group`, `$sum`, `$sort`. Cilj ovog upita je da grupiše nezgode prema tome da li su se dogodile u naselju ili van naselja, kao i prema posledicama. S obzirom da postoje dve opcije za naselje i tri opcije za posledicu

nezgode, operator \$group kreirao je šest novih dokumenata. Zatim je za svaki od dokumenata prebrojano koliko puta se pojavio u posmatranoj kolekciji.

```
db.nezgodeSaVremenom.aggregate([
  $group: {_id: {Naselje: '$Naselje', snp: '$SN POG'},
    sum: {$sum: 1}}, {$sort: {"sum": -1}}
])
```

Slika 11. Kôd za upit 6

Iz tabele 1 može se videti da 70% nezgoda koje se dogode u naselju za posledicu imaju materijalnu štetu, dok 30% nezgoda rezultuje povredom učesnika. Sa druge strane nezgode koje se dogode van naselja u 58% slučajeva imaju za posledicu materijalnu štetu, a u 40% nezgoda dođe do povrede učesnika. Procenat saobraćajnih nezgoda koje za posledicu imaju povređena lica je veći u slučaju nezgoda van naselja nego u slučaju nezgoda u naselju. Razlog za to je što se van naselja mogu razviti mnogo veće brzine vozila, pa je ukoliko do nezgode dođe, verovatnoća posledica i povreda veća.

Tabela 1. Procenat SN u naselju i van naselja po posledicama

	SN MS [%]	SN POV [%]	SN POG [%]
Naselje	70.32	29.09	0.59
Van naselja	58.15	40.05	1.80

Da bi se dobilo najčešće specifično mesto na kom su se nezgode dogodile postavljen je upit 7, čiji je kôd prikazan na slici 12. Kao rezultat postavljenog upita, tri najčešća specifična mesta nezgode su redom: pešački prelaz, krivina i parkiralište. S obzirom da se analizira teritorija Beograda na kojoj živi veoma veliki broj ljudi, logično je da pešački prelazi i parkirališta budu najčešća specifična mesta na kojima su se dogodile saobraćajne nezgode. U cilju dobijanja što većeg broja parking mesta u Beogradu, vrlo mali prostor se ostavlja za manevrisanje i samo vozilo. To je verovatno jedan od razloga iz koga su nezgode na parkiralištima vrlo česte. Ipak, dobra strana je to što najveći broj nezgoda koje se dogode na parkiralištu za posledicu ima samo materijalnu štetu. Razlozi nastanka nezgode u krivini mogu biti brojni, počevši od nepreglednosti, neprilagodene brzine, klizavog kolovoza i slično. Shodno tome, ne čudi što se ovo specifično mesto našlo u tri najčešća specifična mesta na kojima se nezgode događaju.

```
db.nezgodeSaVremenom.aggregate([
  $group: {_id: {SpecMesto: '$Specificalno mesto SN'},
    count: {$sum: 1}},
  {$sort: {"count": -1}}])
```

Slika 11. Kôd za upit 6

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu predmet istraživanja su nerelacione baze podataka, njihove osnovne karakteristike i mogućnosti primene. Akcenat istraživanja bio je na jednoj od najpoznatijih i najviše korišćenih nerelacionih baza

podataka, MongoDB. Krajnji cilj rada bio je da se prikaže kako nerelaciona baza može biti pogodna za upravljanje nestrukturiranim podacima. To je urađeno na konkretnom primeru, sa podacima o saobraćajnim nezgodama na teritoriji grada Beograda.

Relacione baze podataka su pogodnije za rad sa manjom količinom podataka, ali su nedovoljno dobre za brzi napredak weba, web tehnologija i velikih organizacija. Sa druge strane nerelacione baze podataka pokazale su se izvršnim u problemima kao što su velika količina podataka, stalne izmene, brzi razvoj, permanentno pojavljivanje novih izvora podataka i slično, zbog njihove visoke fleksibilnosti i skalabilnosti. Jedan od razloga velike ekspanzije nerelacionih baza je popularan standard među programerima – JSON koji omogućava još brži i jednostavniji razvoj aplikacija.

S obzirom na sve veću potrebu za radom sa velikim količinama podataka i ekspanziju interneta, očekuje se da će primena nerelacionih baza, a pre svega MongoDB, biti sve veća i veća. Razlog za popularnost MongoDB baze je i MongoDB Compass koji korisniku pruža mogućnost pretraživanja MongoDB baza podataka, bez temeljnog poznavanja upitnog jezika baziranog na JavaScript jeziku.

NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Ovaj rad delimično je podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, u okviru projekta pod brojem 036012.

LITERATURA

- [1] MongoDB, Inc. <https://www.mongodb.com/>, Pristupano [16.01.2022.]
- [2] Janković S., Mladenović S., Uzelac A., Zdravković S. "Nerelacione baze podataka: mogućnosti i ograničenja", Zbornik radova XXXVI, PosTel, str. 235-244, Beograd, 2018.
- [3] Dayley, B., Dayley B., Daylay C. Node.js, MongoDB and Angular Web Development, Second Edition, Addison-Wesley, Boston, 2018.
- [4] Agencija za bezbednost saobraćaja. „Baza podataka o obeležjima bezbednosti saobraćaja u Republici Srbiji“, <https://www.abs.gov.rs/sr/analize-i-istrazivanja/baza-podataka>. Pristupano [15.12.2021.]
- [5] Agencija za bezbednost saobraćaja. „Web Gis Aplikacija“, <http://195.222.99.60/ibbsPublic/>. Pristupano [15.12.2021.]
- [6] Agencija za bezbednost saobraćaja. „Uputstvo za razumevanje podataka ABS.“ https://www.abs.gov.rs/admin/upload/documents/20171219103647-web_gis_razumevanje20podataka.pdf. Pristupano [15.12.2021.]
- [7] Pešić D., Antić B., Lipovac K., Bezbednost saobraćaja – metode i analize, Univerzitet u Beogradu Saobraćajni fakultet, Beograd, 2019.

Primena Jupyter Notebook python razvojnog okruženja za mašinsko učenje u obrazovanju

Use of Jupyter Notebook python development environment for machine learning in education

Luka Ilić¹, Aleksandar Šijan², Bratislav Predić³, Darjan Karabašević⁴

Fakultet za primenjeni menadžment, ekonomiju i finansije, Beograd^{1,2,4}

Elektronski fakultet, Niš³

Sadržaj – U današnje vreme razvoj tehnologije prate sve sfere ljudskog života pa tako i obrazovanje. Veštačka inteligencija se može i te kako primeniti u obrazovanju kao nastavni predmet ili kao pomoć prilikom rada obrazovne ustanove. Primenom veštačke inteligencije može se povećati efikasnost i zainteresovanost kod studenata jer je ova grana informaciono-komunikacionih tehnologija (eng. Information and Communications Technology – ICT) veoma značajna i sve vodeće svetske kompanije su okrenute pametnoj tehnologiji.

Postoji niz različitih problema koji se mogu rešiti primenom veštačke inteligencije. Najčešći oblik primene je analiziranje velikog broja podataka (Data Market, Data Mining, Data Warehouse) i odgovoriti na upite iz velikih baza podataka (kao na primer Google, Yahoo...). Za navedene oblike primene veštačke inteligencije koristi se mašinsko učenje (machine learning). Primena Jupyter Notebook razvojnog okruženja može biti dobar početak ka izučavanju mašinskog učenja, analizu i obradu podataka u obrazovnim institucijama. Jupyter Notebook razvojno okruženje ima jednostavan i prilagodiv interfejs, a takođe ima i već instalirane biblioteke potrebne za rad u okviru mašinskog učenja, te je zato pogodan za početnike.

Ključne reči: obrazovanje, veštačka inteligencija, mašinsko učenje, Jupyter Notebook

1. Uvod

Budući da je sve više prisutna veštačka inteligencija i mašinsko učenje u privredi, javlja se potreba da se i u nastavnom planu uvedu predmeti koji će se baviti

ovom tematikom. Postoji čitav niz različitih problema koji se mogu rešavati uz pomoć mašinskog učenja kao na primer filtriranje elektronske pošte, personalizovana preporuka prodaje proizvoda za određene korisnike putem web sajta, prepoznavanje neobičnih transakcija, medicinska dijagnoza i još mnogo primera.

Da bi osposobili kadar koji će se u budućnosti baviti ovim zanimanjem potrebno je uvesti predmete na fakultetima koji će se baviti mašinskim učenjem.

Kroz ovaj rad proćemo osnovne komponente koje se mogu primeniti u nastavi za izučavanje mašinskog učenja:

1. Python programski jezik
2. Mašinsko učenje u obrazovanju
3. Jupyter

2. Python programski jezik

Python programski jezik je jezik višeg nivoa opšte namene koji se može izvršiti na svim operativnim sistemima. Ima jednostavnu sintaksu i koristi se kao prvi programski jezik na kursovima programiranja [1].

Python je moćan dinamički programski jezik koji se koristi u širokom spektru primene [2]. Njegove strukture podataka visokog nivoa i jasne sintaksa čini ga idealnim prvim programskim jezikom [3] ili jezikom za lakši spajanje alata iz različitih domena za rešavanje složenih problema [4]. Python ima veliki broj standardnih biblioteka koje mogu ubrzati razvoj programa za razne primene iz tog razloga ga koriste i

velike svetske kompanije kao što su: Google i Youtube.

Pored svoje jednostavne sintakse, vrlo je upotrebljiv za proračune, analizu i vizualizaciju velikih skupova podataka. Zbog specifičnih prednosti koje Python programski jezik pruža u oblasti Nauke o podacima (eng. Data Science) koristit se za izradu aplikacija koje u sebi imaju mašinsko učenje [5].

2.1. Python biblioteke za Data Science

- Numpy - dodaje podršku za rad sa velikim, multi-dimenzionalnim redovima i matricama. Uključuje i veliki broj matematičkih funkcija visokog nivoa za rad nad tim redovima i matricama.
- Pandas - za manipulaciju podacima i njihovu analizu. Zapravo obezbeđuje određene strukture podataka i operacije za manipulisanje numeričkim tabelama. Ime biblioteke je zapravo skraćena dva reči Panel Data, što znači tabelarni podaci.
- Matplotlib - omogućava crtanje 2D i 3D grafika. Podržava crtanje grafika i za osnovne Python liste, a podržava i NumPy matrice i Pandas DataFrame tabele. Matplotlib ima i aplikaciono programski interfejs (API) za rad sa grafičkim alatima za izradu Python aplikacija, to jest, grafici mogu lako da se integrišu u Desktop aplikacije.

3. Mašinsko učenje u obrazovanju

Mašinsko učenje je naučna oblast koja obuhvata proučavanje algoritama i statističkih modela koje koriste računarski sistemi za izvršavanje nekih zadataka [6]. Za izvršavanje kompleksnih naredbi i zadataka ne koriste se eksplicitne komande i instrukcije, već se sistemi oslanjaju na šablone. Mašinsko učenje je podoblast veštačke inteligencije i predstavlja osnovni alat kojim veštačka inteligencija dolazi do zaključka.

Mašinsko učenje izgrađuje model na osnovu uzorka ili uzimanje uzoraka za "treniranje" modela. Na osnovu tih podataka dolazi se do određenih zaključaka i zakona na osnovu kojih se može doći do predviđanja.

Mašinsko učenje se može primeniti u nastavi uz pomoć određenih alata. Jedan od tih alata je Jupyter razvojno okruženje. Kao alat vrlo je pogodan za praćenje i organizaciju projekata koji studenti rade i eventualno šalju na pregled nastavniku.

4. Jupyter

Jupyter je neprofitni projekat zasnovan na softveru otvorenog koda. Po rečima autora, uvek će biti otvorenog koda i besplatan. Upravo iz tog razloga što je besplatan i otvorenog koda, može se koristiti u obrazovnim institucijama.

Jupyter je web aplikacija što znači da se izvršava na web pregledaču. Projekat je zasnovan na Python programskom jeziku.

U Jupyter projektu možemo naći sledeće komponente:

- JupyterLab
- Jupyter Notebook
- Jupyter Console
- Qt console

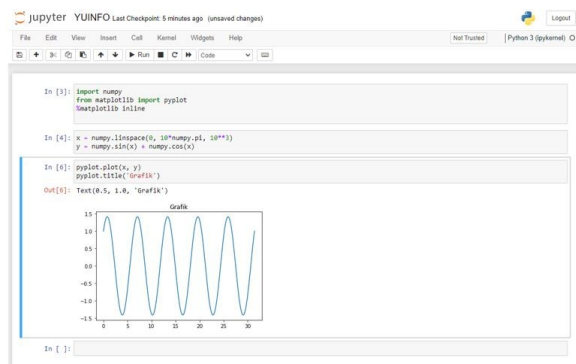
Među ovim komponentama, Jupyter Notebook se najčešće koristi za učenje.

4.1. Jupyter Notebook

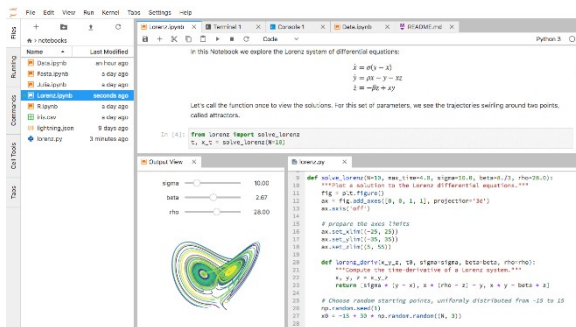
Da bi pokrenuli Jupyter Notebook potrebno je da uradimo sledeće korake:

- Instalacija i pokretanje Anaconda programa
- Naredbe za kreiranje i pokretanje Jupyter Notebook:
 - `conda info -envs`
 - `conda update conda`
 - `conda create -name <nazivRadnogOkruženja>`
 - `conda activate <nazivRadnogOkruženja>`
 - `conda deactivate <nazivRadnogOkruženja>`
 - `jupyter notebook`

Nakon unosa poslenje naredbe dobijamo link ka pokretanju Jupyter Notebook (obično je to `localhost:8888`) [7].



Slika 1. Jupyter Notebook (screenshot)



Slika 2. JupyterLab (screenshot)

4.2. Primena u obrazovanju

U poslednjih nekoliko godina došlo je do porasta upotrebe [8] Pythona u akademskim krugovima što je dovelo i velikog broja udžbenika iz ove oblasti [9]. Glavni razlog porasta upotrebe u nastavi je upravo njegova čista i jednostavna sintaksa koja dozvoljava studentima da se više posvete učenju koncepta razvoja programa, a ne samoj sintaksi.

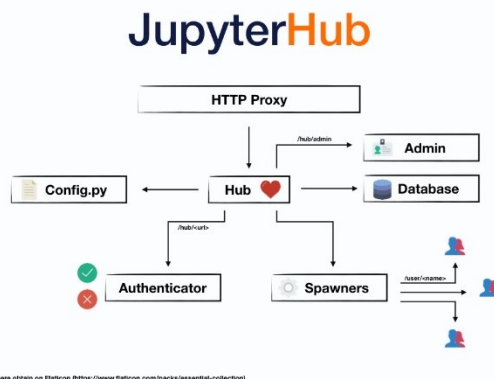
S obzirom na to da je Jupyter besplatan, softver ne zahteva kupovinu licence što znači da fakultet nema nikakvu finansijsku obavezu prema kreatorima Jupyter projekta. Praktično svaka osoba koja se bavi data science, data engineer, data analyst, mašinskim učenjem, studenti istraživači ili bilo koja osoba koja želi da se radi bilo kakvu vrstu naučnog istraživanja, obrade podataka ili vizuelizacije podataka može da koristi ovo razvojno okruženje.

U Jupyter Notebook razvojnom okruženju možemo raditi osnove programiranja u Python programskom jeziku, a takođe prilikom instalacije dobijamo biblioteke za rad sa velikim količinama podataka uz pomoć kojih možemo primeniti mašinsko učenje kreiranjem modela za trening.

Jupyter Notebook možemo postaviti na određeni server I dati pristup svakom studentu da radi svoje zadatke (projekte) koje može sačuvati na serveru. Na ovaj način možemo smanjiti grešku prilikom instalacije, prenosa projekta od studenta ka nastavniku.

Rešenje za ove potrebe se može iskoristiti online platforma JupyterHub koja predstavlja najbolji način za pružanje resursa koje nudi Jupyter Notebook za više korisnika. Može se koristiti u nastavi sa grupama studenata gde svaki student ima svoj radni prostor I gde se mogu deliti svi resursi koje administrator postavlja.

JupyterHub se instalira na cloud računaru ili na vlastitom računaru koji ima dovoljno dobar hardware koji može da pruža usluge drugim korisnicima. Prilagodljiv je I pogodan za male I velike timove.



Slika 3. Sistem JupyterHub

Zaključak

Python kao programski jezik I Jupyter kao razvojno okruženje je moćna kombinacija za učenje prvih koraka u oblastima veštačke inteligencije. Zadatak Jupyter razvojnog okruženja je da uvede studente u rad sa bibliotekama koje se bave mašinskim učenjem I da im na što jednostavniji način prikaže šta se to dešava “ispod haube” tako što omogućava veoma jednostavnu vizualizaciju praktično svih naredbi koje su potrebne za rešavanje nekog problema. Iz svega navedenog u radu možemo zaključiti da je korišćenje Jupyter okruženja dobar pristup nastavi, a I tehnički je veoma pogodan jer je okruženje fleksibilno I besplatno.

Literatura

- [1] Vitorović N., Protić J. (2014), Eksperimentalno uvođenje programskog jezika Python kao prvog programskog jezika za studente elektrotehnike I računarstva, Trend, Kopaonik http://www.trend.uns.ac.rs/stskup/trend_2014/radovi/T4.2/T4.2-9.pdf
- [2] Python Programming Language, <http://www.python.org>
- [3] Allen B. Downey, Think Python, An Introduction to Software Design, <http://www.thinkpython.com>
- [4] Hans Petter Langtangen, Python Scripting for Computational Science, Series: Text in Computational Science and Engineering, Vol. 3, 2nd Edition, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006.
- [5] Somborac A., Jovanović B. (2020), Primena mašinskog učenja u programiranju, Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad <http://www.ftn.uns.ac.rs/ojs/index.php/zbornik/article/view/663>
- [6] Internet izvor <https://expertsystem.com/machine-learning-definition/>
- [7] Rosandić J. (2020), Analiza velikog skupa podataka pomoću programskog jezika Python I razvojnog okruženja Jupyter Notebook, Fakultet organizacije i informatike, Zagreb
- [8] A. Radenski. "Python first": A lab-based digital introduction to computer science. In Proc. 11th Annual Conf. on Innovation and Technology in Computer Science (ITiCSE), pages 197–201, Bologna, Italy, June 2006.
- [9] T. Gaddis. Starting Out with Python. Addison-Wesley, 2009.

MERENJE ČITLJIVOSTI I RAZUMEVANJA PROGRAMSKOG KODA PUTEM TEHNIKE PRAĆENJA OKA MEASURING READABILITY AND UNDERSTANDING OF SOURCE CODE WITH EYE TRACKING TECHNIQUE

Robert Pinter¹, Sanja Maravić Čisar¹, Mikloš Pot¹, Attila Kővári²

Visoka Tehnička Škola Strukovnih Studija Subotica¹

University of Dunaújváros, Hungary²

Sadržaj – Cilj istraživanja prikazanog u radu je da se analizira da li na razumevanje programskog koda pisanog u C-u utiče stil kojim je pisan. U ovom radu pod stilom pisanja koda se misli na uvlačenje redova (eng. indent) od leve margine, to jest broj razmaka na početku reda. Jedan od faktora koji utiče na preglednost i na razumevanje koda je i kako programer koristi uvlačenje redova tokom pisanja programa. Za uvlačenje se preporučuje korišćenje od 2 do 8 razmaka na početku reda, kad je u pitanju izraz (eng. statement) koji pripada bloku. Izrazi koji koriste blokove naredbi su ciklusi, uslovi i funkcije. Istraživanje ima cilj da analizira u kojoj meri broj razmaka na početku redova unutar jednog bloka utiče na razumevanje koda. U istraživanju je korišćen uređaj GezePoint G3. To je uređaj koji prati pokrete očiju i snima položaj i kretanje oba oka na osnovu optičkog praćenja i odraza svetla. Tokom istraživanja praćeni su pokreti očiju studenta dok pokušava da razume programski kod i da odgovori na pitanje, na primer šta je rezultat izvršenja koda. Obrada podataka podrazumeva upoređivanje načina kako je jedan student gledao kod sa različitim poravnanjem. Podaci kao što su broj tačaka na koje se fokusira, dužina fiksacije, broj promena fiksacije itd., mogu biti u direktnoj vezi sa preglednošću i razumevanjem programskog koda.

Abstract - The aim of the research is to analyze whether understanding the program code written in C is influenced by the style in which it is written. In this work the style of writing code refers to how the indentation is used (what is the number of spaces before the statement or instruction in the code). The use of indentation is recommended. The code writer should always indent the body of a statement with a uniform amount from the first character of the statement. The body of a statement is the action (or set of actions) that the statement controls. Statements that have bodies include loops, decision statements (if, if-else etc.) and functions. The authors aim to analyze the extent to which the number of spaces at the beginning of rows affects the understanding of code. The GezePoint G3 device was used in the research. It's a device that monitors eye movements and records the position and movement of both eyes based on optical tracking and light reflection. During the study, the student's eye movements were monitored as he/she tried to understand the program code and answer what the result of code execution will be. Data processing involves comparing how one student „looked” at the code with different indentation. Data such as the duration (time spent on visual analyzing the code), number of fixations, fixation/saccade ratio, average saccade length and average saccade velocity, may be directly related to readability and understanding of programs.

1. UVOD

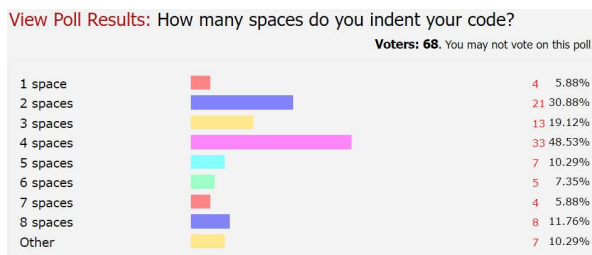
Tehnika praćenja pokreta očiju omogućava da se meri smer pogleda (tamo gde se gleda) i pomeranja oka u odnosu na glavu. Istraživanja vezana za praćenje pokreta očiju su počela na samom početku prošlog veka [1]. Uređaji za praćenje pokreta očiju tada su se koristila prvenstveno u medicinske svrhe. Razvoj informaciono komunikacionih tehnologija omogućava da se ova vrsta merenja može izvršiti i van laboratorijskih prostorija. Razvoj tehnologije doprineo je i da merenje ovim uređajima bude neprimetno i da ne smeta korisniku. Podaci prikupljeni na ovaj način često su kvalitetniji nego na primer dobijeni upitnikom. Rezultati, kao što su na primer gde korisnik fokusira pogled, koliko dugo zadržava pogled na nekoj stavci (tkz. objekat interesovanja), brzina promene fiksiranja stavki počinju da se primenjuju i u drugim oblastima, na primer u marketingu, u ergonomiji aplikacija i softvera, u razvoju proizvoda i naravno kod asistivnih tehnologija, koje se bave razvojem pomagala za slepe i slabovide[2][3].

2. MOTIVACIJA

Učenje programiranja i sticanja veština algoritimizacije uvek počinje jednostavnim primerima i zadacima. Te programske kôdove „čitaju” samo autori i retko se dešava da se oni mogu iskoristiti u nekom narednom i većem projektu. Stil pisanja koda nema velikog uticaja na rešavanje zadataka i učenje. Međutim, za osobu koja uči programiranje, u narednim periodima projekti postaju složeniji i programskih redova je sve više. Menja se i raspodela vremena provedenog sa softverom: značajan deo životnog ciklusa softvera više ne čini razvoj, već pronalaženje grešaka, nadogradnja i održavanje koda.

Razumevanje programskog koda zavisi od mnogih faktora. Izgled koda, u našem slučaju formatiranje instrukcija, je samo jedan od tih faktora. Velike svetske softverske kompanije imaju svoje preporuke za stilove pisanja. Pridržavati se tih preporuka znači pisati stilom koji će omogućiti da se kod lakše analizira i razume. Te preporuke nisu standardi i one se razlikuju od kompanije do kompanije. Razlikuje se i opis kako da se uvlačenje redova koristi, odnosno koliko praznih mesta da bude na početku reda. Na primer, u preporukama Microsofta za pisanje programskog koda u jeziku C# stoji da se za uvlačenje koristi jedan tab (8 razmaka), dok drugi preporučuju korišćenje od najmanje 2 do najviše 8 razmaka. Da je čitljivost koda važna stavka u životnom ciklusu softvera govori i činjenica da mnoga razvojna okruženja (IDE - Integrated development environment) sadrže opciju za formatiranje koda: podešavanje poravnanja redova,

komentare i/ili zagrade koje označavaju blok itd. Za Linux postoji aplikacija *Indent* koja na razne načine može da formatira izvorni kôd, kako bi bilo lakši za čitanje [4]. Sledeći dijagram (Slika 1) prikazuje rezultat upita koliko praznih mesta korisnik stavlja na početku reda [5]:



Slika 1. Rezultat upita o uvlačenju

U ovom radu autori istražuju kako na čitljivost i na razumevanje kôda utiče uvlačenje redova u slučajevima kada se pišu instrukcije koje pripadaju bloku. Blok je jedan deo u kôdu, koji sadrži instrukcije koje se grupišu na osnovu algoritimizacije zadatka. Blokovi se koriste kod definisanja tela funkcije i kontrolnih struktura (ciklusa i uslova). Sve instrukcije u bloku se pomeraju/uvlače desno na taj način se i vizuelno naglašava da su te instrukcije povezane. Sledi nekoliko primera programskog kôda sa različitim uvlačenjem:

```
int x = 7;      int x = 6;
while (x > 2) { while (x > 0) {
if (x%2 == 0)   if (x%2 == 0)
x=x-3;          x=x-3;
else            else
x--;            x--;
printf("%d", x); printf("%d", x);
}               }
```

Slika 2. Programski kôd pisan različitim stilom

Mora se naglasiti da je uvlačenje, to jest broj praznih mesta na početku reda, vezan i za poziciju zagrade koje označavaju početak i kraj bloka. Uključivanje i ovog parametra u istraživanje onemogućilo bi da se iz rezultata merenja prikaže samo uticaj uvlačenja redova. Zbog ovog razloga se u istraživanju koristio kôd koji je sadržao samo minimalni broj zagrada.

3. ISTRAŽIVANJE

Istraživanje je rađeno u zimskom semestru 2021/22 školske godine na Viskoj tehničkoj školi strukovnih studija u Subotici. U istraživanju je učestvovalo 10 studenata sa studijskog programa Informatika. Studenti sa druge i treće godine su imali dovoljno znanja i programerske veštine iz jezika C da bi učestvovali u istraživanju. Svi studenti su imali položen ispit iz predmeta sa prve godine u kojem se učio programski jezik C.

Glavna pretpostavka istraživanja je bila da će programski kôd u kojem se koristi manje uvlačenje redova biti teži za čitanje i razumevanje. Za dokazivanje pretpostavke korišćeni su kratki segmenti programskog kôda. Ti segmenti sadrže kôd koji studenti treba da razumeju i da na

osnovu toga odgovore šta će se pojaviti na izlazu nakon izvršenja programa (šta će biti ispisano). Jedan takav zadatak je prikazan na prethodnoj slici (Slika 2). Za istraživanje je napisano osam zadataka. Zadatci su sadržali algoritme sa uslovima, ciklusima, nizovima, funkcijama itd. Od osam zadataka, preformatiranjem i malim izmenama je napravljeno još dva seta po osam zadataka. Svaki set je sadržao zadatke sa istim algoritmom, ali su kod stila pisanja korišćena različita uvlačenja. U prvom setu zadataka se koristilo uvlačenje od 8 razmaka, kod drugog samo jedan, dok je treći zadatak bio najteži za čitanje, pošto je bio „najgušći“ jer nije bilo uvlačenja redova. Osim promene stilova, izmene na programu su se odnosile i na promenu početnih vrednosti varijabli. Na ovaj način su napravljeni po logici isti, ali po rezultatu izvršenja različiti zadaci. To je omogućilo da se upoređivanjem načina kako student rešava tri „ista“ zadatka analizira uticaj stila. Dva zadatka iz dva seta, koja sadrže istu logiku ali se razlikuju u stilu i u početnim vrednostima, su prikazana na Slici 2.

Tokom merenja svaki student je trebalo da reši 24 zadataka (po 8 zadataka iz sva tri seta). Način kako je student analizirao kôd je praćen uređajem Gazepoint G3[6], koji je uređaj za praćenje pokreta očiju (Slika 3.) Za obradu i vizuelizaciju podataka korišćen je softverski paket Ogama[7].



Slika 3. Uređaj za praćenje pokreta očiju Gazepoint G3

Način merenja se odvijao po sledećim koracima:

- Studenti su sedeli ispred monitora na koji je bio montiran uređaj Gazepoint.
- Za svakog studenta izvršena je kalibracija uređaja (da bi merenje bilo što tačnije).
- Pomoću Ogama softverskog paketa studentu su naizmenično prikazivani zadaci.
- Student je gledajući kôd na ekranu računara pokušao da razume algoritam i da odgovori šta je rezultat izvršenja. Analiza i rešavanje kôda se radila „u glavi“, tj. nisu mogli da koriste papir i olovku.
- Nakon rešavanja zadatka i davanja odgovora, student je dobio sledeći zadatak.
- Merenju je bilo kraj kad je student odgovorio na sva osam pitanja.
- Tokom posmatranja kôda Gazepoint uređaj je snimao podatke o pokretu očiju.

Jedno merenje se odnosilo na osam pitanja čiji stil je bio isti. Kod prvog merenja studenti su rešavali kôd koji je imao jedan tab (8 razmaka) za uvlačenje. Merenje je ponovljeno nakon nedelju dana, kada bi student dobio sledećih osam pitanja, ali sada sa samo jednim razmakom kod uvlačenja. Treće merenje je sledilo nedelju dana nakon drugog. Procedura i način merenja su bili isti kod sva tri seta zadataka.

Nedelju dana pauze između dva merenja bilo je dovoljno da se studenti ne sećaju prethodnog merenja, odnosno kako se neki zadatak rešava. Zbog različitih početnih vrednosti varijabli u programu i rezultati za isti algoritam su bili različiti, što je smanjilo uticaj prethodnih merenja na aktuelno, jer se programski kôd ponovo morao analizirati.

4. REZULTATI MERENJA

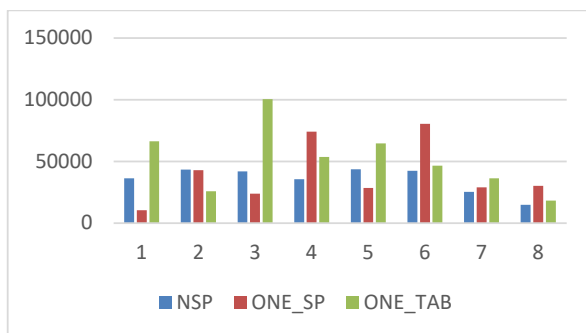
Mereni su sledeći parametri: dužina posmatranja/analize programa, broj fiksacija, prosečna dužina sakade i prosečna brzina sakade. Sledi prikaz merenih podataka za samo jednog studenta. Detaljna analiza podataka svih studenata o njihovim pokretima očiju, odnosno povezanost tih podataka sa tačnošću odgovora koji je student dao, neće biti prikazan u ovom radu.

Pre prikaza rezultata potrebno je definisati značenje sledeća dva izraza:

- Fiksacija (eng. fixation): održavanje vizuelnog pogleda na jednoj lokaciji.
- Sakada (eng. saccade): brz pokret očiju koji pomera centar pogleda sa jednog dela vizuelnog polja na drugi. Sakade se uglavnom koriste za orijentaciju pogleda ka objektu od interesa.

Dužina posmatranja jednog zadatka:

Mereni podaci ne ukazuju na to da se kôd bez uvlačenja duže gledao od onog koji je imao razmake i samim time bio čitljiviji. Sledeći dijagram pokazuje vreme koje je student proveo na zadacima.



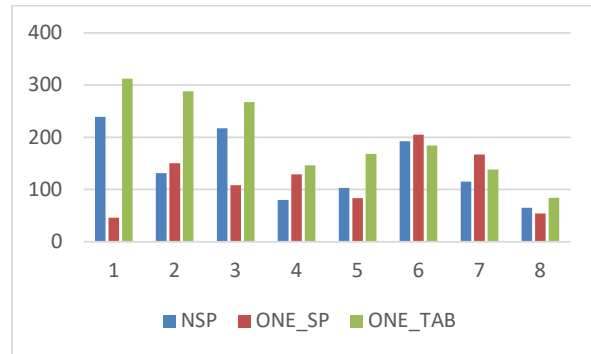
Slika 4. Dužina posmatranja zadataka u milisekundama

Vertikalna osa je vreme u milisekundama, vodoravna osa se odnosi na zadatke. Značenje skraćenica: NSP - bez razmaka, ONE_SP-jedan razmak, ONE_TAB – razmak od 8 praznih mesta.

Broj fiksacija

Mereni podaci o broju takvih objekata na ekranu (u kôdu) koje je student duže gledao govore o tome da se kôd bez

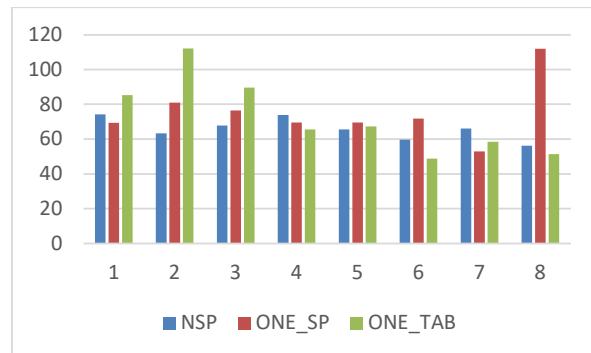
razmaka drugačije „gledao“. Broj fiksacija kod loše čitljivog kôda je u velikom broju slučajeva bio manji nego kod programskog kôda koji je sadržao razmake i bio čitljiv.



Slika 5. Broj fiksacija po zadacima zadataka

Prosečna dužina sakade

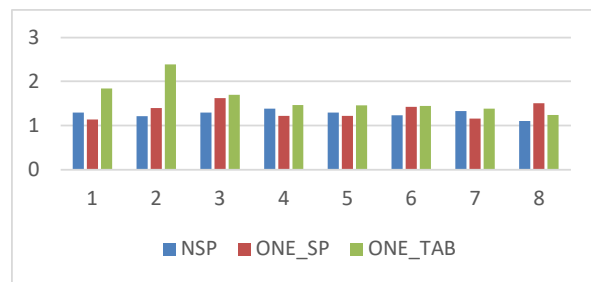
Pretpostavka da će kod korišćenja više razmaka prosečna dužina sakade biti veća nije dokazana.



Slika 6. Prosečna dužina sakada po zadacima u pikselima

Prosečna brzina sakade

Na sledećoj slici su prikazane prosečne brzine promene fokusa kod studenta. Brzina promene je u većini slučajeva manja kada je student gledao kôd sa malo razmaka.



Slika 7. Prosečna brzina sakade po zadacima u pix/sec

5. ZAKLJUČAK

Rad prikazuje istraživanje sa ciljem da se utvrdi da li na čitljivost programskog kôda utiče korišćenje različitih vrednosti za poravnanje. Literatura [8][9] navodi da je veoma važno da kôd bude lak za čitanje i da postoje razne preporuke kako da se koristi uvlačenje redova. Međutim, to su samo preporuke, kao na primer da broj razmaka bude

vrednost između 2 i 8 razmaka. Malo razmaka znači gusto pisan kôd, dok se sa osam razmaka preglednost povećava. Korišćenje većeg broja razmaka ima i svoje mane: programer na svom ekranu vidi manje kôda što opet utiče na efikasnost u radu.

Koristeći uređaj za merenje pokreta očiju prikupljani su podaci o tome kako student gleda kôd i pokušava da razume implementiran algoritam. Podaci o pokretu očiju i podatak o tome da li je student tačno rešio zadatak ili ne, mogu ukazati na ispravnost pretpostavke da je programski kôd pisan gušće, sa manjim brojem razmaka kod uvlačenja, teže da se čita i da će se to odraziti na broj tačnih odgovora pri rešenju zadataka.

Svaki student je analizirao tri verzije istog zadatka i u tom procesu je mereno kako je student gledao kôd. Upoređivanje ovih podataka za svakog studenta posebno, omogućilo je objektivniju analizu podataka jer se nisu međusobno upoređivali podaci studenata. Kod međusobnog upoređivanja trebalo bi odabrati učesnike sa približno istim znanjem iz date oblasti, što je jedan poseban problem.

U radu su prikazani dijagrami koji se odnose samo na jednog studenta. Dobijeni podaci istraživanja su takvi da se sa njima niti jedna polazna pretpostavka nije mogla dokazati. Slede neki od rezultata:

- Podaci o dužini posmatranja kôda sugerišu da je lakše čitati kôd koji je gušće napisan (Slika 4), što je suprotno od očekivanog.
- Podaci o broju fiksacija takođe ne govore u prilog tome da se kôd sa više razmaka kod uvlačenja lakše čita (Slika 5). Kod prva tri zadatka se vidi da je kôd sa najviše razmaka imao najviše tačaka od interesa, to jest kao da je studentu trebalo više vizuelne analize kôda da razume zadatak.
- Pretpostavka je bila i da će podaci o merenju prosečne dužine sakade pokazati da je kod gušćeg kôda i dužina sakade manja nego kod druga dva stila. Rezultati sa Slike 6 samo delimično prikazuju to stanje.
- Prosečna brzina sakade po zadacima je jedino merenje koje podržava glavnu pretpostavku. Iz podataka sledi da je kod većine gušće napisanih zadataka brzina promene pogleda manja. To je i logično jer su objekti od interesa blizu jedan drugom.

Neki od razloga loših rezultata mogu biti ti, da su zadaci iz jezika C ipak bili preteški za većinu studenata i da je rešavanje zadataka „u glavi“ bio neefikasan način za većinu ispitanika. Sledeća tabela (Tabela 1) prikazuje zbirne rezultate tačno rešenih zadataka prikazane u procentima.

Iz tabele sledi da je broj tačnih odgovora za prva tri zadatka veoma mali. Neki od zadataka su bila tkz. trik pitanja, koja su na prvi pogled laka, ali se do pravilnog rešavanja dolazi teže. Zadaci su se razlikovali i po dužini i po algoritmu. Rešavanje dužeg zadatka ili zadatka sa ciklusom gde je student morao da pamti stanja varijabli verovatno je uticala na mali procenat tačnih odgovora.

Tabela 1. Procenat tačnih rešenja

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
NSP	33%	33%	22%	89%	0%	33%	89%	67%
ONE_								
SP	0%	0%	33%	100%	0%	0%	100%	78%
ONE_								
TAB	44%	11%	0%	0%	78%	22%	33%	100%

Sa druge strane, podaci o broju tačnih rešenja za zadatke Z4 i Z5 pokazuju veoma veliki nivo nekonzistentnosti pri rešavanju zadatka. Zadatak koji je napisan sa različitim stilom i ima drugačije početne vrednosti varijabli nije postao toliko težak da ga nijedan student nije znao tačno rešiti.

U nastavku istraživanja planira se da:

- bude manji broj pitanja, što bi smanjilo i vreme merenja i opterećenja studenta. Kod aktuelnog istraživanja jedno merenje sa osam zadataka je trajalo u proseku 10 minuta.
- pitanja budu lakša i da budu opšteg karaktera, to jest da zadaci ne sadrže elemente specifične samo za jezik C.

Na ovaj način želi se postići da se merenje fokusira samo na faktore koji utiču na to kako se programski kôd čita.

NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Ovaj rad je nastao zahvaljujući finansiranju nabavke uređaja Gazepoint G3 od strane Pokrajinskog sekretarijata za visoko obrazovanje i naučnoistraživačku delatnost AP Vojvodine. Istraživanje je finansirano i od strane Mađarske Akademije Nauka putem DOMUS stipendije.

LITERATURA

- [1] Moore, Ph.: Eye Tracking: Where it's Been and Where it's Going. [Online] <https://www.usertesting.com/blog/2015/06/04/eyetracking>
- [2] <https://www.psychologyinaction.org/psychology-in-action-1/2019/10/10/the-use-of-eye-trackers-in-research>
- [3] <http://neurorelay.com/2016/09/11/eye-tracking-in-neuromarketing-research/>
- [4] <https://www.gnu.org/software/indent/manual/indent.html#Invoking-indent>
- [5] <https://cboard.cprogramming.com/a-brief-history-of-cprogramming-com/69146-how-far-do-you-indent.html>
- [6] <https://www.gazept.com/product/gp3hd/>
- [7] <http://www.ogama.net/>
- [8] https://en.wikipedia.org/wiki/Indentation_style#Allman_style
- [9] https://www2.cs.arizona.edu/~mccann/indent_c.html

CROWDSOURCING U VISOKOM OBRAZOVANJU

CROWDSOURCING IN HIGHER EDUCATION

spec. Milorad Murić¹, PhD Danijela Milošević², PhD Aleksandar Milovanović³

Akademija strukovnih studija Zapadna Srbija, Western Serbia Academy of applied studies¹

Fakultet tehničkih nauka Čačak, Faculty of Technical Sciences Čačak²

Akademija strukovnih studija Zapadna Srbija, Western Serbia Academy of applied studies³

Сажетак – Crowdsourcing је појам који све више добија на значају у савременим применама информационих технологија. Осим очигледних многобројних предности које доноси, велики допринос се огледа и у развијању тимског рада што може бити кључна примена crowdsourcing-а у високом образовању.

Crowdsourcing је добио на значају нарочито током последњих година, а његове предности су посебно дошле до значаја у време пандемије. У таквим околностима и начин рада са студентима је морао да се мења и прилагоди новонасталој ситуацији. Crowdsourcing је пружио неслушене могућности за унапређење рада са студентима и само је потребно да на прави начин искористимо све што нуди, на задовољство и студената и професора.

Тема овог рада је истраживање о резултатима примене crowdsourcing-а на Академији струковних студија Западна Србија, одсек Ужице. Истраживање треба да укаже на даље правце развоја и примене crowdsourcing-а у високом образовању.

Базирајући се на основним принципима crowdsourcing-а у истраживање су били укључени студенти треће године студијског програма Машињство на Академији струковних студија Западна Србија, одсек Ужице. Резултат њиховог рада је пројекат који су реализовали у јануарско-фебруарском испитном року ове школске године, уз заједнички рад са колегама и уз надзор професора. Преглед коначних резултата је приказан у раду.

Кључне речи: crowdsourcing, crowdteaching, crowdlearning, higher education, Akademija strukovnih studija Zapadna Srbija

Abstract - Crowdsourcing is a term that is gaining more and more importance in modern applications of information technologies. Apart from the obvious numerous advantages that bring a great contribution, it is also reflected in the development of teamwork, which can be a key application of crowdsourcing in higher education.

Crowdsourcing has gained in importance especially in recent years, and its benefits have become especially important during the pandemic. In such circumstances, the way of working with students had to change and adapt to the new situation. Crowdsourcing has provided unimaginable opportunities to improve work with students and we just need to make the most of everything it offers, to the satisfaction of both, students and professors.

The topic of this paper is research on the results of the application of crowdsourcing at the Western Serbia Academy of applied studies, Užice Department. The research should indicate further directions of development and application of crowdsourcing in higher education.

Based on the basic principles of crowdsourcing, the research included students of the third year of the study program Mechanical Engineering at the Western Serbia Academy of applied studies, Užice Department. The result of their work is a project that they realized in the January-February exam period of this school year, with joint work with colleagues and under the supervision of professors. An overview of the final results is presented in the paper.

Keywords: crowdsourcing, crowdteaching, crowdlearning, higher education, Western Serbia Academy of applied studies

1. INTRODUCTION

Crowdsourcing is a term that has exploded in popularity in recent years. It refers to the practice of sourcing tasks or complex projects from a large group of people to get help with things like funding, ideas, and labor.

The term “crowdsourcing” is a contraction of “crowd” and “outsourcing”, which appeared for the first time in 2006, when Jeff Howe published the article “[The Rise of Crowdsourcing](#)” in Wired. This quote from the article describes very simply what crowdsourcing is and how it’s made possible by technological advances:

“Now the productive potential of millions of plugged-in enthusiasts is attracting the attention of old-line businesses, too. For the last decade or so, companies have been looking overseas, to India or China, for cheap labor. But now it doesn’t matter where the laborers are – they might be down the block, they might be in Indonesia – as long as they are connected to the network.

Technological advances in everything from product design software to digital video cameras are breaking down the cost barriers that once separated amateurs from professionals. Hobbyists, part-timers, and dabblers suddenly have a market for their efforts, as smart companies in industries as disparate as pharmaceuticals and television discover ways to tap the latent talent of the crowd. The labor isn’t always free, but it costs a lot less than paying traditional employees. It’s not outsourcing; it’s crowdsourcing.”

One of the most relevant and worldwide-known events was the creation of Wikipedia, a free-access and free-content Internet encyclopedia, launched in 2001 and that at present receive

over 500 million visits every month. But several years before, in 1714, the British government offered a monetary prize (known nowadays as the Longitude Prize) to whomever came up with the best solution to measure a ship's longitude (Dawson and Bynghall 2012). This was the starting of crowdsourcing communities working together to solve a given problem.

In the nature of the concept, crowdsourcing does not require online resources, but the truth is that using the Internet makes crowdsourcing much easier and provides access to a wider amount of people around the world in less time and at a reduced cost. The rise of crowdsourcing was possible thanks to the evolution of the Internet and of the social media technologies which enabled the communities to come together more quickly and to collaborate and exchange information (Isman et al. 2012). The idea of working in the same collaborative project with people located at the other side of the world would be unthinkable and require a huge cost if we could not use the Internet.

A single individual cannot hold all available knowledge, not even a small group of people can. Superior knowledge is achieved when a large number of minds are connected (i.e., networked), via ad hoc tools and methods. Colleges and universities can use crowdsourcing methods to enable superior knowledge building processes and to optimize lecturing and administrative processes, which ultimately permits an efficient use of time resources for high-quality teaching and a reduction of the alumni expenses, thus enabling more students to attend university (which is of great social benefit). Crowdsourcing techniques can be a natural framework for learning although by itself it cannot offer the best educational experience. But applying the appropriate methods, it can offer improved education increasing the efficiency of workflows and optimizing the personalized curricula (Weld et al. 2012).

By 2027, the global crowdsourcing market is expected to reach \$154,835.74 million due to the methods involved.

That means that choosing the right crowdsourcing platform can do wonders for you and your business. You will be able to get an idea out quickly, get input from tons of people and move forward much quicker than if you had gone alone.

2. HOW DOES CROWDSOURCING WORK

Crowdsourcing has become an important tool for businesses to leverage in a variety of areas, including data collection, creating operational efficiencies, and general problem-solving. It has allowed many companies to scale at an unprecedented rate, to the point where the practice has revolutionized entire industries.

Crowdsourcing can manifest in a number of different ways, depending on the business' goal.

In order to crowdsource successfully, a business must first break a larger project up into individual micro-tasks. Workers will then unite to tackle these micro-tasks in small pieces, effectively expediting the process.

The way a business decides to gather workers that will perform these tasks often correlates with the kind of task that needs to be completed. A business may use a digital space -- sometimes called a crowdsourcing platform or micro-labor site -- to unite these workers into one place and serve them the micro-tasks.

For more complex projects that require workers with particular specialties, the business may utilize a more specialized

platform that is industry-specific. For example, many software developers utilize GitHub for this purpose. If a business is gathering customer data, they may turn to social media or a similar consumer-facing platform to crowdsource information from customers.

3. WHAT ARE THE BENEFITS OF CROWDSOURCING

Crowdsourcing has a number of benefits that businesses can leverage to their advantage. Find out more about why so many organizations are investing their resources into crowdsourcing. [6]

3.1. INCREASES SCALABILITY

Scaling is a difficult problem for any business to solve, particularly when it comes to working on massive projects with inadequate resources at your disposal. However, crowdsourcing provides an easy solution for scaling out any workforce by farming out small portions of a project that can be completed by remote workers at any given time or place. This flexibility is one of the top reasons businesses develop an interest in crowdsourcing. [6]

3.2. FILLS KNOWLEDGE GAPS

Unless a company is operating on a massive scale, most of them don't staff all of the resources they need at any given time. Crowdsourcing provides the ability to access people who have skill sets that are unavailable within the company. This can be invaluable for projects or problems that require specialized knowledge or skill sets that are scarce. [6]

3.3. ACCELERATES PROCESSES

Crowdsourcing allows businesses to perform tasks more quickly than a single employee. Breaking up a project into a collection of smaller pieces and providing those pieces to a larger group of workers expedites the completion of projects. Overall, crowdsourcing presents a more efficient way to do work. [6]

3.4. REDUCES OPERATIONAL COSTS

Crowdsourcing offers a cheaper way to complete projects. When a group of people unite digitally to complete a task, businesses can bypass most of the costs typically associated with operations. This includes the overhead costs of housing and paying employees a full salary, as well as the costs that could be incurred from paying for employees to learn new skills and more. Depending on the projects being completed, faster turnaround times can also equate to increased profits. [6]

3.5. INCREASES CONSUMER ENGAGEMENT

If a business chooses to seek out consumers in their crowdsourcing efforts, this can result in an extraordinary level of consumer engagement. Most traditional marketing media hold consumer attention for a short span of time. By asking consumers to participate in solving a specific problem or provide much-coveted data about their brand, the business is

gaining valuable attention that many companies pay big bucks to gain. [6]

3.6. OPEN-SOURCE SOFTWARE

One of the most common types of crowdsourcing comes in the form of open-source software. Open-source development allows developers to access the source code, permitting them to modify and improve the code as they see fit. Ultimately, this allows many eyes to analyze the code and utilize their unique skill sets to make it better.[6]

4. CROWDSOURCING METHODS IN HIGHER EDUCATION

Recent studies and first applications at colleges and universities have shown that applying crowdsourcing to education can be fruitful for both students and professors. Students would like to receive personalized education according to their abilities and learning style [3] and the recreation of the same lessons over and over is a waste of professors' time. With the proper use of crowdsourcing in Higher Education, professors can prepare high-quality lessons and provide useful instructions in class, and students are able to access to the best learning material and can improve their learning efficiency.

Evaluation techniques oriented to crowdsourcing have been used before in Higher Education at a smaller scale, for example peer-evaluation where the professor asks the students to evaluate each other's work. Early studies have pointed out that crowdsourced peer-grading can lead to more accurate assessments of the student's performance by combining different opinions with diverse perspectives and expertise [4]. In the last decade, with the emergence of Web technologies, online learning has evolved significantly using adaptive online environments that facilitate social learning [5]. For example, in the recent years, online tutoring systems have made considerable progress in Higher Education [3]. There are four key areas where applied crowdsourcing techniques play an important role in the performance of the alumni in Higher Education institutions:

- **Crowdteaching:** In this approach, the lecturing staff share and put together lecturing material following the university curricula.
- **Crowdlearning:** This crowdsourcing technique is based on the "learning by project lecturing scheme." This scheme has been successfully applied in American and European universities. In the crowdlearning approach, the knowledge building process is based on collaborative projects where different students share, effectively teaching each other, and learn jointly the skills that are necessary to carry out the targets of the project.
- **Crowdtuition:** Crowdsourcing has an important impact for the social benefit. Crowdtuition techniques allow the best performing students' tuition fees to be funded via crowdsourcing methods. Different early experiences have been developed in the last years, including Universitat Politècnica de València (UPV) from Spain.

➤ **Crowdfunding:** Lecturing requirements in Higher Education, especially in Engineering Studies, require important investments in laboratory and classroom material. Whether classroom materials are usually funded by Government in the case of public institutions, laboratory inventory material is more difficult to be 90 R. Llorente and M. Morant obtained. Crowdfunding lecturing laboratories is an interesting technique that permits these laboratories to address specific techniques—to be lectured—for the social benefit, e.g., cancer research.

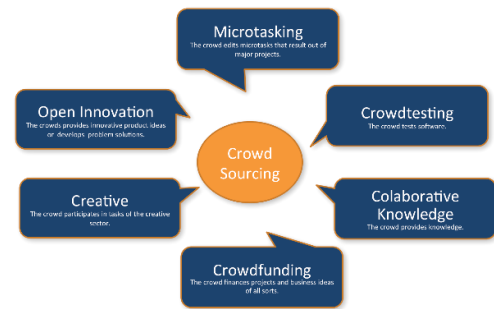


Figure 1. – Different types of crowdsourcing (Clickworker, 2020) [6]

In recent years crowdsourcing has been implemented as a part of operations by big tech companies (Amazon, Lego, Deloitte, Google, Alibaba, etc.), smaller companies and individuals.[13]

There are four types of crowdsourcing platforms based on complexity of the tasks as presented in figure 2. The types of platforms are based on the tasks they are designed to carry out and how contributors will interact with each other within these platforms. There is micro tasking when each contributor submits their own results. These is the simplest task type. Microtask should be designed to not take much time to complete (simple data clasification, audio transcription and similar). Broadcast search is asking each contributor to offer their own ideas/problem solving solution for the same problem. The most suitable ones will be selected. Broadcast search is used when there is an objective to a problem and solution can be proved. These two types fall under umbrella type – selective contribution where results are collected from individual contributors.

Second umbrella is integrative contribution – there the results are collected from input of all contributors together. There are two types of tasks – information pooling and open collaboration. Information pooling is collecting and integrating divers' opinions about the problem. Open collaboration – limited number of contributors cooperate to solve a problem and shate their ideas with each other, working as team.[13]

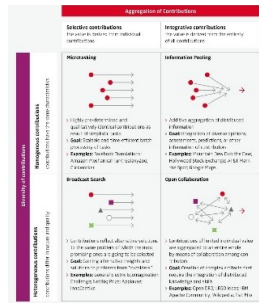


Figure 2. – Different types of crowdsourcing platforms (Blohm, Zagaj, Bestchenider&Lemester, 2020) [7]

To start constructing the crowd DBAS framework can be used as shown below in figure 3. DBAS stand for Define, Broadcast, Attract and Select. This is the framework that is easy to follow and is based on the logic on how any traditional recruitment works.[13]

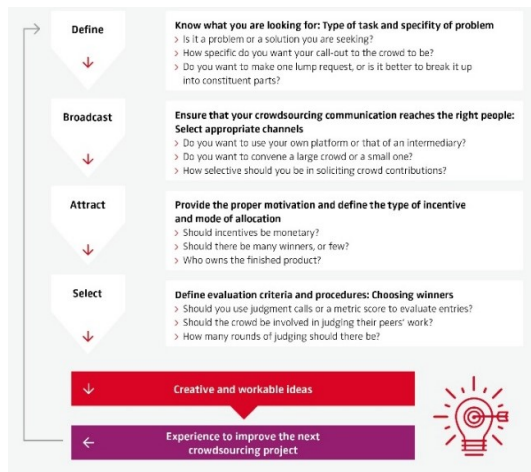


Figure 3. – DBAS crowdsourcing framework (Dahlander&Pienzuka, 2020) [8]

5. RESEARCH METHODOLOGY

5.1. ESTABLISH THE GOAL OF THE RESEARCH

Success of creating a CAM program for a given part and acquired knowledge and skills in the field of programming. The success of the CAM program is evaluated on the basis of:

1. Tool selection and cutting mode;
2. Analysis of the work and defining the manner and number of clamps;
3. Proper choice of the order of operations (frontal scraping, radial scraping of solid material, axial scraping of solid material, profile scraping, drilling, drilling and threading);
4. The duration of the cycle of making the part

The maximum number of points that could be achieved on an independent task related to CAM programming is 30 points. The maximum number of points was won by 4 students and they received a grade of 10. One student scored 20 points and received a grade of 7. Three students did not do an independent assignment.

5.2. AVERAGE GRADE OF THE STUDENT ON THE COMPLETED COURSE

The average grade includes all students who took the completed course in two exam periods (January-February exam period).

The average rating is 7.37. (8 students took the exam: two students received a grade of 10 with a score of 100; one student received a grade of 9 with a score of 83; one student received a grade of 8 with a score of 79; one student received a grade of 7 with the achieved number of points of 65, three students did not pass the exam, so the average grade was 5 as the grade for not passing the exam).

АКАДЕМИЈА СТРУКОВНИХ СТУДИЈА ЗАПАДНА СРБИЈА, ОДБОЈ УЖИЦЕ														
РЕЗУЛТАТИ АКТИВНОСТИ СТУДЕНТА														
Напомена: Пројекат: Програмирање CNC програмирања 1														
Поредни број	Број задатка	Свој	Позивање	Име и презиме студента	Емаил	Активности у току периода и резултати (%)								
						1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0000001	0000	0000	Петровић Петар Петровић		100	100	100	100	100	100	100	100	100
2	0000002	0000	0000	Савић Драган Драган		100	100	100	100	100	100	100	100	100
3	0000003	0000	0000	Николић Јелена Петровић		100	100	100	100	100	100	100	100	100
4	0000004	0000	0000	Вуковић Драган Драган		100	100	100	100	100	100	100	100	100
5	0000005	0000	0000	Милошевић Петровић Петровић		100	100	100	100	100	100	100	100	100
6	0000006	0000	0000	Милошевић Драган Драган		100	100	100	100	100	100	100	100	100
7	0000007	0000	0000	Савић Драган Драган		100	100	100	100	100	100	100	100	100
8	0000008	0000	0000	Савић Драган Драган		100	100	100	100	100	100	100	100	100
9	0000009	0000	0000	Савић Драган Драган		100	100	100	100	100	100	100	100	100
10	0000010	0000	0000	Савић Драган Драган		100	100	100	100	100	100	100	100	100
11	0000011	0000	0000	Савић Драган Драган		100	100	100	100	100	100	100	100	100

Figure 4. - Data on course students

Student survey (Google Survey entitled: Course Quality Assessments CNC Programming 1)

Ratings ranged from 1 to 5:

- 1 - very bad
- 2 - bad
- 3 - satisfies
- 4 - good
- 5 - excellent

The survey refers to:

1. Quality of the course as a whole;

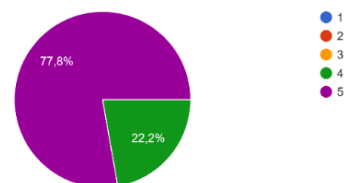


Figure 5. – Quality of the course as a whole (<https://docs.google.com/forms/d/1Y1eHGCg9J-GMnfx8a59mFb4bTJLfT1z8txlbrwKkZFA/edit#respones>)

2. Quality of written teaching material;

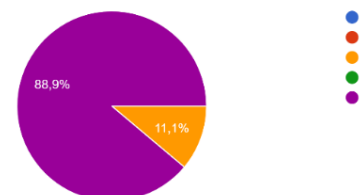


Figure 6. – Quality of written teaching material (<https://docs.google.com/forms/d/1Y1eHGCg9J-GMnfx8a59mFb4bTJLfT1z8txlbrwKkZFA/edit#respones>)

3. Quality of video tutorials with selected examples;

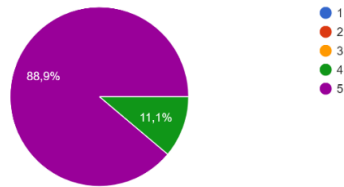


Figure 7. - Quality of video tutorials with selected examples

(<https://docs.google.com/forms/d/1Y1eHGCg9J-GMnfx8a59mFb4bTJLfT1z8txIbrwKkZFA/edit#responses>)

4. Quality of selected examples for independent exercise;

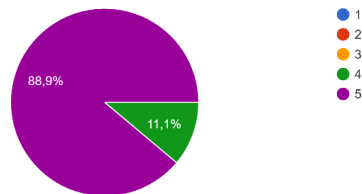


Figure 8. - Quality of selected examples for independent exercise

(<https://docs.google.com/forms/d/1Y1eHGCg9J-GMnfx8a59mFb4bTJLfT1z8txIbrwKkZFA/edit#responses>)

5. Assessment of teamwork when creating tasks.

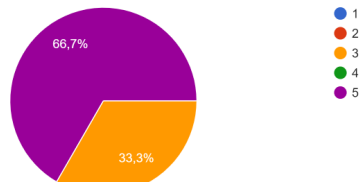


Figure 9. - Assessment of teamwork when creating tasks

(<https://docs.google.com/forms/d/1Y1eHGCg9J-GMnfx8a59mFb4bTJLfT1z8txIbrwKkZFA/edit#responses>)

5.3. DEFINE THE TARGET AUDIENCE

Third year students of vocational studies SP Mechanical Engineering (group of 5 to 10 students, indicate index numbers).

Бр. индекса	Презиме, име и други податаци, или	Email
MA004/19	Петровић Продрог Растко	petrovicp@vpts.edu.rs
MA005/19	Савић Зоран Душан	savicz@vpts.edu.rs
MA015/19	Надић Зоран Петар	nadicz@vpts.edu.rs
MA016/19	Вуковић Душан Душан	vukovicd@vpts.edu.rs
MA017/19	Милошевић Продрог Никола	milosevicp@vpts.edu.rs
MA019/19	Милошевић Стеван Савка	milosevicst@vpts.edu.rs
MA025/19	Станковић Милоград Савко	stanovicm@vpts.edu.rs
MA026/19	Ћић Недељко Миломир	cicn@vpts.edu.rs
MA027/19	Николић Душан Мирко	nikolicd@vpts.edu.rs
MA041/21	Ракић Милоград Недељка	rakitm@vpts.edu.rs
MA042/21	Славковић Дарко Даринка	slavovicd@vpts.edu.rs

Figure 10. - Data on course students

5.4. IDENTIFY SUITABLE ENGAGEMENT MECHANISMS

Contact classes and online video material.

Moodle website: <http://vpts.edu.rs/moodle/> [11]

<http://vpts.edu.rs/moodle/enrol/index.php?id=209> [12]

Guest access code: Mašinstvo22

5.5. DETERMINE A TECHNICAL PLATFORM TO SUPPORT ACTIVITIES

In the group, students worked on CAM programs for given parts, creating bases of tools and accessories, conducting an analysis of the clamping of the part, the correct choice of cutting mode, the choice of appropriate operations. The Moodle course page on ASSZS-OU, Zoom and Google meet software packages was used as a support platform. Students found solutions on the CadCrowd platform.

Cad Crowd will interest you even more, if you're looking for 3D design and 3D printing ideas: it works with a similar system as the previous two programs but focuses on CAD (Computer Aided Design) modelers. You run a contest, once again, but you can then choose to hire the winner of the ideas competition in a more traditional way (paying by the hour for example). [10]

You can use this crowdsourcing website to find 3D modelers, designers & drafting contractors for your designs, 3D printing or any product projects.

Additional sources: Moodle platform ASSZS-OU, video conferencing with additional tutorials.

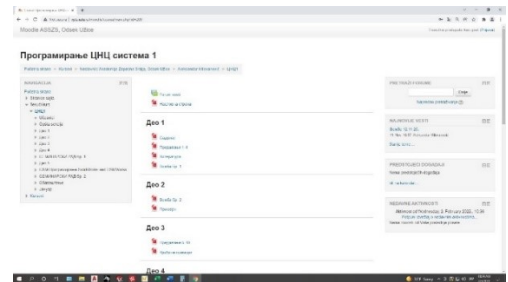


Figure 11. – CNC System Programming Course 1 on the Moodle platform ASSZS (Course: Програмирање ЦНЦ система 1 (vpts.edu.rs))

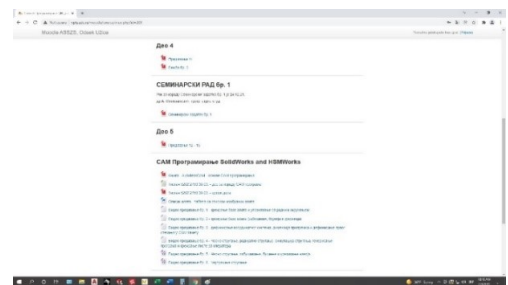


Figure 12. – CNC System Programming Course 1 on the Moodle platform ASSZS (Course: Програмирање ЦНЦ система 1 (vpts.edu.rs))

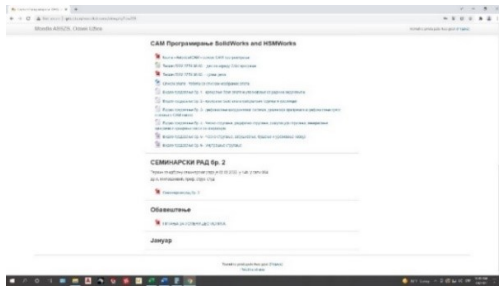


Figure 13. – CNC System Programming Course 1 on the Moodle platform ASSZS ([Course: Програмирање ЦНЦ система 1 \(vpts.edu.rs\)](http://Course: Програмирање ЦНЦ система 1 (vpts.edu.rs)))

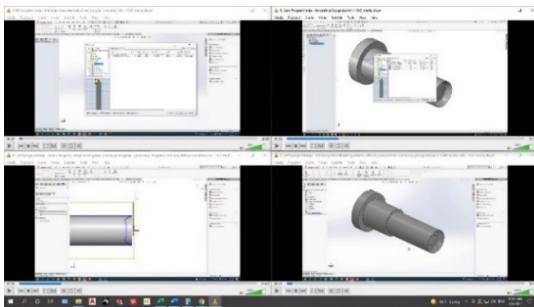


Figure 14. – Video tutorials for the course CNC System Programming 1 on the Moodle platform ASSZS ([Course: Програмирање ЦНЦ система 1 \(vpts.edu.rs\)](http://Course: Програмирање ЦНЦ система 1 (vpts.edu.rs)))

5.6. INVENTORY DATA METHOD (QUALITY STANDARDS)

Data collection for the analysis of this research was done in two ways:

1. Generation of survey results, entitled: Course quality assessments Programming CNC system 1, was done through Google forms tools and the results are presented in the form of graphs in chapter no. 5.2;
2. Manual collection and analysis of results based on:
 - completed independent tasks;
 - assessing the quality of completed tasks according to pre-set criteria;
 - assigning the number of points based on the set criteria and forming the grade of the independent task;
 - performing the final assessment based on all achieved results and acquired knowledge in the course CNC System Programming 1.

This type of research can be applied to all courses that are based on independent development of tasks that are performed with the help of various software packages that are supported by various educational platforms. Research aimed at analyzing the success of education in group work based on the principle of crowdsourcing encourages teamwork and expansion of acquired knowledge and skills during the educational period of students in higher education, as well as easier integration of graduates into the work environment.

6. CONCLUSION

Crowdsourcing is increasingly used in various fields of information technology. In addition to reducing the total costs

required to realize a product or idea, it also enables far broader cooperation and exchange of ideas between a larger number of participants.

The application of crowdsourcing in higher education is increasingly present and provides opportunities for various applications.

The research conducted at the Academy of Vocational Studies in Western Serbia shows that there is a justification for applying this way of cooperation between students, as well as between professors and students. The results show all the advantages of this way of open cooperation of students.

The research was conducted on a relatively small group of students, which shows that in the coming period the research should be expanded to a much larger number of students and professors in order to be more authoritative and better show the direction in which to improve crowdsourcing in higher education.

LITERATURE

- [1] Howe, J. (2006). The rise of crowdsourcing. WIRED magazine. Issue 14.06. The Rise of Crowdsourcing | WIRED.
- [2] Dawson, R., & Bynghall, S. (2012). Getting results from crowds. Advanced Human Technologies, 9–13.
- [3] Weld, D. S., Adar, E., Chilton, L., Hoffmann, R., Horvitz, E., Koch, M., et al. (2012). Personalized online education—A crowdsourcing challenge. In Human computation. AAAI Technical Report WS-12-08 (pp. 159–163).
- [4] Page, S. (2008). The difference: How the power of diversity creates better groups, firms, schools, and societies. Princeton: Princeton University Press.
- [5] Corneli, J., & Mikroyannidis, A. (2012). Crowdsourcing education on the Web: A role-based analysis of online learning communities. In: Okada, A., Connolly, T. & Scott, P. (Eds.), Collaborative learning 2.0: Open educational resources (pp. 272–286). Hershey, PA: IGI Global.
- [6] What Is Crowdsourcing and How Does It Work? Definition and Example - TheStreet (Accessed february 2022).
- [7] <https://www.clickworker.com/about-crowdsourcing/> (Accessed february 2022).
- [8] <https://www.nim.org/en/publications/gfk-marketing-intelligence-review/all-issues/crowd-innovation-hype-or-help/how-manage-crowdsourcing-platforms-effectively> (Accessed february 2022).
- [9] <https://www.nim.org/en/publications/gfk-marketing-intelligence-review/all-issues/crowd-innovation-hype-or-help/strategies-leveraging-crowds> (Accessed february 2022).
- [10] <https://www.cadcrowd.com/> (Accessed february 2022).
- [11] <http://vpts.edu.rs/moodle/> (Accessed february 2022).
- [12] <http://vpts.edu.rs/moodle/enrol/index.php?id=209> (Accessed february 2022).
- [13] Vasiljeva J. (2021), Inventory methods applicable for crowdsourcing, [Vasiljeva_Julija.pdf\(theseus.fi\)](http://Vasiljeva_Julija.pdf(theseus.fi)) (Accessed february 2022).

Analiza kurseva veštačke inteligencije – predlozi za unapređenje

Analysis of artificial intelligence courses - suggestions for improvement

Aleksandar Šijan¹, Luka Ilić², Bratislav Predić³, Darjan Karabašević⁴
Fakultet za primenjeni menadžment, ekonomiju i finansije, Beograd¹
Elektronski fakultet, Niš²

Sadržaj – Trenutno, u Republici Srbiji, ne postoje studijski programi osnovnih studija koji adekvatno pripremaju studente za polje veštačke inteligencije, a postojeći kursevi zahtevaju prilagođavanje uslovima savremenog sveta.

Rad je struktuiran tako da se u prvom delu izlaže komparativna analiza kurseva veštačke inteligencije koji se izučavaju u Republici Srbiji u odnosu na odabrane vodeće kurseve koji se izučavaju u inostranstvu. Vodeći kursevi u inostranstvu koji služe komparaciji odabrani su na temelju adekvatnog rangiranja od strane tela zaduženog za verifikaciju visokog obrazovanja. Aspekti na temelju kojih je sprovedena komparacija su kurikulum, način izvođenja nastave, motivacija studenata, neophodno i pruženo predznanje kao preduslov za produktivno pohađanje kurseva. U drugom delu rada na temelju istih aspekata se izlažu konkretne i merljive preporuke za unapređenje kurseva u Republici Srbiji što bi bio korak ka izgradnji integrisanog studijskog programa posvećenog AI.

Osnovni cilj ovog rada je analiza postojećeg stanja u našoj zemlji i davanje konkretnih predloga za unapređenje kurseva veštačke inteligencije, kako bismo na vreme uhvatili korak sa ostalim razvijenim zemljama.

Abstract - Currently, in the Republic of Serbia, there are no undergraduate study programs that adequately prepare students for the field of artificial intelligence, and the existing courses require adaptation to the conditions of the modern world.

The paper is structured in such a way that the first part presents a comparative analysis of artificial intelligence courses studied in the Republic of Serbia in relation to selected leading courses studied abroad. Leading courses abroad that serve comparison are selected on the basis of adequate ranking by the body in charge of verifying higher education. Aspects on the basis of which the comparison was conducted are the curriculum, the way of teaching, the motivation of students, the necessary and provided prior knowledge as a prerequisite for productive course attendance. In the second part of the paper, based on the same aspects, concrete and measurable recommendations for the improvement of courses in the Republic of Serbia are presented, which would be a step towards building an integrated study program dedicated to AI.

The main goal of this paper is to analyze the current situation in our country and give concrete proposals for the improvement of artificial intelligence courses, in order to catch up with other developed countries in time.

1. UVOD

Poslednjih nekoliko godina svedoci smo ponovnog rasta zainteresovanosti za polje veštačke inteligencije (AI), zbog njene sve veće primene u današnjim tehnologijama koje ljudima olakšavaju svakodnevni život. Ovaj trend je ključno ispratiti i kvalitetno se pripremiti za praćenje budućih razvoja u ovom polju. Stoga je od izuzetnog značaja kvalitetna edukacija kadrova, kako bi u budućnosti mogli da se suoče sa svim izazovima koje ovako kompleksno polje zahteva.

Trenutno ne postoje studijski programi osnovnih akademskih studija koji adekvatno pripremaju studente u našoj zemlji, a postojeći kursevi zahtevaju temeljno restruktuiranje radi prilagođavanja uslovima savremenog sveta.

2. PREGLED IZABRANIH KURSEVA OAS U RS

Najpre ćemo pristupiti analizi trenutnog stanja kurseva veštačke inteligencije na osnovnim akademskim studijama u Republici Srbiji u okviru odgovarajućih studijskih programa i modula (elektrotehnika i računarstvo, računarstvo i informatika i sl). Cilj ovog pregleda nije navođenje svih postojećih kurseva OAS na fakultetima u RS, nego uvidanje generalnog trenda odnosno paternu koji ćemo onda uporediti sa generalnim trendom inostranih kurseva.

Na Elektronskom fakultetu Univerziteta u Nišu, studenti koji izaberu modul Računarstvo i informatika, na četvrtoj godini pohađaće obavezan kurs Veštačka inteligencija. Takođe, imaće priliku da biraju dva izborna kursa – Računarski vid i Mašinska inteligencija u logičkim igrama [1]. U okviru Fakulteta za informatiku i računarstvo Univerziteta Singidunum studenti imaju priliku da se susretnu sa kursom Veštačka inteligencija na četvrtoj godini [2]. Studenti Matematičkog fakulteta Univerziteta u Beogradu imaju dva kursa veštačke inteligencije na trećoj godini studija - Uvod u veštačku inteligenciju koji je obavezan i izborni kurs Računarska inteligencija [3]. Slična situacija je i sa studentima Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta u Kragujevcu gde studenti treće godine imaju mogućnost da slušaju predmete Uvod u veštačku inteligenciju, Inteligentni sistemi i Robotika, s tim što su predmeti Inteligentni sistemi i Robotika izborni [4].

Iz nekoliko navedenih primera nasumično izabranih fakulteta, možemo zaključiti da je generalni trend sledeći – jedan ili dva obavezna kursa na završnim godinama studija.

3. PREGLED STUDIJSKIH PROGRAMA U RS

Stanje sa studijskim programima master i doktorskih akademskih studija je drugačije, pa tako imamo *full fledged* studijske programe, i to pet studijskih programa master akademskih studija:

1. *Veštačka inteligencija i mašinsko učenje* > *Fakultet tehničkih nauka (UNS)* [5]
2. *Veštačka inteligencija na srpskom i engleskom jeziku* > *Prirodno-matematički fakultet (UNS)* [5]
3. *Veštačka inteligencija i mašinsko učenje* > *Prirodno-matematički fakultet (NI)* [5]
4. *Inteligentna analiza podataka* > *NI* [5]
5. *Inteligentni sistemi* > *RAF (Univerzitet Union)* [5]

I dva studijska programa doktorskih akademskih studija:

1. *Inteligentni sistemi na srpskom i engleskom jeziku* > *Univerzitet u Beogradu* [5]
2. *Inteligentno softversko inženjerstvo* > *Univerzitet Singidunum* [5]

Ovde treba naglasiti da je ovo konačna lista studijskih programa posle diplomskih studija. Nakon uvida u gore izlistane studijske programe, možemo da donesemo zaključak kako je slabo zastupljen grad Beograd kao glavni grad i najveći univerzitetski centar, a koji bi po prirodi stvari trebalo da bude glavni motor inovacija i progresu.

4. PREGLED IZABRANIH INO KURSEVA

Slično pregledu kurseva OAS u RS, ni u ovom delu nećemo navoditi sve postojeće inostrane kurseve, jer to u zadatim okvirima, zbog njihove brojnosti, ne bi bilo optimalno. Cilj pregleda je da uočimo generalni trend i zatim da ga uporedimo sa generalnim trendom u RS. Kursevi koji će biti prikazani su nasumično izabrani kursevi sa različitih inostranih univerziteta:

1. *BSc (Hons) in Artificial Intelligence, Anglia Ruskin University (Cambridge, United Kingdom)* [7]
2. *BSc in Artificial Intelligence, Indiana University-Purdue University Indianapolis (Indianapolis, USA)* [8]
3. *BSc in Robotics and Intelligent Systems, Jacobs University (Bremen, Germany)* [9]
4. *B.Sc. in Artificial Intelligence, Poznan University of Technology (Poznań, Poland)* [10]

Ono što se odmah primećuje je postojanje studijskih programa veštačke inteligencije, bilo da je reč o trogodišnjim ili četvorogodišnjim programima, već od osnovnih akademskih studija. Ovakav pristup (postojanje studijskih programa već od OAS) studentima omogućava kontinuirano usavršavanje i specijalizaciju.

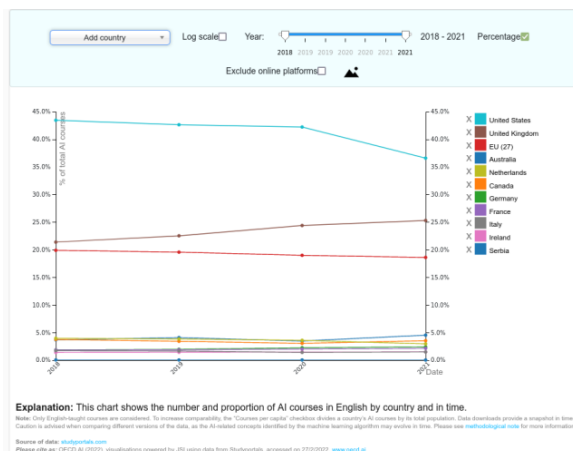
Ukoliko uporedimo navedene inostrane programe sa programima u RS, uočavamo da je razlika ogromna:

celokupni studijski programi, naspram jednog ili dva kursa na završnim godinama osnovnih akademskih studija. Stoga nije moguće izvršiti odgovarajuće poređenje i ovaj nalaz ide u prilog oceni trenutnog stanja koje daje dosta prostora za unapređenje.

5. KURIKULUM

Videli smo da nije moguće porediti kurikulume na OAS, pa ćemo se fokusirati na poređenje kurikuluma na MAS. Ako uporedimo studijske programe master akademskih studija na Univerzitetu u Nišu i Univerzitetu u Novom Sadu sa odgovarajućim studijskim programom na Univerzitetu Utreht možemo da vidimo da studijski istraživački rad na NI učestvuje sa 22.5% [11], a na UNS sa samo 13% [12] u ukupnom broju ESPB, dok je učešće SIR na Univerzitetu Utreht 37% [13].

Nakon ove analize možemo na slici 1 videti još jednu ilustraciju pozicioniranja RS u odnosu na druge zemlje.



Slika 1. AI kursevi by country [6]

Na slici 1 je prikazana proporcija AI kurseva na engleskom jeziku u selektovanim zemljama u periodu 2018-2021. Kao što smo videli samo dva studijska programa u RS nude nastavu na engleskom jeziku – master program Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu (Veštačka inteligencija na srpskom i engleskom jeziku) i program doktorskih studija na Univerzitetu u Beogradu (Inteligentni sistemi na srpskom i engleskom jeziku), pa je plava boja (koja na slici 1 prikazuje RS) skroz na dnu grafikona ispod 0.1%.

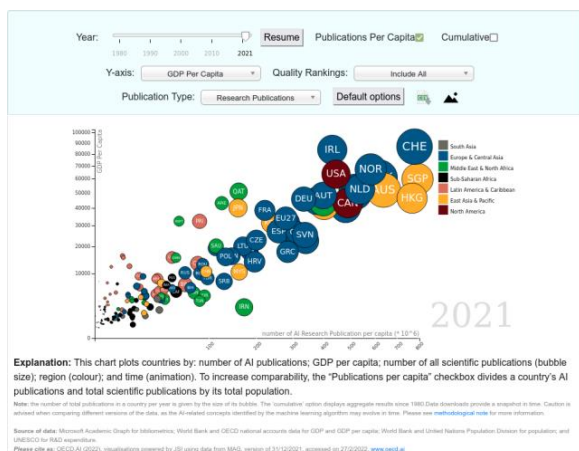
Izvodimo zaključak da su nepostojanje odgovarajućeg studijskog programa na OAS studenti master studija primorani da nadoknade u godinu ili dve. Temeljnije, postepenije, dugotrajnije usvajanje znanja i veština na osnovnim studijama sažima se u mnogo kraći vremenski period sa ozbiljnim nedostacima u pogledu temelja i osnova koje ih priprema za kasniju apsorpciju viših i kompleksnijih znanja. Fokus je na nadoknadi propuštenoga ne na usavršavanju kroz samostalni studijski istraživački rad i pripremu za dalje usavršavanje. Na taj način, nepostojanje programa na osnovnim studijama utiče na celokupno generacijsko kašnjenje naših kadrova za poljem

AI koje je u kontinuiranoj promeni i usavršavanju. Trka s vremenom i civilizacijskim napretkom bi se mogla razrešiti jednostavnim strukturalnim promenama.

6. IZVOĐENJE NASTAVE

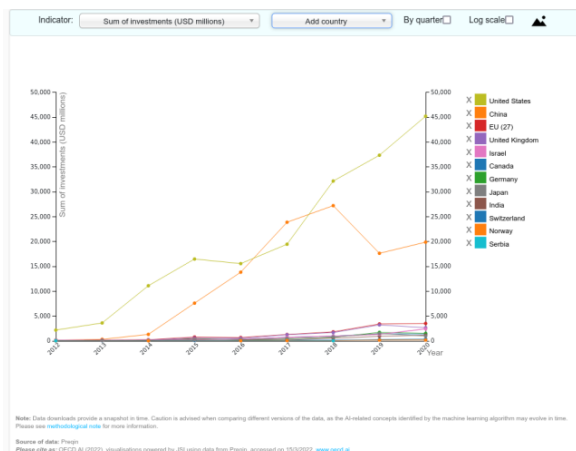
Za izvođenje nastave presudno je postojanje motivisanih stručnih profesora i pedagoga, mentorski rad sa studentima i dostupnost odgovarajuće infrastrukture za izvođenje praktičnih laboratorijskih ispitivanja.

Motivisanost profesora je izuzetno kompleksna tema, koja zahteva multidisciplinarni pristup a, između ostalog, je i deo šireg društvenog konteksta, pa se njome ovaj rad neće temeljnije baviti. S druge strane, stručnost je moguće operacionalizovati preko broja publikacija u renomiranim naučnim časopisima.



Slika 2. Broj publikacija po glavi stanovnika [14]

U tu svrhu, na slici 2 možemo da vidimo broj publikacija po glavi stanovnika u periodu 1980-2021. (zapravo je u pitanju animacija koju možete da pokrenete na sajtu oecd.ai). Na Y-osi je prikazan GDP po glavi stanovnika. Od zemalja u okruženju RS je lošije kotirana od Hrvatske i Slovenije, ali je bolje kotirana od Rusije, Kine i Bosne i Hercegovine. Takođe, ako uporedimo GDP zaključujemo da je samo Iran bolje kotiran od RS, a da ima manji GDP po glavi stanovnika. Postavlja se pitanje da li GDP po glavi stanovnika utiče na to da zemlja bude bolje kotirana na ovom grafikonu tj. da li zemlje sa boljim životnim standardom više ulažu u razvoj nauke, ljude koji se bave naučnim radom i na kraju i u razvoj veštačke inteligencije i istraživanja koja imaju veze sa istom. Da bismo dali odgovor na ovo pitanje pogledaćemo još jedan grafik sa sajta oecd.ai.



Slika 3. Ulaganja preduzetnog kapitala [15]

Na slici 3 možemo da vidimo ulaganja u polje veštačke inteligencije u milionima dolara u periodu 2012-2021. za selektovane zemlje. Na grafikonu vidno odskaku Sjedinjene Američke Države i Kina pa možemo da ih zanemarimo, pošto ne želimo da analiziramo granične slučajeve, i da se fokusiramo na ostale zemlje koje imaju približno slična ulaganja preduzetnog kapitala u polje veštačke inteligencije.

Podatak koji značajno može da rasvetli odnos između broja publikacija i GDP po glavi stanovnika jeste primer Švajcarske i Norveške. Ove dve države, kao što se može pročitati sa slike 2 su imale među najvećim brojem publikacija po glavi stanovnika dok se prema ulaganjima kapitala u ovo polje uopšte ne nalaze u grupi država koje ulažu mnogo u poređenju sa državama sa slike 3, a koje imaju dosta manje publikacija po glavi stanovnika. Ova disproporcija ne ide u prilog tezi da je broj publikacija u bilo kojoj vezi sa GDP-om po glavi stanovnika.

Za postojanje mentorskog rada sa studentima potrebno je da se formiraju optimalne grupe gde će profesor moći da se posveti svakom studentu tokom izvođenja nastave na svom kursu i da stimuliše njihovo aktivno uključivanje kroz diskusije, projekte, vežbanja i sl.

Poslednje, ali nikako u vrednosnom smislu, je i postojanje odgovarajuće infrastrukture gde studenti mogu na praktičan način da provere usvojeno teorijsko znanje i u realnim okolnostima testiraju sisteme o kojima su učili.

7. PREDLOZI ZA UNAPREĐENJE

Na osnovu prethodno odrađene analize u sledećim redovima biće izneti konkretni predlozi za unapređenje trenutnog stanja:

1. *Mentorstvo* > Pomoć mladim istraživačima koji se bave AI u vidu kolaboracije u pisanju naučnih radova i rada na projektima
2. *Sharing is caring* > Deljenje znanja, dostignuća i iskustava u okviru zajednice
3. *Pristupačnost* > Subvencije za kotizacije i dostupnost resursa potrebnih za istraživanja

4. *Fokus* > Formiranje specijalizovanih studijskih programa na OAS
5. *Dekompozicija* > Praktično izvođenje nastave na OAS, odnosno fokus na SIR na MAS i DAS

8. ZAKLJUČAK

Nedovoljno je imati jedan ili dva kursa na završnim godinama osnovnih akademskih studija, jer se time rasipa fokus na druge oblasti i studenti onda moraju da nadoknade celokupno gradivo za jednu (većina tehničko-tehnoloških fakulteta u RS ima trajanje master programa jednu godinu) ili dve godine master studija (ukoliko se student odluči za taj korak) oduzimajući im fokus na studijski istraživački rad i pripremu za dalje usavršavanje. Master studije tako preuzimaju koncept osnovnih akademskih studija.

Na taj način se ne stvara dobra baza za nastavak usavršavanja u oblasti veštačke inteligencije i zbog toga je neophodno formirati studijske programe već na osnovnim studijama i ispratiti ostale predloge za unapređenje: Mentorstvo, Sharing is caring, pristupačnost, fokus i dekompozicija.

LITERATURA

- [1] Elektronski fakultet Univerziteta u Nišu, OAS Modul Računarstvo i informatika, <https://www.elfak.ni.ac.rs/studije/oas-akreditacija-2019/oas-rii-2019> Preuzeto 4.2022.
- [2] Univerzitet Singidunum, Stranice predmeta: OAS Informatika i računarstvo, <http://predmet.singidunum.ac.rs/course/index.php?categoryid=39> Preuzeto 4.2022.
- [3] Matematički fakultet Univerziteta u Beogradu, OAS Studijski program Informatika, <http://www.matf.bg.ac.rs/m/180/osnovne-informatika/> Preuzeto 4.2022.
- [4] Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Kragujevcu, OAS Informatika, https://www.pmf.kg.ac.rs/pub/de899818ec58d0c3fb0a26d aa2e9e4af_12022016_123652/oasspinformatika.pdf Preuzeto 4.2022.
- [5] Nacionalno telo za akreditaciju i proveru kvaliteta u visokom obrazovanju, Ishodi akreditacija visokoškolskih ustanova i studijskih programa, <https://www.nat.rs/wp-content/uploads/2022/03/Ishodi-akreditacija-31.03.2022.pdf> Preuzeto 4.2022.
- [6] OECD, Trends and data, <https://oecd.ai/en/data?selectedArea=ai-education&selectedVisualization=ai-courses-by-country-in-time> Preuzeto 4.2022.

[7] Anglia Ruskin University, Bsc Artificial Intelligence, <https://aru.ac.uk/study/undergraduate/artificial-intelligence> Preuzeto 4.2022.

[8] Indiana University-Purdue University Indianapolis, BSc Artificial Intelligence, <https://et.iupui.edu/departments/ece/programs/ai/> Preuzeto 4.2022.

[9] Jacobs University, BSc Robotics and Intelligent Systems, <https://www.jacobs-university.de/study/undergraduate/programs/robotics-and-intelligent-systems> Preuzeto 4.2022.

[10] Poznan University of Technology, B.Sc. Artificial Intelligence, https://www-old.put.poznan.pl/sites/default/files/attachments/02_studie_s_bsc_artificial-intelligence_5_0.pdf Preuzeto 4.2022.

[11] Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Nišu, MAS Veštačka inteligencija i mašinsko učenje, https://www.pmf.ni.ac.rs/download/akreditacija_2021/MAS_VIMU_Struktura.pdf Preuzeto 4.2022.

[12] Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu, MAS Veštačka inteligencija i mašinsko učenje, <http://www.ftn.uns.ac.rs/n810555488/vestacka-inteligencija-i-masinsko-ucenje> Preuzeto 4.2022.

[13] Utrecht University, MSc Artificial Intelligence, <https://www.uu.nl/masters/en/artificial-intelligence/study-programme> Preuzeto 4.2022.

[14] OECD, Trends and data, <https://oecd.ai/en/data?selectedArea=ai-research> Preuzeto 4.2022.

[15] OECD, Trends and data, <https://oecd.ai/en/data?selectedArea=investments-in-ai&selectedVisualization=vc-investments-in-ai-by-country> Preuzeto 4.2022.



YU-S6-AUT

Autonomna vozila

AUTONOMNI SAMOVOZEĆI ROBOT AUTOMOBILI 2022

AUTONOMOUS SELF-DRIVING ROBOTIC CARS 2022

Gyula Mester

Orcid ID: 0000-0001-7796-2820

*University Óbuda, Doctoral School of Safety and Security Sciences,
Institute of NextTechnologies, Budapest, Hungary*

Sadržaj – Razvoj autonomnih samovozećih robot automobila bazira se na rezultatima istraživanja inteligentnih mobilnih robota. Ideja samovozećih automobila prvi put se pominje 1996 god. i potiče od japanskih robotičara. Zbog većeg stepena bezbednosti u saobraćaju razvijamo samovozeće robot automobile. Razvoj samovozećih automobila sa elektro pogonom značajno utiče na promenu auto industrije i društva. U realnim uslovima saobraćaja autonomni samovozeći automobili, najvišeg petog stepena automatizacije, nemaju volan i pedale, bez intervencije vozača detektuju okolinu i donose odluku o kretanju automobila.

Abstract - The development of autonomous self-driving cars is based on the results of research on intelligent mobile robots. The idea of Self-Driving Cars was first mentioned in 1996 and comes from Japanese robotics. We are developing Self-Driving robotic cars to improve road safety. The development of electric self-driving cars is rapidly transforming the automotive industry and society. In given traffic conditions, autonomous self-driving cars move without the driver's intervention, sensing the environment and making the decisions needed to drive safely.

1. UVOD

Razvoj autonomnih samovozećih robot automobila bazira se na rezultatima istraživanja inteligentnih mobilnih robota. Ideja samovozećih automobila prvi put se pominje 1996 god. i potiče od japanskih robotičara [2-10]. Zbog većeg stepena bezbednosti u saobraćaju razvijamo samovozeće robot automobile.

Razvoj samovozećih automobila sa elektro pogonom značajno utiče na promenu auto industrije i društva. Samovozeći robot automobili ne predstavljaju samo razvoj auto industrije već revoluciju [11-20].

Američka asocijacija SAE (Society of Automotive Engineers) International, 2014 god. definisala je 6 nivoa automatizacije vožnje:

Nivo 0: vozilom upravlja vozač, nema automatizacije, uslove saobraćaja nadzire vozač.

Nivo 1: vozilom upravlja vozač, podrška za upravljanje ili kočenje/urbzanje, uslove saobraćaja nadzire vozač.

Nivo 2: vozilom upravlja vozač, delimična automatizacija, podrška za upravljanje i kočenje/urbzanje, uslove saobraćaja nadzire vozač.

Nivo 3: uslovna automatizacija, vozilom upravlja vozač, delimična automatizacija, istovremena podrška za

upravljanje i kočenje/urbzanje, uslove saobraćaja nadzire automatika.

Nivo 4: visoki stepen automatizacije, automatika upravlja dinamikom vozila, uslove saobraćaja nadzire automatika.

Nivo 5: potpuna automatizacija, automatika upravlja dinamikom vozila, uslove saobraćaja nadzire automatika, vozilo u saobraćaju može da se kreće bez vozača.

U realnim uslovima saobraćaja autonomni samovozeći automobili, najvišeg petog stepena automatizacije, nemaju volan i pedale, bez intervencije vozača detektuju okolinu i donose odluku o kretanju automobila.

Na slici 1. prikazujemo prvi automobil na svetu iz 1886 god., na slici 2 samovozeći auto Toyota LQ, 4-og nivoa automatizacije, prevezio je sportiste na olimpijadi u Tokiju.

The world's first car, Karl Benz, 1886
(0.59 KW, V max: 16 km/h)



Slika 1. Toyota LQ



Slika 2. Toyota LQ

2. MATLAB R2022a

Matlab sadrži Toolbox-ove, velike biblioteke funkcija i kolekcija alata za usko specijalne proračune tj. područja istraživanja. Prvenstveno je namenjen rešavanju tehničkih problema predstavljenih u obliku vektora i matrica.

Rezultati se mogu se mogu atraktivno prezentovati, počev od matrica, 2D i 3D grafikonima, do modeliranja i simulacije kompleksnih procesa. Primena programa Matlab obuhvata istraživanja u oblastima fizike, elektrotehnike, mašinstva, robotike, inteligentnih sistema, bespilotnih letilica - dronova, autonomnih samovozećih automobila. Prikazujemo Toolbox-ove autonomne vožnje samovozećih automobila.

Verzija Matlab Simulink R2022a obuhvata Automated Driving Toolbox za samovozeće automobile [1]. Za realizaciju vožnje samovozećeg automobila pored Automated Driving Toolbox-a možemo koristiti i sledeće Toolbox-ove programa (ukupno 71):

WLAN Toolbox, Wavelet Toolbox, Vision HDL Toolbox, Computer Vision Toolbox, Vehicle Network Toolbox, Vehicle Dynamics Blockset, Sensor Fusion and Tracking Toolbox, Text Analytics Toolbox, SerDes Toolbox, Statistics and Machine Learning Toolbox, Simscape, Signal integrity Toolbox, Symbolic Math Toolbox, Satellite Communications Toolbox, Signal Processing Toolbox, Stateflow, SimEvents, Requirements Toolbox, RF PCB Toolbox, Reinforcement Learning Toolbox, RF Toolbox, Robust Control Toolbox, RF Blockset, Radar Toolbox, Powertrain Blockset, Simscape Electrical, Fixed Point Designer, Predictive Maintenance Toolbox, Optimization Toolbox, Navigation Toolbox, Deep Learning Toolbox, Motor Control Blockset, Model Predictive Control Toolbox, Mapping Toolbox, Model-Based Calibration Toolbox, LTE Toolbox, Lidar Toolbox, Wireless HDL Toolbox, Simscape Driveline, Image Processing Toolbox, System Identification Toolbox, Instrument Control Toolbox, Image Acquisition Toolbox, SoC Blockset, DSP HDL Toolbox, HDL Coder, Global Optimization Toolbox, GPU Coder, Fuzzy Logic Toolbox, Filter Design HDL Coder, HDL Verifier, Embedded Coder, DSP System Toolbox, Parallel Computing Toolbox, Deep Learning HDL Toolbox, Datafeed Toolbox, DDS Blockset, Database Toolbox, Data Acquisition Toolbox, Control System Toolbox, Matlab Compiler, Communications Toolbox, Curve Fitting Toolbox, Audio Toolbox, AUTOSAR Blockset, Phased Array System Toolbox, Mixed-Signal Blockset, Antenna Toolbox, 5G Toolbox.

Toolboxovi automatske vožnje sadrže algoritme za kreiranje, simulacije i testiranje sistema automatske vožnje. Omogućuje:

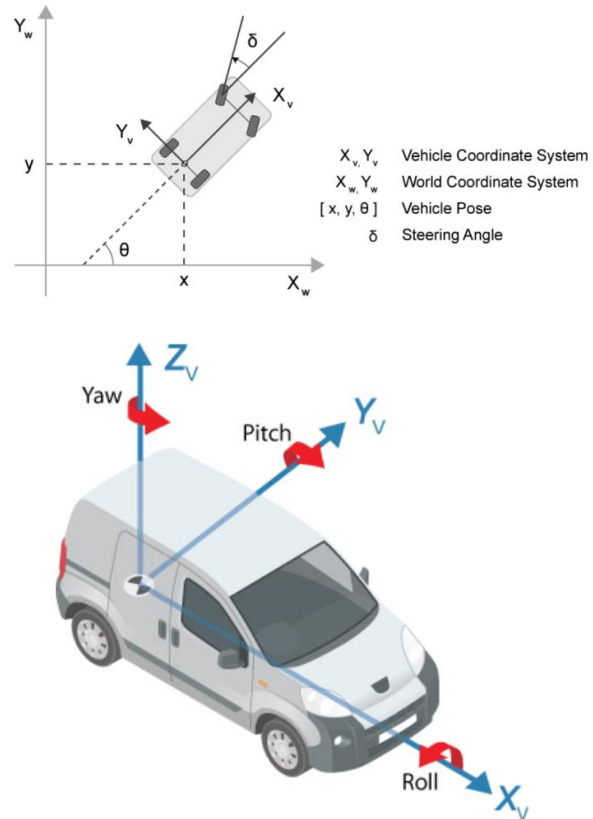
- planiranje i testiranje sistema veštačkog vida,
- aplikaciju lidar sistema,
- fuziju senzora,
- planiranje putanje i upravljanje samovozaćeg automobila – automatske vožnje,

realizuje video, lidar i praćenje mapa kretanja.

Automated Driving Toolbox™ koristi ove koordinatne sisteme, slika 3:

- Globalni: fiksni univerzalni koordinatni sistem u koji su smeštena sva vozila i njihovi senzori.
- Lokalni, vozilo: usidreno u vozilo, obično se koordinatni sistem vozila postavlja na tlo tačno ispod sredine zadnje osovine.

- Senzor: specifičan za određeni senzor, kao što je kamera ili radar.
- Prostorni: specifično za sliku snimljenu kamerom. Lokacije u prostornim koordinatama izražene su u jedinicama piksela.
- Šablon: koordinatni sistem šablona, obično se koristi za kalibraciju senzora kamere.



Slika 3. Globalni (World: X_w, Y_w) i lokalni (Vehicle: X_v, Y_v, Z_v) koordinatni sistemi.

Simulacija automatske vožnje je od bitne važnosti za ispitivanje funkcionalnosti Automated Driving Toolbox-a i za razvoj savremenih algoritama upravljanja samovozećih automobila [21-30].

Toolbox automatske vožnje – Automated Driving Toolbox- sa ostalim Toolbox-ovima u toku simulacije automatske vožnje omogućuje:

- označavanje osnovnih podataka,
- vizualizaciju senzorskih podataka,
- detekciju trake i vozila,
- obradu oblaka lidarskih tačaka,
- praćenje i spajanje senzora,
- generisanje scenarija vožnje i modeliranje senzora.

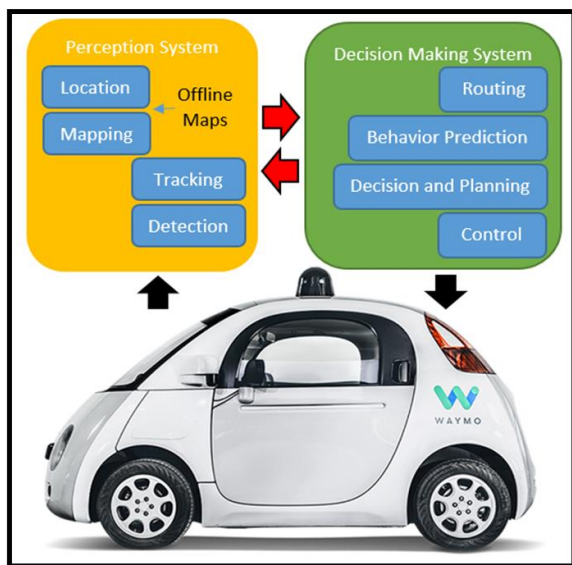
Možemo konstatovati da je programski paket Matlab u verziji R2022a postao izvrstan program paket za simulaciju upravljanja samovozećih automobila, generisanje scenarija vožnje, modeliranje senzora i verifikaciju teorijskih rezultata istraživanja [31-35].

3. BEZBEDNOST KRETANJA

U 2021 godini od posledica saobraćajnih udesa u svetu život izgubio više od 1.300.000 a povredjeno više od 3.500.000 učesika u saobraćaju, dominantno – više od 90% - zbog ljudske greške.

Ako vozila budu samovozeća očekujemo da će ovi brojevi biti bitno manji, više od milion učesnika u saobraćaju godišnje će ostati u životu.

Detektovanje okoline – uslova saobraćaja i donošenje odluke o upravljanju samovozećim automobilom prikazuju na slici 4.



Slika 4. Detektovanje okoline - i donošenje odluke o vožnji.

U neprekidno promenljivim uslovima vožnje senzori samovozećeg automobila detektuju okolinu – uslove saobraćaja a softver donosi odluku o vožnji.

Ako se samovozeći automobil kreće a pametnom gradu tada pored senzora samovozećeg automobila detektovanje okolina se vrši i bazi informacija IoT sistema pametnog grada.

Na slici 5 prikazujemo kamere i senzore samovozećeg robot automobila.

4. ZAKLJUČAK

Rad prikazuje samovozeće robot automobile u 2022 godini.

Takodje smo prikazali prgramski paket Matlab R2022a koji sadrži 71 alata (Toolbox) za simulaciju upravljanja samovozećih automobila, generisanje scenarija vožnje, modeliranje senzora i verifikaciju teorijskih rezultata istraživanja.

Ukazali smo na činjenicu da razvoj samovozećih automobila sa elektro pogonom značajno utiče na promenu auto industrije i društva.



Slika 5 Kamere i senzori samovozećeg automobila

5. LITERATURA

- [1] Mathworks, <https://www.mathworks.com/>.
- [2] César Bautista, Self-Driving Cars with Markovian Model-Based Safety Analysis, Proceedings of the Conference Trend 2022, XXVIII Skup Trendovi Razvoja: "Univerzitetno Obrazovanje za Privredu," Ed. Boris Dumnici, Paper No. T 4.1-6, pp. 394-397, ISBN 978-86-6022-401-1, Kopaonik, Serbia, 14-17.02.2022.
- [3] Jelena L. Pisarov, Gyula Mester, The Use of Autonomous Vehicles in Transportation, Tehnika, Vol. 76, Issue 2, pp. 171-177, DOI: 10.5937/tehnika2102171P, 2021.
- [4] Jelena Pisarov, Gyula Mester, Implementing New Mobility Concepts with Autonomous Self-Driving Robotic Cars, IPSI Transactions on Advanced Research (TAR), Vol.17, Issue 2, pp. 41-49, 2021.
- [5] Gyula Mester and Jelena Pisarov, Academic Ranking of World Universities 2021, Review of the National Center for Digitization, Faculty of Mathematics, University of Belgrade, pp. 96-101, Issue: 39, ISSN: 1820-0109, 2021.
- [6] Gyula Mester, Jelena Pisarov, Digitalization in Modern Transport of Passengers and Freight, Review of the National Center for Digitization, Faculty of Mathematics, University of Belgrade, pp. 83-89, Issue: 39, ISSN: 1820-0109, 2021.
- [7] César Bautista, Gyula Mester, Safety Analysis in Automotive Perception, Full Texts Book of the EJONS 13th International Conference on Mathematics, Engineering, Natural & Medical Science, pp. 368-378, ISBN: 978-625-7464-40-6, Cappadocia, Turkey, 26-27.10.2021.
- [8] Bautista César, Human Perception Inside of a Self-Driving Robotic Car, IPSI Transactions on Advanced Research, Vol. 17, Issue 2, pp. 50-56, 2021.

- [9] Gyula Mester, César Bautista, Automotive Digital Perception, Review of the National Center for Digitization, Faculty of Mathematics, University of Belgrade, pp. 90-95, Issue: 39, ISSN: 1820-0109, 2021.
- [10] Jelena Pisarov, Gyula Mester, The Impact of 5G Technology on Life in 21st Century, IPSI BgD Transactions on Advanced Research (TAR), Vol. 16, Issue 2, pp.11-14. 2020.
- [11] Jelena Pisarov, Gyula Mester, Programming the mbot Robot in School, Proceedings of the International Conference and Workshop Mechatronics in Practice and Education, MechEdu, pp. 45-48, Subotica, Serbia, 19.12.2019.
- [12] Attila Albini, Gyula Mester, László Barna Iantovics, Unified Aspect Search Algorithm. Interdisciplinary Description of Complex Systems: INDECS, Vol. 17, Issue 1-A, pp. 20-25, 2019.03.31.
- [13] Gyula Mester, New Trends in Scientometrics, Proceedings of the 33rd International Scientific Conference, "Science in Practice," pp. 22-27, 2015.
- [14] Gyula Mester, Merenje rezultata naučnog rada, Tehnika-Mašinstvo, Vol. 64, Issue 3, pp. 445-453, 2015.
- [15] Gyula Mester, Cloud Robotics Model, Interdisciplinary Description of Complex Systems, Vol. 3, Issue 3, pp. 1-8, ISSN 1334-4684, 2015.
- [16] Josip Kasac, Vladimir Milic, Josip Stepanic, Gyula Mester, A Computational Approach to Parameter Identification of Spatially Distributed Nonlinear Systems with Unknown Initial Conditions, Proceedings of the Conference 2014 IEEE Symposium on Robotic Intelligence in Informationally Structured Space (RIISS), pp. 1-7, 09.12.2014.
- [17] Aleksandar Rodic, Gyula Mester, Control of a Quadrotor Flight, Proceedings of the ICIST Conference, pp. 61-66, 2013.
- [18] Gyula Mester, Metode Naucne Metrike i Rangiranja Naucnih rezultata, Proceedings of the 57th ETRAN Conference, pp. RO3, 5.1-3, Vol. 38, 2013.
- [19] Aleksandar Rodic, Gyula Mester, Sensor-based Navigation and Integrated Control of Ambient Intelligent Wheeled Robots with Tire-Ground Interaction Uncertainties, Acta Polytechnica Hungarica, Vol. 10, No. 3, pp. 113-133, 2013.
- [20] Gyula Mester, Univerziteti Regiona na Šangajskoj Rang Listi Univerziteta u Svetu 2012, Zbornik radova XIX Skupa Trendovi razvoja, pp. 1-5, Kopaonik, Serbia, 2013.
- [21] Aleksandar Rodic, Gyula Mester, Ambientally Aware Bi-Functional Ground-Aerial Robot-Sensor Networked System for Remote Environmental Surveillance and Monitoring Tasks, Proceedings of the 55th ETRAN Conference, Section Robotics, Vol. RO2 5, pp. 1-4, 2012.
- [22] Gyula Mester, The Evaluation of the Impact Factor of the Journal Acta Polytechnica Hungarica, Proceedings of the TREND, pp. 70-73, 2011.
- [23] Gyula Mester, Felsőoktatási Világranglisták 2011, Proceedings of the Conference, Informatika a felsőoktatásban, pp. 269-277, Debrecen, Hungary, 2011.
- [24] Aleksandar Rodic, Gyula Mester, Virtual WRSN-Modeling and Simulation of Wireless Robot-Sensor Networked Systems, Proceedings of the IEEE 8th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics, pp. 115-120, 2010.
- [25] Gyula Mester, Wireless Sensor-Based Control of Mobile Robots Motion, 7th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics, pp. 81-84, 2009.09.25.
- [26] Gyula Mester, Obstacle-slope avoidance and velocity control of wheeled mobile robots using fuzzy reasoning, 2009 International Conference on Intelligent Engineering Systems, pp. 245-249, 2009.
- [27] Gyula Mester, Intelligent Mobile Robot Control in Unknown Environment, Intelligent Engineering Systems, and Computational Cybernetics, pp.15-26, Springer, Dordrecht, 2009.
- [28] Gyula Mester, Obstacle Avoidance and Velocity Control of Mobile Robots, Proceedings of the 6th IEEE International Symposium on Intelligent Systems and Informatics, pp. 1-5, 26.09.2008.
- [29] Gyula Mester, Obstacle Avoidance of Mobile Robots in Unknown Environments, Proceedings of the 5th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics, SISY 2007, pp. 123-127, Subotica, Serbia, 2007.08.24.
- [30] Gyula Mester, Intelligent Mobile Robot Controller Design, Proceedings of the 10th Intelligent Engineering Systems, INES 2006, pp. 282-286, London, United Kingdom, June 26-28, 2006.
- [31] Gyula Mester, Introduction to Control of Mobile Robots, Proceedings of the YUINFO'2006, pp. 1-4, ISBN 86-85525-01-2, Kopaonik, Serbia & Montenegro, 06-10.03.2006.
- [32] Gyula Mester, Distance learning in robotics, Proceedings of The Third International Conference on Informatics, Educational Technology and New Media in Education, pp. 239-245, 2006
- [33] Gyula Mester, Modeling of the Control Strategies of Wheeled Mobile Robots, Proceedings of the Kandó Conference 2006, pp. 1-3, ISBN 963-7154-42-6, Budapest, Hungary, January 12-13, 2006.
- [34] Gyula Mester, Neuro-Fuzzy-Genetic Controller Design for Robot Manipulators, Proceedings of IECON'95, 21st Annual Conference on IEEE Industrial Electronics, Vol. 1, pp. 87-92, 06.11.1995.
- [35] Gyula Mester, Adaptive Force and Position Control of Rigid Link Flexible-Joint Scara Robots, Proceedings of the International Conference on Industrial Electronics, 20th Annual Conference of the IEEE, IECON'94, Vol. 3, pp. 1639-1644, Bologna, Italy, September 5-9, 1994.

SCENARIJI SIMULACIJE U SAMOVOŽEĆIM AUTOMOBILAMA

SIMULATION SCENARIOS IN SELF-DRIVING CARS

Ms.C. César Bautista

Doctoral School of Safety and Security Sciences

Sadržaj - Razvoj samovozećih automobila imao je veliku pomoć ili poreklo u razvoju simulacionih okruženja koja mogu omogućiti integraciju softvera u bilo koje vozilo, mašinu ili robot. Ova okruženja uzimaju vozačevo iskustvo i istorijske podatke o putevima i ponovo kreiraju scenarije koji prevazilaze najveća očekivanja. Softver može efikasno da se bori protiv opasnosti u vašem specifičnom mrežnom okruženju omogućavajući fleksibilnu konfiguraciju višestrukih funkcija veza. U ovom radu smo opisali neki softver zadužen za simulaciju percepcije, planiranja i kontrole vožnje u automobilu koji omogućava inženjerima da steknu uvid u ponašanje u stvarnom svetu, smanje testiranje vozila i verifikuju funkcionalnost ugrađenog softvera.

Abstract - The development of self-driving cars have played a major role in the development of simulation environments that enable the integration of software into vehicles, machines, and robots. These environments take the driver's experience and historical road data, and recreate scenarios that supersede the highest expectations. The software can efficiently fight dangers in a specific network environment by allowing flexible configuration of multiple link features. In this paper, we describe the software used to simulate automotive driving perception, planning, and control systems that enable engineers to gain insight into real-world behavior, reduce vehicle testing, and verify embedded software functionality.

Keywords: Automotive, Environment, Perception, Self-Driving Cars, Simulation, Software.

1. INTRODUCTION

Autonomous driving may be a new topic and with many doubts for some, but the benefits that can be achieved such as Reduction in road congestion, Reduction in emissions, more efficient parking, lower transport costs for all, as well as a reduction in the cost of new roads and infrastructure.

For better performance of autonomous vehicles, they must train or gain experience and acquire mobility data, among other characteristics. Test tracks capable of simulating real roads have been designed and built. Still, they cannot prevent all kinds of unexpected events and their high construction and maintenance costs. Several prototypes have been put into circulation in real avenues, generating a significant advance. Although it still entails several difficulties, with the speed limit, they are not suitable for fast roads, thus obtaining accurate but not complete data. Although the use of digital simulations (computer-designed environments) is expanding, the digitization of entire cities promises to boost the performance of

autonomous vehicles in a short time. A simulator is a program or machine that simulates a real-life situation, creating a virtual version, often for instruction or experiment, such as a flight simulator [1-5]. Simulation is the only way to validate Self-driving Cars over millions of driving scenarios.

2. DRIVING VALIDATION

The first real test of self-driving cars in 1994 by the Mercedes-Benz company in the streets of Paris, two vehicles on a typical workday (average traffic), using a speedway of 1000 kilometers, the cars need a small human intervention to generate critical information for autonomous driving. It demonstrated that autonomous driving is viable [6].



Figure 1: VaMP 1994 [6]

These tests became more recurrent in the following decade and generated new information on autonomous driving. The cars achieved level 2 automation by adding vehicle support systems such as cruise control, steering wheel correction, parking aid, etc. A key point in developing self-driving systems and the upgrade to level 5 has understood the vehicle not as an individual but as a subsystem of an automated environment (smart city). Therefore, infrastructures must evolve in parallel with the automotive sector in developing a new form of mobility. Currently, these automatic vehicles must coexist with the rest of the vehicles, which generates a tremendous technological challenge in the development of systems. For this reason, the tests have been carried out in controlled environments created for this purpose or in virtual environments (simulations). At the end of 2021, Mercedes Benz became the first manufacturer to meet the level 3 autonomous driving; the S-Class models and the EQS will be the first commercial vehicles with this technology. With the DrivePilot system, these models will have the speed and direction to drive 60 km/h in heavy traffic on German streets. In addition to allowing the Driver to perform additional tasks on the central screen, such as buying online or managing emails [7].



Figure 2: Mercedes-Benz S-Class [7]

3. SIMULATION

Simulation is the process of designing a model of a real system and performing experiments on it to understand the system's behavior or to evaluate various strategies.

The simulation process includes constructing the model and its analytical use to study a problem. Simulation is not restricted to experiments on models made on computers[8-13].

For the design and development of autonomous systems, there are three types of tests:

3.1. REAL TEST

Real tests we must understand on a public road provide a large amount of information in real-time and helps developers understand how the vehicle should act in a daily workday and learn to react to situations outside the regular programming. If the above is a great advantage, it also has a significant problem. The reliability of the systems is tested every minute. The minimum failure can result in human losses; in addition, the circulation of driverless vehicles is regularized and depends on the laws of each country. Several accidents have occurred in the last decades of tests of autonomous vehicles, such as Uber's Volvo XC90 in Arizona, where a passerby died; the official department concluded that it was a programming error on the part of the vehicle.

Collecting data in real traffic situations is vital for the development of autonomous driving, but the danger implicit in these tests is unquestionable.

3.2. TEST CENTER

The safest way to obtain specific data is to create controlled situations; for this, entire cities are built with incredible detail that simulates a real city (road intersections, road signs, buildings, etc.) and conduct tests with pedestrians (test dummies).

The main attraction of these places is that they allow any system to be tested without obtaining a legal permit and without putting anyone on public roads at risk.

3.3. VIRTUAL SIMULATOR

The third test method combines the benefits of the other two; the data obtained on public roads and test centers allow virtualizing scenarios where the autonomous vehicle can test its systems. These scenarios can simulate all the situations that a vehicle may face daily and have one of the most significant benefits, the infinite number of tests that can be carried out virtually. Artificial intelligence can finish its learning decades of knowledge in a short time.

The car does not need to load with sensors. Telecommunications would not be saturated either since they would not have to transmit and receive millions of gigabytes of data simultaneously [14].

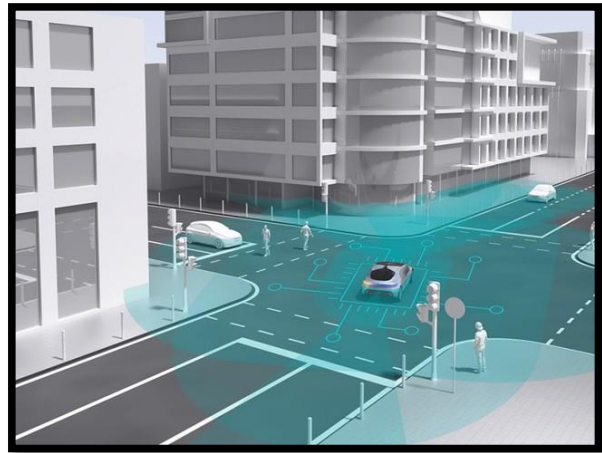


Figure 3: Virtual City Example [14]

4. METHODOLOGY

To design and build a simulator, developers follow the methodology in steps:

- a. Describe the behavior of systems.
- b. Postulate theories or hypotheses that explain the behavior observed.
- c. Use these theories to predict future behavior, that is, the effects of changes in the system or its method of operation.[15-21]

5. MODEL

A model represents an object, system, or idea differently.

Their purpose is to help us explain, understand, or improve a system.

The model of an object can be an almost replica of the object, or it can be an abstraction of the dominant properties of the object based on a purpose.

5.1. MODEL TYPES

- a. Visual Models: Graphical Sketchers

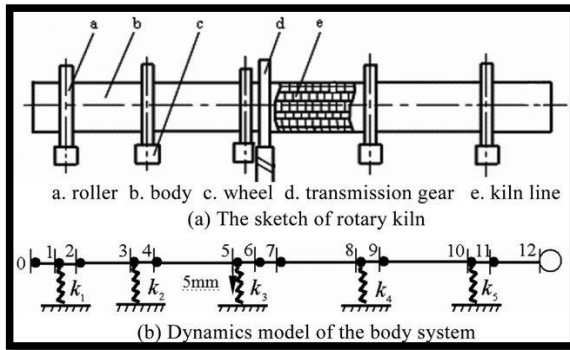


Figure 4: Sketch example model

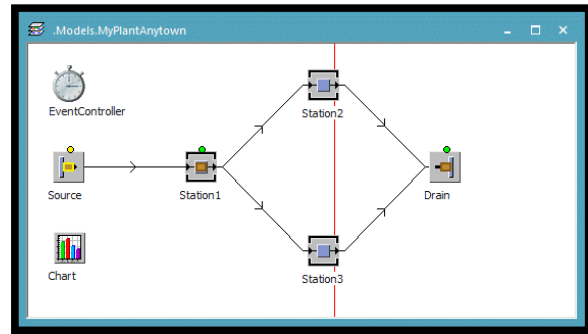


Figure 7: Block example model

b. Physical Models: Prototypes, Scale



Figure 5: Prototype example model

c. Logical Models: Algebraic representation

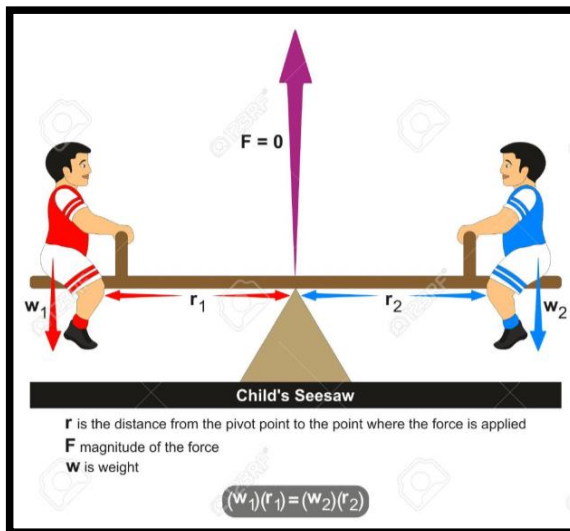


Figure 6: Mathematical example model

d. Empirical Models: Relationship between variables

6. MATLAB



Automated Driving Toolbox provides algorithms and tools for designing, simulating, and testing ADAS and autonomous driving systems.

The software design tests vision and LIDAR perception systems, sensor fusion, path planning, and vehicle controllers.

Visualization tools include a bird's-eye-view plot and scope for sensor coverage, detections and tracks, and displays for video, LIDAR, and maps.

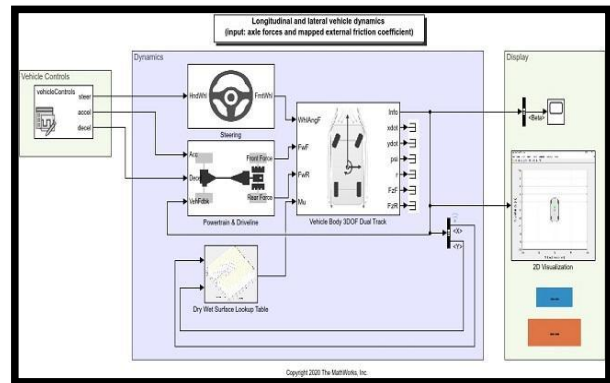


Figure 8: Workplace MATLAB

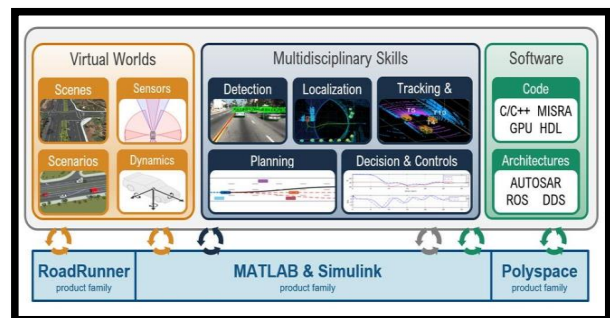


Figure 9: MATLAB Simulation Structure

7. ANSYS-AUTONOMOUS VEHICLE SIMULATION



Offer dedicated features for sensors and headlamps for developing ADAS and autonomous systems.

Can recreate real-world driving conditions to test systems under variable traffic, terrain, weather, and lighting conditions [22-29].



Figure 10: ANSYS Simulation Module

8. WAYMO

SimulationCity: Introducing Waymo's most advanced simulation system yet for autonomous driving.

SimulationCity automatically synthesizes entire journeys to assess the Waymo Driver's performance.



Figure 11: Waymo SimulationCity Project

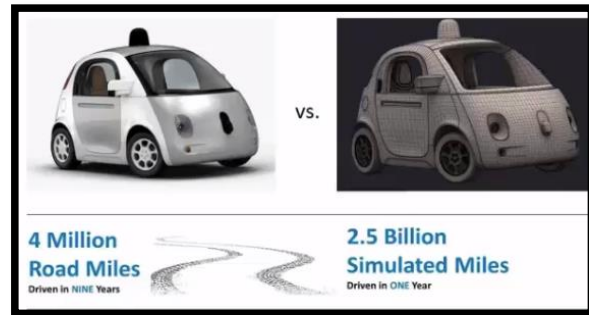


Figure 12: Waymo simulation results

9. CONCLUSIONS

We can amplify our number of real-world miles to accelerate our Driver's learning, prepare for rare events, train new models, validate new software, and even evaluate how the Driver would have performed in actual fatal crashes that have already occurred.

The use of models makes controlled experimentation possible in situations where direct experiments would be impractical or cost or time prohibitive.

10. LITERATURA

- [1] Gyula Mester, Neuro-Fuzzy-Genetic Controller Design for Robot Manipulators, Proceedings of IECON'95, 21st Annual Conference on IEEE Industrial Electronics, Vol. 1, pp. 87-92, 06.11.1995.
- [2] Gyula Mester, Introduction to Control of Mobile Robots, Proceedings of the YUINFO'2006, pp. 1-4, ISBN 86-85525-01-2, Kopaonik, Serbia & Montenegro, 06-10.03.2006.
- [3] Gyula Mester, Obstacle Avoidance and Velocity Control of Mobile Robots, Proceedings of the 6th IEEE International Symposium on Intelligent Systems and Informatics, pp. 1-5, 26.09.2008.
- [4] Gyula Mester, Novi trendovi naucne metrike, Proceedings of the XXI Skup Trendovi Razvoja: Univerzitet u Promenama ... TREND 2015, paper No UP 1-3, Zlatibor, Serbia, 2015.
- [5] Gyula Mester, New Trends in Scientometrics, Proceedings of the 33rd International Scientific Conference, "Science in Practice," pp. 22-27, 2015.
- [6] David Rostcheck, The Self-Driving Car - from 1994, American technology, 2015, <https://medium.com/@davidrostcheck/the-self-driving-car-from-1994-fb1ec617bd5a>
- [7] Javier Jiménez, Mercedes-Benz takes a step forward by obtaining permission to homologate its level 3 autonomous driving system, 2021, <https://www.autofacil.es/mercedes-benz/mercedes-benz-homologa-sistema-conduccion-autonoma/302783.html>
- [8] Aleksandar Rodic, Gyula Mester, Sensor-based Navigation and Integrated Control of Ambient Intelligent

- Wheeled Robots with Tire-Ground Interaction Uncertainties, *Acta Polytechnica Hungarica*, Vol. 10, No. 3, pp. 113-133, 2013.
- [9] Aleksandar Rodic, Gyula Mester, Virtual WRSN-Modeling and Simulation of Wireless Robot-Sensor Networked Systems, *Proceedings of the IEEE 8th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics*, pp. 115-120, 2010.
- [10] Gyula Mester, Wireless Sensor-Based Control of Mobile Robots Motion, *7th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics*, pp. 81-84, 2009.09.25.
- [11] Gyula Mester, Intelligent Mobile Robot Control in Unknown Environment, *Intelligent Engineering Systems, and Computational Cybernetics*, pp.15-26, Springer, Dordrecht, 2009.
- [12] Aleksandar Rodic, Gyula Mester, Ambientally Aware Bi-Functional Ground-Aerial Robot-Sensor Networked System for Remote Environmental Surveillance and Monitoring Tasks, *Proceedings of the 55th ETRAN Conference, Section Robotics*, Vol. RO2 5, pp. 1-4, 11.2012. +}
- [13] Attila Albini, Gyula Mester, László Barna Iantovics, Unified Aspect Search Algorithm. Interdisciplinary Description of Complex Systems: INDECS, Vol. 17, Issue1-A, pp. 20-25,2019.03.31.
- [14] Rubén Fidalgo, Where self-driving cars are tested: microworlds for driverless vehicles, 2018, <https://www.autocasion.com/actualidad/reportajes/donde-se-prueban-coches-autonomos>
- [15] Josip Kasac, Vladimir Milic, Josip Stepanic, Gyula Mester, A Computational Approach to Parameter Identification of Spatially Distributed *Nonlinear Systems with Unknown Initial Conditions*, *Proceedings of the Conference 2014 IEEE Symposium on Robotic Intelligence in Informationally Structured Space (RIISS)*, pp. 1-7, 09.12.2014.
- [16] Gyula Mester, Metode Naucne Metrike I Rangiranja Naucnih rezultata, *Proceedings of the 57th ETRAN Conference*, pp. RO3, 5.1-3, Vol. 38, 2013.
- [17] Jelena Pisarov, Gyula Mester, The Impact of 5G Technology on Life in 21st Century, *IPSI BgD Transactions on Advanced Research (TAR)*, Vol. 16, Issue 2, pp.11-14. 2020.
- [18] Gyula Mester, The Evaluation of the Impact Factor of the Journal *Acta Polytechnica Hungarica*, *Proceedings of the TREND*, pp. 70-73.
- [19] Gyula Mester, *Felsooktatási Világranglisták 2011*, *Proceedings of the Conference, Informatika a felsőoktatásban*, pp. 269-277, Debrecen, Hungary, 2011.
- [20] Gyula Mester, Univerziteti Regiona na Šangajskoj Rang Listi Univerziteta u Svetu 2012, *Zbornik radova XIX Skupa Trendovi razvoja*, pp. 1-5, Kopaonik, Serbia, 2013.
- [21] Jelena Pisarov, Gyula Mester, *Programming the mbot Robot in School*, *Proceedings of the International Conference and Workshop Mechatronics in Practice and Education, MechEdu*, pp. 45-48, Subotica, Serbia, 19.12.2019.
- [22] Jelena L. Pisarov, Gyula Mester, *The Use of Autonomous Vehicles in Transportation*, *Tehnika*, Vol. 76, Issue 2, pp. 171-177, DOI: 10.5937/tehnika2102171P, 2021.
- [23] Jelena Pisarov, Gyula Mester, Implementing New Mobility Concepts with Autonomous Self-Driving Robotic Cars, *IPSI Transactions on Advanced Research (TAR)*, Vol.17, Issue 2, pp. 41-49, 2021.
- [24] César Bautista, Gyula Mester, Safety Analysis in Automotive Perception, *Full Texts Book of the EJONS 13th International Conference on Mathematics, Engineering, Natural & Medical Science*, pp. 368-378, ISBN: 978-625-7464-40-6, Cappadocia, Turkey, October 26-27, 2021.
- [25] Bautista César, Human Perception Inside of a Self-Driving Robotic Car, *IPSI Transactions on Advanced Research*, Vol. 17, Issue 2, pp. 50-56, 2021.
- [26] Gyula Mester, César Bautista, Automotive Digital Perception, *Review of the National Center for Digitization, Faculty of Mathematics, University of Belgrade*, pp. 90-95, Issue: 39, ISSN: 1820-0109, 2021.
- [27] César Bautista, Self-Driving Cars with Markovian Model-Based Safety Analysis, *Proceedings of the Conference Trend 2022, XXVIII Skup Trendovi Razvoja: "Univerzitetsko Obrazovanje za Privredu,"* Ed. Boris Dumnic, Paper No. T 4.1-6, pp. 394-397, ISBN 978-86-6022-401-1, Kopaonik, Serbia, 14-17.02.2022.
- [28] Gyula Mester and Jelena Pisarov, Academic Ranking of World Universities 2021, *Review of the National Center for Digitization, Faculty of Mathematics, University of Belgrade*, pp. 96-101, Issue: 39, ISSN: 1820-0109, 2021.
- [29] Gyula Mester, Jelena Pisarov, Digitalization in Modern Transport of Passengers and Freight, *Review of the National Center for Digitization, Faculty of Mathematics, University of Belgrade*, pp. 83-89, Issue: 39, ISSN: 1820-0109, 2021.

Implementing Advanced Amazon AWS Authentication Capabilities for the Robot Test-Automation Framework

Namik Delilovic
Graz, Austria

Abstract - Advanced authentication features such as secret access keys are insufficient given the growing security requirements in cloud-oriented software architectures. Multifactor authentication, role-switching, and time-limited credentials are some of the security measures currently not natively supported by the Robot test-automation framework. This paper analyzes the missing Amazon AWS STS cloud authentication feature in the Robot Framework RPA Library and proposes a possible implementation.

1. INTRODUCTION

Many of today's applications live in the cloud. With the SaaS (Software as a Service) model, most users no longer need to install their applications. Previously installed applications are today available online through a simple internet connection. Here are just a few examples of how SaaS is used instead of on-premise (installable) software:

- Documents: Office 365, Google Workspace
- Latex: Overleaf
- Backup: NextCloud, OneDrive, Google Drive
- Photo Library: Google Photos, Apple iCloud
- Email: ProtonMail, Posteo, Gmail, Yahoo

Even the payment of bills such as electricity, internet access, and water is made online by bank transfer and via the service providers' platforms. It is no longer necessary to go to the local bank, as the essential services are available through the bank's web portal, and nowadays, some banks operate only online. Last but not least, we should mention digital e-government services, where citizens can conduct their business with the government entirely online.

From the above examples, we see that things we do online today are vital and relevant to our lives. A single security breach could negatively affect many lives. This concern is also why the security measures of these services are getting better but also more complex. Authentication using only a username and password is no longer considered sufficient.

The same security measures must be respected during test automation. Any workarounds (e.g., turning off 2FA) would not ensure complete test coverage and might compromise the entire system.

This document will analyze a well-known and powerful test automation tool called Robot Framework and its ability to test applications in the cloud, focusing on the cloud authentication requirements. Therefore, in Section 2. **ROBOT FRAMEWORK (RF)**, we briefly describe what Robot Framework is, where it is used, and how it works. In Section 3. **AMAZON AWS** we describe the

Amazon AWS cloud platform, its features, services, and authentication possibilities. In Section 4. **RF & AWS IAM AUTHENTICATION**, we combine the insights from Sections 2 and 3 and analyze the current Robot Framework Amazon AWS authentication possibilities, the limitation to authenticate via STS, and a solution to overcome this limitation. Finally, in the **CONCLUSION** section, we draw a general summary of the previous sections.

2. ROBOT FRAMEWORK (RF)

Robot Framework is an open-source Python-based tool used for keyword-driven acceptance testing, acceptance test-driven development (ATDD)¹, behavior-driven development (BDD), and robotic process automation [1], [2].

Pekka Laukkanen, the original author, developed the basic concept of RF as part of his master's thesis when he worked at Nokia. In his master's thesis, the author established the three most essential RF requirements: automatic test execution, ease of use, and maintainability.

The initial idea was to support data-driven and keyword-driven tests in the Robot Framework. Since, at the end of the pilot project, it turned out that keyword-driven tests could also conditionally act as data-driven tests, data-driven was further pursued as a separate entity [3]. In Figure 1, we see that RF's architecture separates the test data, RF, and used libraries from the system under test.

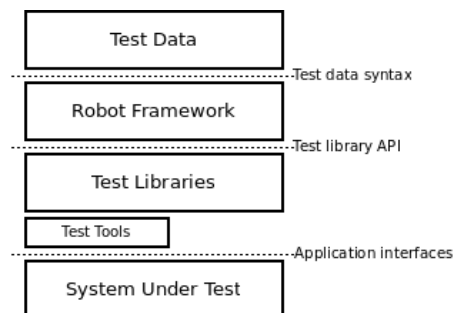


Figure 1 RF High-Level Architecture [1]

To understand the power of RF keyword-driven testing, we present two examples where a web application is run once in pure Python and once in RF. Both use Selenium, a library used for testing web applications. **The complete source code of this example is also published on the GitHub repository at [4].**

¹ A collaborative approach to development in which the team and customers are using the customers own domain language to understand their requirements, which forms the basis for testing a component or system [20].

Python Example

```
# Include libraries
from selenium import webdriver
from selenium.webdriver.common.by import By
from selenium.webdriver.support import expected_conditions
from selenium.webdriver.support.wait import WebDriverWait

# Define variables
url = "https://www.stealmylogin.com/demo.html"
username = "testUsername"
password = "testPassword"

# Initialize the web driver
driver = webdriver.Firefox()
driver.get(url)

# Enter username and password
driver.find_element(by=By.NAME, value="username").send_keys(username)
driver.find_element(by=By.NAME, value="password").send_keys(password)

# Press submit button
driver.find_element(by=By.XPATH, value="/html/body/form/input[3]").submit()

# Verify if the "Example Domain" title is present on the next page
WebDriverWait(driver, 5).until(expected_conditions.title_is("Example Domain"))
```

The test is relatively simple: we open a login web page, enter our credentials in the Username/Password field and click the login button. Finally, we check if the login was successful by verifying the content on the next page.

Below are the steps that the Python code from above executes:

- *Include libraries* that are required by the defined test case
- *Define variables* for the webpage: URL, username, and password
- *Initialize the web driver* and open the login page using the Firefox browser
- *Enter username and password* in the appropriate login field, which is found using the field's element name
- Find and *Press the submit* button using the element XPATH value
- *Verify if the "Example Domain" title is present on the next page*; this confirms that the login was successful

Robot Framework Example

```
*** Settings ***
Library                SeleniumLibrary

*** Variables ***
${url}
https://www.stealmylogin.com/demo.html
${username}            testUsername
${password}            testPassword

*** Test Cases ***
Login
    Open Browser
    https://www.stealmylogin.com/demo.html
    firefox
        Input Text      username
    ${username}
        Input Text      password
    ${password}
        Click Button     login
        Title Should Be  Example Domain
```

We can observe that the RF example is cleaner and easier to understand. In the ***** Settings ***** table, we define our required libraries and resource files. In the ***** Variables ***** table, we define the variables used in the test cases, and last but not least, in ***** Test Cases *****, we define our test cases. Currently, we have only one test called *login*, but additional tests are, of course, also possible [5].

In the RF example above, we have only used library keywords such as **Open Browser** and **Input Text**. Library keywords can be built-in or created by the user, and in more complex test cases, these can become very long and unreadable. Therefore, we introduce the fourth and final RF table, referred to as ***** Keywords *****. Using this table, we can make the library keywords more user-friendly and thus understandable to people without technical (software development) knowledge.

```
*** Keywords ***
Open Browser To Login Page
    Open Browser
    https://www.stealmylogin.com/demo.html
    firefox

    Input Username
        Input Text      username
    ${username}

    Input Password
        Input Text      password
    ${password}

    Submit Credentials
        Click Button     login

    Example Domain Should Be Open
        Title Should Be  Example Domain
```

Using the `*** Keywords ***` table and hiding them together with the `*** Settings ***` and `*** Variables ***` table in a separate `*.robot` file leads us to the following final version:

```
*** Test Cases ***
Login
    Open Browser To Login Page
    Input Username
    Input Password
    Submit Credentials
```

From the example above, we can see how anyone could read and understand our test. User-defined keywords make it possible to write tests for people with no software development knowledge but who might understand well what the system under test is supposed to deliver (e.g., acceptance tests). Of course, the keywords have to be defined and written by test-automation engineers first, but afterward, the technical tests can be carried out by others.

What about the developers? How can they benefit from such tests? For this, the RF offers a very detailed and powerful reporting tool. The report file is generated as an HTML document at the end of the test run and is available to anyone who may be of interest. For example, if RF is integrated into the CI/CD pipeline (for which there is also an RF Jenkins plugin), it would be possible to run the tests automatically after each build/release. The report generated by RF would help the developers quickly identify the root cause of the faulty tests, leading to faster error resolutions. In Figure 2, we see the report for our previous test case. It contains the pass/fail mark (in our case, only pass) and the execution time for each test, and the underlying keywords, which are, in our case, only 1 test, 5 user keywords, and 4 library keywords.

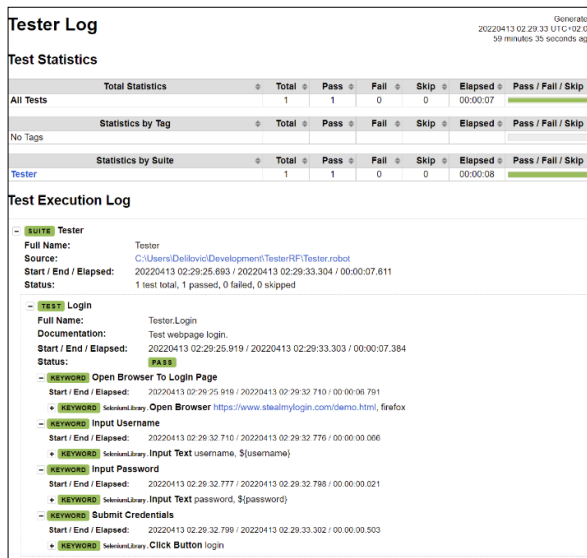


Figure 2 Robot Framework Log File

RF's reporting capabilities and extensibility make it versatile and applicable in different scenarios with different software solutions [6].

3. AMAZON AWS

Amazon Web Services (AWS) is the most comprehensive and widely deployed cloud platform globally, with over 200 full-featured services available in data centers worldwide. AWS is used by millions of customers, including the fastest-growing startups, the largest enterprises, academia[7], [8], and government agencies, to reduce costs, improve agility, and speed up innovation [9].

The following are the key features of Amazon AWS:

- **Low-Cost:** pay-as-you-go pricing
- **Agile:** go global in minutes
- **Scalable:** scale up/down based on demand
- **Secure:** with industry-recognized certifications and audits
- **Data centers** in the U.S., Europe, Brazil, Singapore, Japan, and Australia

AWS services range from well-known cloud solutions, such as:

- **Computing:** EC2 instances, which are virtual servers in the cloud, or Lambda, which are used for event-driven code execution
- **Storage and Content Delivery:** S3 scalable storage or Glacier for low-cost data archiving
- **Databases:** RDS, a managed relational database, or Redshift, an in-house data warehouse solution

to innovative services, such as:

- **Internet of Things:** AWS IoT, where it is possible to connect robots, sensors, or devices to the cloud
- **Gaming:** Amazon GameSparks for developing game backend logic without managing infrastructure
- **Automotive:** services ranging from connected mobility to autonomous mobility
- **Blockchain:** services ranging from centralized ledger databases to fully managed blockchain networks, about 25% of the world's Ethereum workloads run on AWS [10]
- **Machine learning and AI:** SageMaker to create, train, and deploy ML models, or transcribe to convert speech to text
- **Satellite:** Ground Station to control, process, and scale satellite communications data without infrastructure management

See Figure 3 for a comprehensive list of Amazon services. A more detailed list can be found on the AWS documentation page [11].

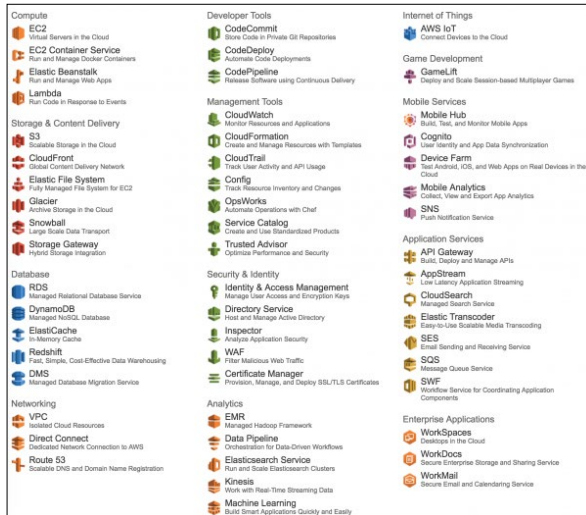


Figure 3 Amazon AWS Web Services [12]

Using all these services requires secure access and an authentication functionality provided by the AWS “Security, Identity and Compliance” services. The service includes, for example, Amazon IAM (*Identity and Access Management*), which is the central place where decisions are made about which users, groups, and services have access to which resources [13]. Part of IAM is also AWS *Security Token Service* (STS) which allows users, groups, or services to get temporary IAM access rights [13] or AWS MFA (multifactor authentication), which besides username and password, provides an additional layer of security [14].

Understanding these security measures is of particular importance to us. In the following section, we will show how extending the RF AWS library makes it possible to use STS and MFA authentication to run tests in the cloud successfully.

4. RF & AWS IAM AUTHENTICATION

Before running any Robot Framework tests on Amazon AWS services (such as AWS S3), we must authenticate to AWS using API calls.

The most common programmatic authentication method on Amazon AWS is via access keys. Using the AWS IAM service, an Access Key ID and a Secret Access Key are created for a user or application, which can authenticate to AWS. Below is an example of an access key set:

Access Key ID:

AGIOFFMDON7EXAMPLE

Secret Access Key:

AtlkXKtmFEMI/K7RDNTG/bTxHfiQYEXAMPLEKEY

Figure 4. illustrates RF authentication using access keys.

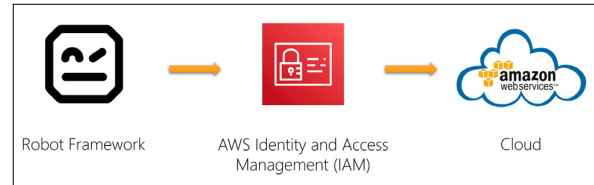


Figure 4 Robot Framework AWS Authentication

For this purpose, we can use the Robot Framework library called RPA Framework (rpaframework). It is a collection of open-source libraries for robotic process automation. Besides AWS, it also supports many other tools and services such as Azure, SAP, Salesforce, and others. It is developed, maintained, and freely made available on GitHub by Robocorp [15].

Internally, the RPA framework uses the Python AWS Boto3 library, which further calls the Amazon AWS REST endpoints. This process is possible because, internally, every action in AWS calls a REST endpoint [16]. Figure 5. visualizes the invocation sequence of RPA (AWS), Boto3, and AWS REST.

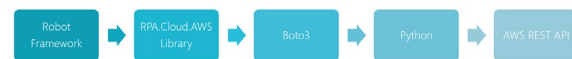


Figure 5 RPA Framework (AWS) structure

Let’s look at the Robot Framework Amazon AWS authentication example, slightly adapted for better clarity. The example is taken from the official RPA library website [15].

```
*** Settings ***
Library    RPA.Cloud.AWS    region=us-east-1

*** Variables ***
${AWS_KEY_ID}    AGIOFFMDON7EXAMPLE
${AWS_KEY}
AtlkXKtmFEMI/K7RDNTG/bTxHfiQYEXAMPLEKEY
${BUCKET_NAME}
testbucket12213123123

*** Tasks ***
Upload a file into the S3 bucket
    Init S3 Client
    aws_key_id=${AWS_KEY_ID}
    aws_key=${AWS_KEY}
    Upload File    ${BUCKET_NAME}
    ${/}path${/}to${/}file.pdf
    @files    List Files
    ${BUCKET_NAME}
    FOR    ${file} IN    @files
        Log    ${file}
    END
```

For better understanding, we have assigned the (example) values for the Access Key ID and the Secret AccessKey directly in the *** Variables *** table. Typically, these

values should be stored as environment variables or in a separate file for security reasons.

The example is quite simple: two keywords of the RPA framework are called:

- **Init S3 Client:** to authenticate with the AWS S3 service (note that the access keys are passed as arguments)
- **Upload File:** to upload a file to the specified S3 bucket (each S3 bucket in AWS has a unique name)

With the help of RF and an open-source library, we see how it is easy to authenticate to Amazon AWS and upload data to an S3 bucket.

The problem is that many companies have additional security requirements besides access keys[17], [18]. In our example, the user must also get an AWS role by using MFA, which makes it possible to get a temporary token that must then perform actions such as loading files into S3. Figure 6 illustrates what is needed besides the standard access key authentication.

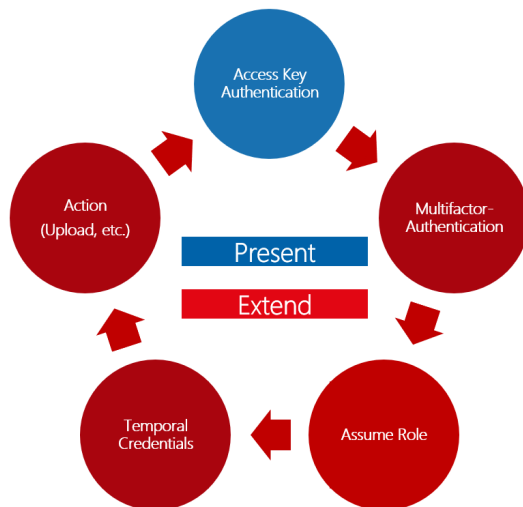


Figure 6 Extended AWS authentication

Below is our working example implemented in Python:

```
import boto3

def get_s3_bucket(mfa_code):
    sts_connection=
    boto3.client("sts")
    response =
    sts_connection.assume_role(RoleArn="arn:aws:iam::245306326071:role/aws_file_
    upload_role",

    RoleSessionName="some_session_name",
    DurationSeconds=3600,
```

```
SerialNumber="arn:aws:iam::24530632607
1:mfa/user1",
```

```
TokenCode=mfa_code)
    tmp_credentials=
    response["Credentials"]
    s3 = boto3.resource("s3",
    aws_access_key_id=tmp_credentials["Acc
    essKeyId"],
```

```
aws_secret_access_key=tmp_credentials[
    "SecretAccessKey"],
```

```
aws_session_token=tmp_credentials["Ses
    sionToken"])
```

```
    return
    s3.Bucket("myfileuploadbucket")
```

1. Using boto3.client("sts") and IAM access keys, we gain the low-level AWS service-client
2. Then we assume a role that requires a role id, an MFA device token code and the generated MFA code from our MFA authenticator device
3. Using the temporary credentials of the gained role (AccessKeyID, SecretAccessKey, and SessionToken), we can authenticate to AWS S3 and finally upload a file to the S3 bucket

Note that Robot Framework can directly import the Python code from above. Still, in doing so, we would sacrifice the readability that keywords provide and the reporting logs that are optimized to work with keywords. Therefore, our primary task is to extend the RPA library with a keyword implementing the Python code.

The following implementation shows our proposal for extending the Robot Framework RPA library to enable STS authentication in combination with MFA. After successful authentication, it is possible to access AWS services and perform tasks such as file uploading.

The forked RPA Framework containing our full implementation can also be found on GitHub at [19].

```
*** Tasks ***
Assume AWS Role
    ${mfa_code}    Get Value From User
Enter MFA Code
    Init STS Client
    aws_key_id=${AWS_ACCESS_KEY_ID}
    aws_key=${AWS_SECRET_ACCESS_KEY}
    ${sts_response}    Assume Role
    RoleArn=${ROLE_ID}
    RoleSessionName=${SESSION_NAME}
    DurationSeconds=${SESSION_DURATION}
    SerialNumber=${USER_MFA_DEVICE_ID}
    TokenCode=${mfa_code}
    Init S3 Client
    aws_sts_response=${sts_response}
    Upload File
    bucket_name=${S3_BUCKET_NAME}
    filename=${FILE_NAME}
```


To use the response from our newly implemented `Init STS Client` keyword, we first had to extend the existing `Init S3 Client` keyword so that it also accepts the `SessionToken` value from the response. It was only possible to pass the temporary `AccessKeyId`, and `SecretAccessKey` gained from the response; this was insufficient for an STS authentication.

CONCLUSION

In this document, we introduced the Robot Test Automation Framework (RF) and showed how it could be combined with Amazon AWS to automate software testing in the cloud. To authenticate Robot Framework with Amazon AWS, we used the RPA library. The problem is that the library does not support authentication with temporary STS credentials, which is a common security requirement. Since RF and the RPA library are extensible, we have proposed an implementation that allows an STS authentication (optionally via multifactor authentication). The implementation has been made publicly available on GitHub, hoping to be incorporated into the RPA library to benefit other Robot Framework users facing the same issues.

REFERENCES

- [1] “Robot Framework.” <https://robotframework.org/> (accessed Apr. 12, 2022).
- [2] A. Rodić and G. Mester, “Ambientally Aware Bi-Functional Ground-Aerial Robot-Sensor Networked System for Remote Environmental Surveillance and Monitoring Tasks,” in *Proceedings of the 55th ETRAN Conference, Section Robotics, Vol. RO2 5*, Nov. 2012, pp. 1–4.
- [3] Pekka Laukkanen, “Data-Driven and Keyword-Driven Test Automation Frameworks,” 2007.
- [4] “Delilovic/RobotFrameworkVsPython: Difference Between Robot Framework and Python Automation (Examples).” <https://github.com/Delilovic/RobotFrameworkVsPython> (accessed Apr. 17, 2022).
- [5] L. Jian-Ping, L. Juan-Juan, and W. Dong-Long, “Application Analysis of Automated Testing Framework Based on Robot,” in *2012 Third International Conference on Networking and Distributed Computing*, Oct. 2012, pp. 194–197. doi: 10.1109/ICNDC.2012.53.
- [6] Sumit. Bisht, “Robot Framework Test Automation,” 2013.
- [7] G. Mester, “Metode Naučne Metrike i Rangiranja Naučnih rezultata,” in *57th ETRAN Conference*, 2013, pp. 5.1–3.
- [8] G. Mester, “Felsőoktatási Világranglisták 2011,” in *Informatika a felsőoktatásban*, 2011, pp. 269–277.
- [9] “What is AWS.” <https://aws.amazon.com/what-is-aws/> (accessed Apr. 17, 2022).
- [10] “Blockchain on AWS - Amazon Web Services.” <https://aws.amazon.com/blockchain/> (accessed Apr. 18, 2022).
- [11] “AWS Documentation.” <https://docs.aws.amazon.com/> (accessed Apr. 18, 2022).
- [12] “Designing Amazon Web Services Playing Cards – Netninja.com.” <https://netninja.com/2016/07/04/designing-amazon-web-services-playing-cards/> (accessed Apr. 17, 2022).
- [13] “AWS Identity and Access Management Documentation.” <https://docs.aws.amazon.com/iam/> (accessed Apr. 19, 2022).
- [14] “IAM - Multi-Factor Authentication.” <https://aws.amazon.com/iam/features/mfa/> (accessed Apr. 19, 2022).
- [15] “Cloud.AWS — RPA Framework documentation.” https://rpaframework.org/libraries/cloud_aws/ (accessed Apr. 19, 2022).
- [16] “Three time-saving AWS command-line tricks.” <https://claudiajs.com/tutorials/aws-cli-tricks.html> (accessed Apr. 19, 2022).
- [17] N. Delilovic, M. Ebner, H. Maurer, and B. Zaka, “Experiences Based on a Major Information Server,” *IPSI BgD Transactions on Internet Research*, vol. 16, no. 1, pp. 68–75, 2020.
- [18] B. Zaka, H. Maurer, and N. Delilovic, “Investigating Interaction Activities in Digital Libraries: The Networked Interactive Digital Books Project,” *Ipsi Bgd Transactions on Internet Research*, vol. 16, no. 1, SI, pp. 75–82, 2020.
- [19] “Delilovic/rpaframework: Collection of open-source libraries and tools for Robotic Process Automation (RPA), designed to be used with both Robot Framework and Python.” <https://github.com/Delilovic/rpaframework> (accessed Apr. 28, 2022).
- [20] “ISTQB Glossary.” <https://glossary.istqb.org/en/term/acceptance-test-driven-develop> (accessed Apr. 28, 2022).



YU-S7-VPS

Vojne primene i sistemi

SAJBER PROSTOR KAO PODRUČJE ZA IZVOĐENJE VOJNIH VEŽBI CYBERSPACE AS AN AREA FOR CONDUCTING MILITARY EXERCISES

Tamara Gajić¹, Vladan Nikačević², Lazar Stevanović³, Ana Andrić⁴

Vojska Srbije, Generalštab Vojske Srbije, Uprava za telekomunikacije i informatiku (J-6), Centar za komandno – informacione sisteme i informatičku podršku, Beograd^{1,3,4}

Vojska Srbije, Generalštab Vojske Srbije, Uprava za telekomunikacije i informatiku (J-6), Beograd²

Sadržaj – Moderno društvo stavilo je informacije i sajber bezbednost u prvi plan, kao važan aspekt individualne, organizacijske, državne i međunarodne bezbednosti. Neophodno je proceniti bezbednosne rizike i odgovoriti na pretnje nastale sve većom primenom informaciono – komunikacionih tehnologija. Vojne snage jedne država od vitalne su važnosti za odbranu od oružanog ugrožavanja spolja i za izvršavanje misija i zadataka. U svetu hibridnog ratovanja, jedna od meta napada zlonamernih aktera je vojni sistem odbrane. U ovom radu demonstrirana je upotreba sajber vežbi za obučavanje vojnog kadra i razvijanje bolje saradnje između državnog i privatnog sektora. Kao reprezentativan primer korišćena je vežba „Cyber Tesla 2021“.

Abstract - Modern society has put information and cyber security at the forefront, as an important aspect of individual, organizational, national and international security. It is necessary to assess security risks and respond to threats posed by the increasing use of information and communication technologies. The military forces are vital for defending against armed threats from outside and for carrying out missions and tasks. In the world of hybrid warfare, one of the targets of attacks by malicious actors is the military defense system. This paper demonstrates the use of cyber exercises to train military personnel and develop better cooperation between the public and private sectors. The "Cyber Tesla 2021" exercise was used as a representative example.

1. UVOD

Društvo u kome živimo je sve više zavisno od informaciono - komunikacionih tehnologija. Sistemi državne uprave, odbrambeni sistemi, sistemi za kontrolu energetike, telefonije, finansijskih transakcija, vazdušnog saobraćaja, naftovoda i gasovoda predstavljaju suštinske državne resurse koji su funkcionalno zavisni od gore pomenutih tehnologija. Povećani broj korisnika Interneta i neprestani rast mrežne infrastrukture dovodi do veće osetljivosti društva [1].

Ostvarivanje vojnih i političkih interesa na međunarodnoj sceni primarno se ne vrši primenom oružane sile. Sukobi između vodećih svetskih i regionalnih sila se sve češće prenose u sajber prostor. Neprekidno usavršavanje tehnika i metoda realizacije napada, uz korišćenje nedržavnih aktera kao posrednika menaju predstavu današnjice. Ugrožavanje kritične informacione infrastrukture korišćenjem novih, sofisticiranijih metoda napada mogli bi značajno ugroziti vojne ekosisteme i oslabiti moć napadnute države. Sajber ratovanje se pojavljuje kao neoružani oblik sukoba između

suprostavljenih strana, ali je i redovni pratilac oružanih sukoba u ratu [2].

U okruženju koji se vodi mislju čuvenog kineskog vojskovođe Sun Cu Vua „Pobediti protivnika bez bitke“ [3], krucijalno je pitanje kako se odbraniti od pretnji u sajber prostoru?

Odbrana od sajber napada predstavlja dugotrajan i težak proces koji zahteva znatne ljudske i finansijske resurse [4]. Sajber bezbednost je odgovornost svih nas, te je edukacija profesionalaca u ovoj oblasti od presudnog značaja. Neophodno je podizati svest o mogućim pretnjama i obrazovati javno mnjenje [3].

Vojna organizacija, strategija i doktrina menjaju se pod uticajem razvoja novih tehnologija. Razumevanje prirode sajber ratovanja potreban je uslov za izgradnju nacionalnih kapaciteta za njegovo vođenje koji su vojno opravdani i usklađeni sa međunarodnim pravom [3]. Sajber pretnje nisu ograničene granicama država, kontinentima i mogu imati razoran uticaj. Organizacija vojnih sajber vežbi može biti od vitalne važnosti za bezbednost. Saradnja između javnog i privatnog sektora u državi mogu imati pozitivne efekte na javno mnjenje.

U cilju podizanja svesti građana o značaju informacione bezbednosti, sa jedne, i obučavanja timova za reagovanje u slučaju sajber napada, sa druge strane, realizuju se planske sajber vežbe i treninzi.

2. NOVI SVETSKI POREDAK

Savremeno društvo je društvo globalne povezanosti, gde se informacije prenose sa jednog na drugi kraj sveta brzo i jeftino. Sve je veća upotreba personalnih računara i mobilnih uređaja. Pristup Internetu je jednostavan i sve češće čujemo da svet nazivaju „velikim selom“. Došlo je do radikalnih promena u načinu življenja i obavljanja svakodnevnih aktivnosti. U radu [5] se navodi da su osnovni simboli ovih promena:

- globalizacija,
- multipolarnost svetskog poretka,
- dominacija anglosaksonskog pravnog sistema,
- slabljenje principa vestfalskog suvereniteta država,
- sintetisanje novih, univerzalnih moralnih načela poput demokratije i ljudskih prava,
- eksplozija razvoja informacionih tehnologija,
- nastanak sajber prostora i globalnog umrežavanja ljudi.

Od najranijih vremena sukobi između suprostavljenih država su se rešavali na kopnu i na moru. Pojavom avio industrije, vazdušni prostor se svrstao u grupu terena za izvođenje vojnih manevara. Razvoj nuklearnog i termonuklearnog oružja i trka u osvojanju svemira menaju vojne i političke strategije mnogih država. U savremenom društvu, sajber je postao popularan termin u literaturi koji se bavi pitanjima bezbednosti.

A. SAJBER PROSTOR

Sajber prostor predstavlja termin koji označava svet računarskih mreža [3]. U Rečniku kompjuterskih termina, Vera Tasić i Ivan Bauer, sajber prostor definišu kao „okruženje virtuelne realnosti u kome osobe komuniciraju pomoću umreženih računara“ [6]. Američko Ministarstvo odbrane definiše sajber prostor kao „područje u informacionom okruženju koje se sastoji od nezavisnih mreža, informacionih infrastruktura, uključujući Internet, telekomunikacione mreže, računarske sisteme, ugrađene procesore i kontrolere“ odnosno „zamišljeno okruženje u kojem se digitalni podaci prenose pomoću računarskih mreža“. Gibson sintagmu sajber prostor vidi kao „univerzum računarskih mreža, svet u kojem se multinacionalne kompanije, društva i drugi subjekti bore za osvajanje podataka i informacija“ [3]. Vuletić definiše sajber prostor kao „nematerijski, neograničeni interaktivni prostor kreiran od računarskih mreža“ [7].

Moderno društvo kritično je zavisno od informacija, kao strategijskog resursa i informaciono - komunikacionih tehnologija, kojima se vrši distribuiranje, obrada i razmena istih. Savremene oružane snage se u velikoj meri oslanjaju na najnovija tehnološka otkrića [5].

Iz svega ovoga zaključujemo da je sajber prostor postao integralni deo života pojedinaca, poslovanja i funkcionisanja države u celini. U sajber prostoru nisu još uvek definisana sva pravila što zahteva pokretanje mnogih kreativnih procesa.

B. PRETNJE U SAJBER PROSTORU

Savremeno društvo je zakoračilo u sve veću globalizaciju po pitanju razvoja računarskih mreža, što je povećalo njihovu osetljivost i ranjivost na potencijalne napade [8].

Pretnje u sajber prostoru karakteriše izrazita dinamičnost, velika fenomenološka raznovrsnost i konstantno širenje [9], [10]. U sajber svetu je sve teže otkrivanje i dokazivanje učinjenih krivičnih dela [3]. Počinocima odgovara uvođenje novih operativnih sistema što ih čini ranjivijim i pogodnim za realizaciju zlonamernih aktivnosti. U sajber prostoru postoje prilike za svakoga, od stranih špijuna, nezadovoljnih zaposlenih, političkih aktivista do klasičnih kriminalaca [5].

Pretnja ili opasnost je verovatnoća dešavanja nečega što će kao posledicu imati oštećenje ili uništenje informaciono - komunikacionih resursa [3]. Pretnja može imati ili ne kriminalno poreklo, može biti međunarodnog karaktera ili ne [5].

Broj potencijalnih žrtava u sajber prostoru je izuzetno veliki. Povezanost svih računarskih mreža dovodi do široko raširene ranjivosti. Pretnje u sajber prostoru predstavljaju sve veću društvenu opasnost zbog stalnog usavršavanja tehnika, relativno jednostavnog izvršenja određenih dela kao i velike baze odakle se regrutuju počinioци [3].

C. SAJBER RATOVANJE

U radu [5] se navodi da sajber ratovanje predstavlja specifičan i nov oblik vođenja vojnih sukoba čija primena u međunarodnoj zajednici brzo raste. Njegova priroda se razlikuje se od svih do sada poznatih oblika ratovanja. Preduzimanje ratovanja u sajber prostoru vojnim dejstvom na informacije, informacione sisteme, procese i sisteme kojima oni upravljaju potpuno je savremen način manifestovanja vojne sile [11].

Svaki oblik ratovanja mora biti podložan dostignutim civilizacijskim normama savremenog ljudskog društva. Povelje Ujedinjenih Nacija definišu zajednički propisane i utvrđene norme koji sačinjavaju međunarodno pravo oružanih sukoba. Ženevske konvencije štite osobe koje ne učestvuju ili su prestale da učestvuju u sukobima, dok Haške konvencije definišu koja sredstva i metode ratovanja treba ograničiti. Sve u cilju da se smanje patnje ljudi i da se materijalno razaranje svede na najmanju moguću meru [11].

Osnovni faktori koji omogućavaju primenu sajber prostora sa ciljem ratovanja su [5]:

- društveni,
- tehnološki i
- vojnostrategijski.

Pukovnik američke vojske Džon Vorden navodi da su ključni ciljevi napada na neprijateljske kapacitete sa ciljem maksimalno efikasne pobeде [5]:

- rukovodstvo,
- kritični kapaciteti društva za vođenje rata,
- komunikacije i infrastruktura,
- civilno stanovništvo i
- vojne snage.

Može se uočiti da se oružja u sajber prostoru mogu primeniti na sve ove ciljeve.

3. ODBRANA OD SAJBER NAPADA

Nakon mnogobrojnih zlonamernih aktivnosti u sajber prostoru primetno je pojačano interesovanje veliki sila, pojedinačnih država i međunarodnih organizacija za sajber bezbednost [3].

U središtu Ujedinjenih nacija u Vašingtonu, predstavnici Sjedinjenih Američkih Država, Kine, Rusije, Velike Britanije, Francuske, Nemačke, Estonije, Belorusije, Brazila, Indije, Izraela, Italije, Katara, Južne Koreje i Južnoafričke Republike su se saglasili da smanje pretnje

od sajber napada. Preporučeno je da se naprave norme prihvatljivog ponašanja u sajber prostoru [11].

Vuletić [3] navodi da sa stanovišta sistema odbrane negativan aspekt leži u činjenici da privatni sektor poseduje oko 85% globalnih računarskih mreža i da u praksi dolazi do nerazumevanja i nesporazuma između državnog i privatnog sektora. Osnovni ciljevi pripadnika privatnog sektora su sprečavanje i izbegavanje napada, dok državni organi zahtevaju otkrivanje, procesuiranje i kažnjavanje počinioca. Značaj privatnog sektora se može ogledati u smislu prijavljivanja sumnjivog ponašanja i incidenata vezanih za sajber prostor, odnosno aktivna saradnja prilikom procesuiranja počilaca. Privatni sektor može dostavljati vojnom podatke o slabostima i propustima njihovih proizvoda i usluga.

Najveći problem prilikom poziva na rešavanje sajber incidenata je što se zahteva momentalni odgovor, te je sistem organizacije veoma bitan.

Odbrana od pretnji u sajber prostoru je dugotrajan proces za koji su neophodni veliki finansijski i ljudski resursi. U svemu tome je neophodno povećati novčanu podršku ovom sektoru i edukovati ljude za brze reakcije. Izvršavanje stalnih i intenzivnih istraživanja novih tehnologija zaštite sistema i resursa je veoma značajno. Između javnog i privatnog sektora potrebno je razmenjivati informacije i iskustva i negovati poslove saradnje [3]. Trenutno postoje nekoliko organizacija koje se bave nagledanjem i objavljivanjem relevantnih trendova i pretnji iz domena bezbednosti računara.

Da bi odbrana od sajber pretnji bila uspešna neophodne su adekvatne organizacione i operativne promene, kako u javnom, tako i u privatnom sektoru. Obučavanje i treniranje ljudi za vođenje sajber ratova, ofanzivno i defanzivno je od ključne važnosti [11]. Kako raste sofisticiranost mogućih napada u sajber svetu, neophodno je povećati sposobnost odgovora na iste. Posebnu pažnju je potrebno usmeriti na zaštitu kritičnih infrastrukture, te definisati strategije, politike i spremnost za pružanje odgovora u slučaju napada. U radu [3] se naglašava da zaštita kritičnih informacionih infrastrukture predstavlja programe i aktivnosti realizovanih od strane vlasnika, korisnika, operatera, naučno - istraživačkih institucija, vlada, regulatornih tela sa ciljem održavanja performansi kritičnih informacionih infrastrukture u slučaju otkaza, napada ili incidenata i minimiziranje posledica i vremena oporavka.

Međunarodne organizacije i forumi teže da se novonastali problemi rešavaju zajedničkim snagama, organizujući različite skupove, inicijative, donoseći direktive, uputstva, preporuke i pružajući pomoć nacionalnim organizacijama i telima [11].

4. ORGANIZACIJA VOJNIH SAJBER VEŽBI

Vojno prisustvo u sajber prostoru je nesumnjivo. Mnogi eksperti smatraju da sajber napad može imati veliki uticaj na borbenu sposobnost jedinica naročito u toku konflikta.

Napadi na informacione infrastrukture kao što su sistem telekomunikacija ili napajanja električnom energijom može imati veliki uticaj na borbenu sposobnost [3].

MITRE, neprofitna organizacija, navodi da su operacije u sajber prostoru ključne za uspeh i kredibilitet bilo koje organizacije ili državne institucije. Osnovni problem je što mnoge organizacije nikada ne procenjuju i ne testiraju svoje sajber sposobnosti sa ciljem utvrđivanja stepena pripreme istih za realizaciju operacija u neprijateljskim okolnostima. U savremenom svetu obavljanje posla se oslanja na blagovremene i tačne informacije, podatke, mreže ili sisteme komunikacija koji egzistiraju u sajber prostoru [3].

Ministarstvo odbrane i Vojska Srbije nastoje da osavremene sistem odbrane i vojnoobrazovnog sistema posredstvom primene naprednih tehnologija [12].

Jedan od načina obuke kadra i saradnje sa drugim ustanovama je realizacija sajber vežbi. Osnovni ciljevi su:

- unapređenje kapaciteta za reagovanje na incidente u sajber prostoru,
- poboljšanje koordinacije organa i institucija u čijoj su nadležnosti poslovi informacione bezbednosti,
- razmenjivanje iskustava i
- unapređenje bilateralne vojne saradnje Ministarstva odbrane i Vojske Srbije sa oružanim snagama zemalja učesnica.

Prilikom realizacije vežbe, organizacije mogu da izvrše mnogo različitih scenarija, mada je fokus uvek na procenu efekata napada na kritične sisteme i podatke koji će imati uticaja na operaciju ili misiju [3].

Primer realizacije sajber vežbe demonstriraćemo na primeru vežbe Cyber Tesla.

A. SAJBER TESLA

„Cyber Tesla“ je multinacionalna komandno - štabna vežba, koja se realizuje od 2016. godine u okviru programa državnog partnerstva Republike Srbije i savezne države Ohajo, Sjedinjene Američke Države, u oblasti zaštite sajber prostora.

U organizacionom smislu, vežba je u nadležnosti Uprave za telekomunikacije i informatiku (J-6) Generalštaba Vojske Srbije i realizuje se u saradnji sa Nacionalnom Gardom Ohaja. Učesnici su predstavnici Ministarstva odbrane i Vojske Srbije, Nacionalne Garde Ohaja, privatnog i javnog sektora i akademske zajednice u Republici Srbiji koji obavljaju poslove u oblasti informacione bezbednosti. Predstavnici oružanih snaga Mađarske su imali ulogu posmatrača do 2019. godine, od kada uzimaju aktivno učešće na vežbi.

Vežba se izvodi u Gornjem Milanovcu. Lokacija za realizaciju vežbe izabrana je zbog zanimljivog kulturno - istorijskog okruženja, tehničkih uslova, kao i

dugogodišnje tradicije postojanja Centra za obuku veze i informatike.

B. SAJBER TESLA 2021

Vežba „Sajber Tesla 2021“ se izvodila u periodu od 6. do 8. decembra 2021. godine, sa tri geografske lokacije (slika 1):

- osnovno mesto izvođenja, Gornji Milanovac, Republika Srbija i
- izdvojena mesta izvođenja:
 - grad Kolambus, Ohajo, Sjedinjene Američke Države i
 - Bukurešt, Mađarska.



Slika 1. Geografske lokacije izvođenja vežbe

C. OSNOVNA IDEJA ZA REALIZACIJU VEŽBE

Ujedinjenje javnog, privatnog i akademskog sektora u borbi protiv napada u sajber prostoru je osnovna ideja vodilja za realizaciju ove prestižne vojne vežbe. Otkrivanje značajnijih bezbednosnih rizika i pretnji i aktuelni načini prevencije su pitanja od nacionalne važnosti.

Globalni rast broja napada grupa i pojedinaca na građane, sisteme privrednih subjekata i državnih servisa je zabrinjavajući. U napadima se često koriste nove, sofisticiranije metode koje omogućavaju realizaciju sinhronizovanih napada na različite subjekte istovremeno.

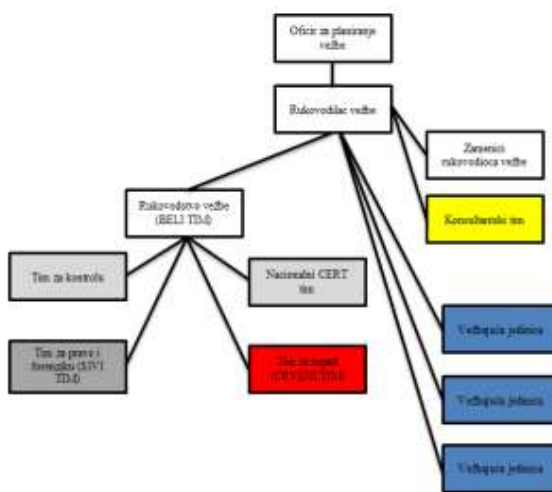
U skladu sa ustavnim i zakonskim ovlašćenjima, kao scenariji za unapređenje sposobnosti za odbranu u sajber prostoru, koriste se delovanja poznatih i dobro organizovanih hakerskih grupa. U realizaciji vežbe „Cyber Tesla 2021“ koristila se APT29 grupa pretnji. APT29 grupa je prepoznatljiva po imenu „Mekani meda“ (eng. Cozy Bear). Njihova aktivnost počinje još 2008. godine, a ciljni objekti napada su vladine mreže u Evropi i zemljama članicama NATO-a, kao i istraživački instituti.

MITRE prati aktivnosti grupe i njihove agresivne taktike i procedure napada uvrstila je u MITRE ATT&CK Framework za obučavanje.

D. ORGANIZACIONA STRUKTURA VEŽBE

Za vežbu su formirani timovi sa određenim ulogama i zadacima i to (slika 2):

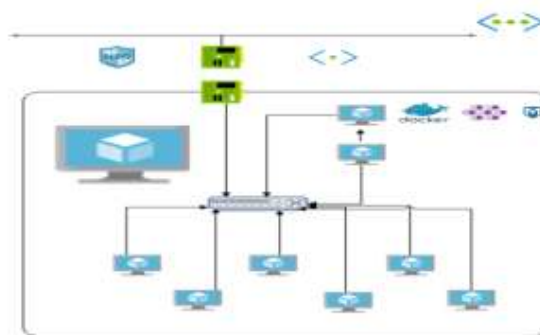
- Rukovodstvo vežbe - Beli tim - praćenje toka vežba i rad po scenariju vežbe,
- Nacionalni CERT - prijem i obrada informacija o incidentima u sajber prostoru,
- Vežbajuća jedinica - Plavi tim - uočava, brani i oporavlja telekomunikacione i informatičke resurse od sajber dejstava,
- Tim za odgovor - Crveni tim – izvodi sajber napade,
- Sivi tim – pravni poslovi i forenzička analiza sajber dejstava,
- Zlatni tim – stručno - konsultantski tim.



Slika 2. Organizaciona struktura vežbe

E. INFRASTRUKTURA VEŽBE

Vežba je izvedena na platformi Microsoft Azure. U saradnji sa kompanijom Microsoft razvijen je scenario za vežbu po svetskim standardima za izvođenje vežbi u sajber prostoru, „NIST Cybersecurity Framework“ (slika 3).



Slika 3. Infrastruktura vežbe

F. OPŠTI I POSEBNI CILJEVI VEŽBE

Opšti cilj vežbe je izgradnja vojnih kapaciteta sistema odbrane i Nacionalnog CERT-a za odbranu od visokotehnoških napada i unapređenje saradnje sa relevantnim državnim i privatnim sektorom u cilju zaštite informacionog prostora Republike Srbije.

Posebni ciljevi su definisani kroz nekoliko segmenata:

- Uvežbavanje i evaluacija tima za odgovor na bezbednosne incidente u sajber prostoru.
- Uspostavljanje infrastrukture u Republici Srbiji za vežbe u sajber prostoru.
- Unapređenje saradnje na nacionalnom i međunarodnom nivou u cilju podizanja nivoa sposobnosti za odbranu u sajber prostoru i
- Podizanje kapaciteta Nacionalnog CERT-a.

5. ZAKLJUČAK

Važan korak u borbi protiv pretnji u sajber prostoru je povećanje svesti pojedinaca o njihovoj štetnosti i obučavanje timova za reagovanje. Strategijski gledano, vojni ekosistemi su identifikovani kao kritična nacionalna infrastruktura koja može biti ugrožena neprekidnim delovanjem zlonamerskih korisnika informaciono – komunikacionih tehnologija.

Sabotiranje vojne i ekonomske moći napadnute države korišćenjem netradicionalnih metoda napada mogu biti umanjene planskim organizovanjem vojnih sajber vežbi. Na taj način bi se učesnici vežbe adekvatno pripremili za moguće scenarije napada, a stalna razmena informacija i iskustava između državnog i privatnog sektora bi povećala zaštitnu barijeru.

Opšti cilj vežbe je izgradnja vojnih kapaciteta sistema odbrane i Nacionalnog CERT-a za odbranu od visokotehnoških napada i unapređenje saradnje sa relevantnim državnim i privatnim sektorom u cilju zaštite informacionog prostora Republike Srbije.

Komandno – štabna vežba „Sajber Tesla“ je bitna za Ministarstvo odbrane i Vojsku Srbije. Pored uvežbavanja i evaluacije timova za odgovor na bezbednosne incidente u sajber prostoru, omogućava građenje bolje saradnje na nacionalnom i međunarodnom nivou.

LITERATURA

[1] Vuletić, D., Milenković, M. and Đukić, A., Sajber prostor kao područje sukobljavanja: Slučaj SAD – Iran i Severna Koreja, Vojno delo, Ministarstvo odbrane, Medija centar „Obrana“, Beograd, 2021.

[2] Vuletić, D., Upotreba sajber prostora u kontekstu hibridnog ratovanja, Vojno delo, Ministarstvo odbrane, Medija centar „Obrana“, Beograd, 2017.

[3] Vuletić, D., Obrana od pretnji u sajber prostoru, Ministarstvo odbrane, Institut za strategijska istraživanja, Beograd, 2011.

[4] Novaković, I. and Rizmal, I., Sajber ratovanje: nova vrsta ratovanja ili dodatni element konvencionalnom ratovanju, Tematska zbirka članaka, Ministarstvo odbrane, Institut za strategijska istraživanja, Beograd, 2018.

[5] Mladenović, D., Jovanović, D. and Drakulić, M., Tehnološki, vojni i društveni preduslovi primene sajber ratovanja, Vojnotehnički glasnik, Beograd, 2012.

[6] Tasić, V. and Bauer, I., Rečnik kompjuterskih termina, Mikro knjiga, Beograd, 2003.

[7] Vuletić, D., Bezbednost u sajber prostoru, Ministarstvo odbrane, Medija centar „Obrana“, Beograd, 2017.

[8] Vuletić, D., Psihološka dimenzija hibridnog ratovanja, Vojno delo, Ministarstvo odbrane, Medija centar „Obrana“, Beograd, 2018.

[9] Cetinić, M., Kompjuterska krivična dela i njihovi pojavnici, Pravni život br. 10, Udruženje pravika Srbije, Beograd, 1998.

[10] Aleksić, Ž., Kriminalistika, Dosije, Beograd, 2004.

[11] Mladenović, D., Dražulić, M. and Jovanović, D., Međunarodno pravo i sajber ratovanje, Vojno delo, Ministarstvo odbrane, Medija centar „Obrana“, Beograd, 2012.

[12] <http://www.elearning.mod.gov.rs/sr-RS/adl-project.html>

[13] Banks, J. and S. J. Carson, Discrete-Event System Simulation, Prentice-Hall, New Jersey, 1984.

[14] Bodily, S. "Spreadsheet Modeling as a Stepping Stone", Interfaces, Vol. 16, No. 5, pp 34-52, 1986.

[15] Protić D. "Simulacija rada Aerodroma Beograd", Zbornik radova, SinfoN, str. 75-81, Zlatibor, 1994.

POLAZIŠTA ZA IZRADU STRATEGIJE SAJBER ODBRANE REPUBLIKE SRBIJE

STARTING POINTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE CYBER DEFENSE STRATEGY REPUBLIC OF SERBIA

Milan Miljković¹, Katarina Miljković
Univerzitet odbrane Ministarstva odbrane Republike Srbije¹
Vojska Srbije²

Sadržaj - Koncipiranje strategijskog odgovora svake države na pitanje sajber odbrane ima tri dimenzije:

- političku (strategijsku)
- pravnu i
- tehnološku

Politički aspekt obuhvata donošenje odgovarajućih strategija o sajber odbrani, koje sa usvajanjem odgovarajućih zakona o odbrani dobijaju punu pravnu snagu i normativno omogućavaju uspešno funkcionisanje sistema sajber odbrane jedne zemlje. Na nivou države, nadležnost za donošenje strategije za sajber odbranu po prirodi stvari pripada sistemu odbrane, iako u praksi odgovornost za nacionalnu sajber odbranu imaju, osim vojske, i energetske, infrastrukturne, telekomunikacione, medijske i ostali državni i privredni organi. Ovo je shvatljivo ako se uzme u obzir širina i dubina koncepta zajedničke odbrane od spoljnih i unutrašnjih pretnji iz sajber prostora.

Abstract - The conceptualization of each country's strategic response to the issue of cyber defense has three dimensions:

- political (strategic)
- legal and
- technological

The political aspect includes the adoption of appropriate cyber defense strategies, which with the adoption of appropriate defense laws gain full legal force and normatively enable the successful functioning of a country's cyber defense system. At the state level, the competence for adopting a cyber defense strategy is by its nature the defense system, although in practice, in addition to the military, energy, infrastructure, telecommunications, media and other state and economic bodies are responsible for national cyber defense. This is understandable if we take into account the breadth and depth of the concept of joint action to defend against external and internal threats from cyberspace.

Ključne reči: *polazišta, strategija sajber odbrane, totalna odbrana, civilna sajber odbrana*

1. UVOD

Pre otpočinjanja rada na izradi strategije sajber odbrane Republike Srbije, važno je utvrditi osnovna polazišta na kojima će se zasnivati dalji rad na njenoj izradi. To su polazne tačke, uporišta i osnovne ideje koje daju politički okvir za izradu dokumenata. Utvrđuju se na osnovu

analize činilaca, odnosno ishodišta strategije sajber odbrane.

Postupak izrade strategija iz oblasti odbrane i bezbednosti, pa i sajber bezbednosti je u metodološkom pogledu dosta sličan kod većine razvijenih država. Iako postoje različiti pristupi, praksa je pokazala da izrada strategije kao dokumenta načelno može da obuhvata sledeće aktivnosti: 1) formulisanje interesa i ciljeva, 2) procenu strategijskog okruženja, 3) formulisanje politike i određenja sistema nacionalne bezbednosti, koji je nadležan za sajber odbranu, 4) izradu nacrtu dokumenta, 5) usaglašavanje nacrtu dokumenta i 6) usvajanje dokumenta [1].

Polazišta mogu da budu iskazana u vidu ciljeva koji se žele postići, ograničenja koja treba uzeti u obzir prilikom rada na dokumentu ili kriterijuma za formulisanje stavova i opredeljenja u strategiji. Prilikom utvrđivanja polazišta strategije sajber odbrane, potrebno je uzeti u obzir: (1) opredeljenja izneta u Strategiji nacionalne bezbednosti i Strategiji odbrane Republike Srbije; (2) procenu strategijskog okruženja - modalitete ugrožavanja bezbednosti zemlje iz sajber prostora; opredeljenja i kapacitete susednih i velikih zemalja u vezi izvođenja ofanzivnih akcija u sajber prostoru (3) naučni i tehnološki razvoj Srbije u ovoj oblasti, kao i stepen primene informacione tehnologije u našem društvu; (4) međunarodno pravo u oblasti sajber bezbednosti i odbrane i međunarodne sporazume čija je potpisnica Republika Srbija, kao i druge činioce.

2. OPREDELJENJA STRATEGIJE NACIONALNE BEZBEDNOSTI I STRATEGIJE ODBRANE REPUBLIKE SRBIJE

Glavni izazov za strategije sajber odbrane je poboljšanje koordinacije između državnih, privrednih i drugih organa koji treba da čine sistem sajber odbrane Republike Srbije. Ovaj "svedržavni" napor se može postići ukoliko se ispoštiju polazišta koja su utemeljena u Strategiji nacionalne bezbednosti i Strategiji odbrane Republike Srbije.

Ishodišta strategija iz oblasti bezbednosti i odbrane mogu se definisati kao polazne tačke, uporišta, osnovna predviđanja i ideje na kojima počivaju vrhovna pravila delovanja države, njenih ustanova i institucija u sistemu bezbednosti. Ta ishodišta treba da obezbede visok nivo realnosti strategijskih stavova i opredeljenja, koja se pojavljuju u funkciji ciljeva, ograničenja i kriterijuma za

definisanje strategije, a na osnovu nje i sistema bezbednosti i odbrane.

Shodno tome, Strategija nacionalne bezbednosti Republike Srbije iz 2019. godine, analizira i prezentuje pretnje, određuje ciljeve i interese u vezi bezbednosti nacionalnog sajber prostora. Navodi se da razvoj savremenih tehnologija i njihova prisutnost u svim sferama društva ima za posledicu i porast visokotehnološkog kriminala i ugrožavanje informaciono-komunikacionih sistema. Procenjuje se da će dinamika globalnog razvoja informacionih tehnologija usloviti dalje intenziviranje aktivnosti u sajber prostoru čiju bezbednost će, prevashodno, ugrožavati sajber špijunaža, napadi na kritičnu infrastrukturu, neovlašćeni prodori u baze tajnih podataka, kao i širenje lažnih vesti i dezinformacija putem društvenih mreža. S tim u vezi, kao cilj postavlja se unapređenje sposobnosti i kapaciteta obrade, prenosa i zaštite informacija i informaciono-komunikacionih sistema i odbrane od tehnika hibridnog i informacionog ratovanja u informacionom i sajber prostoru. [2].

Kada su u pitanju ishodišta iz Strategije odbrane, treba potsetiti da Strategija odbrane predstavlja „vrhovni strateški dokument“ u oblasti odbrane, koji daje usmerenja za koncipiranje svih drugih planskih dokumenata i javnih politika u oblasti odbrane Republike Srbije, pa samim tim i sajber odbrane naše zemlje. To se trebalo imati u vidu prilikom usvajanja Strategija razvoja informacionog društva i informacione bezbednosti Republike Srbije od 2021. do 2026. godine. S tim u vezi, treba istaći da stavovi iz Strategije odbrane Republike Srbije iz 2019. godine ukazuje da savremena informaciona tehnologija doprinosi stvaranju povoljnih okolnosti za širok spektar izazova, rizika i pretnji za odbranu, zbog čega treba razvijati tehnološku i informacionu zaštitu elemenata sistema odbrane na svim nivoima organizovanja. Navodi se da širenje lažnih vesti i dezinformacija u okviru koncepta hibridnog i informacionog ratovanja mogu da se negativno odraze na funkcionisanje elemenata sistema odbrane, zbog čega je naglašena neophodnost kontinuiranog razvoja tehnološke i informacione (psihološke) zaštite elemenata sistema odbrane na svim nivoima organizovanja [3].

Ono što treba posebno istaći je da su najvažnija polazišta - opredeljenje za vojnu neutralnost, primena „sveobuhvatnog pristupa odbrani“, odnosno koncept „totalne odbrane“, i da ovi stavovi daju jasna i čvrsta usmerenja za izgradnju sistema sajber odbrane Republike Srbije, a posebno njenog civilnog dela. S tim u vezi, Republika Srbija je opredeljena da, kao vojno neutralna država, nastavi da jača odbrambene kapacitete i razvija sopstvenu odbrambenu *sajber industriju*. Vojna neutralnost jeste odbrambeni interes Republike Srbije koji je proizašao iz njenih nacionalnih vrednosti i interesa i međunarodnog položaja. Vojnom neutralnošću Republika Srbija iskazuje svoje opredeljenje da ne pristupa vojno-političkim savezima, što ne isključuje saradnju u oblasti sajber odbrane sa drugim zemljama.

Strategija odbrane definiše odbrambene interese. Zaštita suverenosti nacionalnog sajber prostora, kao jedan od važnih odbrambenih ciljeva proističe iz cilja zaštite suverenosti, nezavisnosti i teritorijalne celovitosti, zbog čega u narednom periodu treba normativno definisati nacionalni sajber prostor. Strategijski koncept odbranene zasniva se na modelu totalne odbrane, kao sveobuhvatnom odgovoru sistema odbrane na izazove, rizike i pretnje bezbednosti značajne za odbranu Republike Srbije. Prvenstveno se izvodi osloncem na sopstvene snage i potencijale. Totalna odbrana i u oblasti sajber odbrane, obuhvatala bi vojnu i civilnu sajber odbranu, kao dve osnovna pod sistema jedinstvenog sistema sajber odbrane Republike Srbije.

Osnovna načela funkcionisanja sistema sajber odbrane, shodno opštim načelima iz Strategije nacionalne bezbednosti i Strategije odbrane iz 2019. godine, su: ustavnost i zakonitost, patriotizam, jedinstvo, neprekidnost, efektivnost, održivost, prevencija, pouzdanost, efikasnost, prilagodljivost, sveobuhvatnost, kooperativnost, interoperabilnost, otvorenost u radu, profesionalnost i kontrola i nadzor. Načelo a) *Jedinstva* – predviđa da nacionalni sistem sajber odbrane funkcioniše kao jedinstvena celina vojne i civilne sajber odbrane, u okviru koje svi njegovi elementi sarađuju, povezuju se i međusobno usklađuju svoje delovanje radi dostizanja zajedničkog cilja, načelo b) *Prevencije* – zahteva da nacionalni sistem sajber odbrane predviđa i proaktivno deluje radi sprečavanja nastanka izazova, rizika i pretnji bezbednosti Republike Srbije iz sajber prostora, što daje smernicu za izbor proaktivnog pristupa sajber odbrane, c) *Kooperativnost* – da je Sistem sajber odbrane otvoren za saradnju sa drugim subjektima na nacionalnom i međunarodnom nivou, u skladu sa potrebama, d) *Neprekidnost* – da sistem sajber odbrane ostvaruje svoje funkcije u kontinuitetu, u miru, vanrednom stanju i ratu, nezavisno od okolnosti koje mogu nastati, e) *Prilagodljivost* – da sistem sajber odbrane poseduje sposobnost usklađivanja svog funkcionisanja u skladu sa promenama okolnosti, f) *Interoperabilnost* – da i vojni i civilni deo sistema sajber odbrane primenjuju iste standarde i procedure u slučaju sajbe odbrane u miru, vanrednom stanju i ratu.

3. PROCENA STRATEGIJSKOG SAJBER OKRUŽENJA

Za državu i njen sistem nacionalne bezbednosti, strateško okruženje je oblast u kojoj rukovodstvo države i delovi sistema bezbednosti i odbrane sarađuju ili dolaze u sukob sa drugim državama, akterima ili sistemima nacionalne bezbednosti radi unapređenja stanja nacionalne bezbednosti. Ovo okruženje se sastoji od unutrašnjeg i spoljnog konteksta, pretnji, prilika, interakcija i efekata koji utiču na uspeh države u ostvarivanju nacionalnih bezbednosnih interesa i ciljeva.

Kada su u pitanju sposobnosti za delovanje u sajber prostoru, podaci ukazuju da velike sile masovno ulažu u ofanzivne sajber sposobnosti i u mogućnosti elektronskog ratovanja. Procene su da neće samo vojska već i civilna

društva u celini biti glavna meta sajber napada u budućem sukobu.

Analiza stratejskih dokumenata SAD iz oblasti sajber odbrane pokazuju da Oružane snage SAD sajber napad na kapacitete SAD smatraju „ekvivalentom“ oružanog napada na koji će biti odgovoreno u skladu sa odlukom državnih organa. U Strategiji sajber odbrane Ministarstva odbrane SAD iz 2018. godine, naglašeno je da Sjedinjene Države nastoje da koriste sve instrumente nacionalne moći kako bi odvratile protivnike od obavljanja zlonamernih aktivnosti u sajber prostoru koji bi preteli američkim nacionalnim interesima, njihovim saveznicima ili njihovim partnerima. Posebno je u ovoj Strategiji naglašeno da, ako odvratanje ne uspe, zajedničke snage su spremne da u skladu sa tim primene sav raspon vojnih sposobnosti. Odbrana se postiže, pre svega, odvratanjem (dobrom zaštitom mreža, planovima za izolovanje i ublažavanje napada) i zastrašivanjem (nužno je obezbediti da rizik vezan za napad i eksploataciju računarskih mreža uveliko premašuje eventualnu korist od takvih postupaka; obezbeđivanjem mehanizama da se incident može istražiti a počinioци uhvatiti i procesuirati). Inače u odbrani od sajber pretnji oružane snage SAD su prihvatile pristup aktivne sajber odbrane [4].

U Nacionalnoj sajber strategiji Velike Britanije za period od 2016. do 2021. godine, navedeno je da je cilj strategije da Velika Britanija bude sigurna i otporna na sajber pretnje. Da bi ostvarili ovu viziju, naveli su da građani, preduzeća i javni sektor moraju imati znanje i sposobnost da se brane od sajber napada. U strategiji je navedeno da se svaki sajber napad na Veliku Britaniju ozbiljno kao i konvencionalni napad, zbog čega su spremni da se brane sami po potrebi. Navedeno je da će u odbrani postupati u skladu sa nacionalnim i međunarodnim pravom i da očekuju da i drugi učine isto. Zaključak je da se Velika Britanija u strategiji opredelila za aktivnu sajber odbranu, mada delom ide i ka proaktivnoj sajber odbrani, što podrazumeva razvoj robusnih i ofanzivnih sajber kapaciteta. Legalnost upotrebe aktivne odbrane Velika Britanija vidi ne samo u međunarodnom pravu nego i u svom nacionalnom pravu koje treba da joj omogući zakonitost upotrebe ofanzivnih operacija u sajber prostoru [5].

Nemačka, prema podacima iz medija, od 2016. godine, pokušava da svoju doktrinu sajber odbrane promeni prihvatanjem pristupa koji je „između previše odbrambenog i previše uverljivog“. U vezi sa tim, podsetimo da EU koristi vrlo klasičan odbrambeni pristup, zasnovan na odvratanju putem jake otpornosti. Nemački Koncept sajber odbrane, prema podacima iz medija, predviđa četiri faze odbrane. U slučaju napada prvog i drugog nivoa, u odbrani bi se „primenilo blokiranje ili preusmerivanje saobraćaja podataka“, što ukazuje da ove dve faze predstavljaju pasivnu fazu odbrane jer ne uključuju intervencije na stranim računarima ili serverima, koje se u toj fazi ocenjuju kao nepotrebne. Ove aktivnosti bi sprovodili telekomunikacioni operatori ili savezne policijske vlasti. U slučaju napada trećeg nivoa, predviđa se dobijanje

dozvole za hakovanje mreže napadača - na primer, za brisanje ili modifikovanje podataka i na taj način odbijanje napada. U slučaju napada četivrtog nivoa, primenile bi se „mere za uticaj na funkcionisanje IT sistema koji se koristi za napad“. Ove mere bi mogle da ugase spoljni sistem. Odbrana u slučaju napada trećeg i četivrtog nivoa može se smatrati oblikom aktivne odbrane. U slučaju da zbog sajber napada dođe do isključenja elektroenergetska mreža i ljudi umru kao posledica nestanka struje, ocena eksperata je da to onda potpada pod pravo na samoodbranu. Ako vlasti Nemačke proglase samoodbranu, protivmere se onda ocenjuju kao legitimne[6].

Slična ocena stoji o sajber okruženju na regionalnom nivou, gde oružane snage na Balkanu sve više ulažu u razvoj sajber odbrane. Sve zemlje Balkana koje su u NATO izuzev S. Makedonije i Albanije zajedno učestvuju u radu Centra izuzetnosti za kooperativnu sajber odbranu tog saveza u Estoniji. Saradnja u toj oblasti moguća je i posredstvom Evropske odbrambene agencije pri EU. Većina vojski i civilnih struktura regiona učestvovala je na velikoj NATO vežbi Sajber koalicija 21 (Cyber Coalition 21) i Zaključanom štitu 21 (Locked Shield 21) koja okuplja IT stručnjake Severne Amerike, Evrope i Dalekog istoka.

Odbrambene snage Mađarske u skladu sa Nacionalnom vojnom strategijom napad iz sajber prostora doživljavaju kao pretnju jednaku ratu ili terorističkom napadu. Od 2019. godine imaju poseban Sajber centar za obuku, koji se prema zvaničnim podacima bavi obukom vojnika. Mađarska ima Nacionalni koordinacioni savet za sajber bezbednost koji je zadužen za saradnju državnih struktura sa svim relevantnim činiocima u oblasti bezbednosti na internetu.

Oružane snage Rumunije imaju Komandu za sajber odbranu, koja je formirana 1. decembra 2018. godine. Dostizanje punih operativnih sposobnosti ove komande planira se do 2024. godine. Bugarska armija je 1. septembra 2021. godine uspostavila Komandu za komandno-informacionu podršku i sajber odbranu. Prema planu razvoja Bugarske armije do 2032. puna operativna sposobnost Komande planira se za 2026. Oružane snage Republike Hrvatske u okviru Glavnog štaba imaju Zapovjedništvo za kibernetički prostor u čijoj je nadležnosti sajber odbrana. Hrvatska vojska redovno učestvuje na međunarodnim sajber vežbama poput Sajber koalicije 21, u radu Centra izuzetnosti za kooperativnu sajber odbranu i sličnim strukturama u Komandi NATO [7].

4. RAZVOJ IKT I INFORMACIONA BEZBEDNOST U SRBIJI

Podaci o upotrebi IKT u Republici Srbiji, a koji predstavljaju osnovne pokazatelje razvoja informacionog društva, sadržani su u publikaciji Republičkog zavoda za statistiku – „Upotreba informaciono-komunikacionih tehnologija u Srbiji, 2020“.

Podaci Republičkog zavoda za statistiku ukazuju na to da 74,3% domaćinstava u Republici Srbiji poseduje računar, što čini povećanje od 1,2% u odnosu na 2019. godinu, a 2,2% u odnosu na 2018. godinu. Što se tiče upotrebe interneta u domaćinstvima – podaci ukazuju da u Republici Srbiji 81% domaćinstava poseduje internet priključak, što čini povećanje od 0,9% u odnosu na 2019. godinu, a 8,1% u odnosu na 2018. godinu. U Republici Srbiji 100% preduzeća ima internet priključak. Potreba za IKT stručnjacima u Srbiji je više nego očigledna, a vidljiva je i po tome što 20,9% preduzeća zapošljava IKT stručnjake, 55,7% je imalo slobodna radna mesta za IKT stručnjake, a čak 77,1% preduzeća koristi eksterne dobavljače za obavljanje IKT funkcija.

IKT Sektor u Srbiji je u velikom razvoju. Industrija informaciono-komunikacionih tehnologija pored toga što predstavlja najbrži rastući sektor u poslednjih deset godina, kao svoju glavnu karakteristiku ima primenljivost u svim drugim sektorima. Broj IT preduzeća – U 2018. godini u Srbiji je bilo 2.349 aktivnih preduzeća čiji je pojedinačni godišnji prihod veći od milion dinara. Analiza podataka Republičkog zavoda za statistiku ukazuju da Republika Srbija predstavlja dobru osnovu za pokretanje posla u IT industriji jer ima kvalitetnu radnu snagu koja, međutim, može obezbediti rast domaćih kompanija samo do određenog nivoa [8].

Zakon o informacionoj bezbednosti u Republici Srbiji prvi put je donet 2016. godine u skladu sa tadašnjim predlogom Direktive o mrežnoj i informacionoj bezbednosti EU (eng: Network and Information Security Directive - NIS Directive, u daljem tekstu: NIS direktiva). Zakonom, a potom i pratećim podzakonskim aktima koji su doneti iste godine uređene su sledeće oblasti: - definisani IKT sistemi od posebnog značaja; definisane mere zaštite IKT sistema od posebnog značaja; obrazovano Telo za koordinaciju informacione bezbednosti; uspostavljen Nacionalni CERT, CERT organa vlasti i CERT-ovi samostalnih operatori IKT sistema; definisana lista incidenata koji značajno ugrožavaju informacionu bezbednost i obaveza prijave incidenata; uspostavljena inspekcija za informacionu bezbednost; i uređena kriptobezbednost i zaštita od kompromitujućeg elektromagnetnog zračenja.

Kada je su pitanju izazovi informacione bezbednosti, IKT sistemi i njihova zaštita, i dalje postoje određeni izazovi kao što su: 1) primena mera zaštite od strane IKT sistema od posebnog značaja; 2) kapaciteti Nacionalnog CERT-a, CERT-a organa vlasti i samostalnih operatora IKT sistema; 3) kapaciteti inspekcije za informacionu bezbednost; 4) incidenti koji značajno ugrožavaju informacionu bezbednost; 5) javno-privatno partnerstvo i 6) međunarodna saradnja [9].

5. MEDJUNARODNO PRAVO U OBLASTI SAJBER ODBRANE

Sajber ratovanje se može definisati kao čin “ratovanja u sajber prostoru ili kroz sajber prostor”. To je nova, specifična vrsta ratovanja koja koristi informaciono-

komunikacione tehnologije (IKT) za postizanje vojnih ciljeva i efekata u fizičkom, informacionom i sajber prostoru. Vojni efekti mogu biti jednaki efektima kinetičkog, nuklearnog, biološkog ili hemijskog naoružanja. Međutim, ne postoji međunarodni ugovor o načinu definisanja sadržine, metoda, tehnika, sredstava i ciljeva sajber ratovanja. Isto tako, međunarodna zajednica se još uvek nije dogovorila o načinu razvijanja nacionalnih mera za građenje kapaciteta i međunarodnih mera za građenje poverenja, ili o tome kako primeniti postojeće međunarodno pravo na sajber ratovanje.

Problemi u regulisanju sajber sukoba delimično leže u činjenici da se nove tehnologije sa ofanzivnim kapacitetim javljaju brže od kapaciteta pojedinih zemalja da razviju neophodnu odbranu od njih. Za njima kaska i sposobnost međunarodne zajednice da pronađe rešenja za regulisanje sajber sukoba. Počinitelji sajber napada često rade prikriveno, a efekti njihovih sajber napada su često sa odloženim dejstvom. Nasuprot konvencionalnom ratovanju, efekti sajber sukoba često ne dostižu prag “čina agresije”, “upotrebe sile”⁷, ili “oružanog napada” prema definiciji Povelje UN, zbog čega je teško primeniti *ius ad bellum* i *ius in bello* pravila Međunarodnog zakona o oružanim sukobima [10].

Takođe, većina država nema dovoljno kapaciteta za:

- precizno otkrivanje sajber napada;
- identifikaciju i atribuciju napadača; i
- blagovremenu, preciznu i pravnu reakciju na sajber napade.

Države moraju primenjivati zakon po analogiji: ili izjednačavanje sajber napada sa kriminalnim aktivnostima i bavljenje njima prema domaćim krivičnim zakonima ili izjednačavanje sajber napada sa tradicionalnim oružanim napadima i reagovanje na njih prema ratnom zakonu. Međutim, pokazalo se da krivični zakoni i pasivna odbrana čini malo da odvraća napadače od pokušaja napada. [11]

Mogući praktični odgovor na sajber pretnje može biti usvajanje i primena mera za građenje kapaciteta i poverenja na državnom, regionalnom i međunarodnom nivou. S tim ciljem Ujedinjene nacije su okupile Grupu vladinih eksperata za razvoj u oblasti informacija i telekomunikacija u kontekstu međunarodne bezbednosti (UN GGE).

ZAKLJUČAK

Sajber napadi protiv država su sve brojniji i ozbiljniji. Budući konflikti će obavezno uključivati protivnike sa kapacitetima u sajber prostoru. Osnovni problem u vezi sa međunarodnim pravnim regulisanjem sajber ratovanja ogleda se u njegovoj specifičnoj prirodi, nejasnoj razlici između kriminala, terorizma, obaveštajnih aktivnosti i ratovanja i činjenici da ono nije selektivno u odnosu na vojne i civilne ciljeve, kao i da nestaje razlika između boraca i civila koji pokreću sajber napade. Iako za oblast sajber ratovanja nisu definisana međunarodna pravila

oružanih sukoba ne znači da je dozvoljena njegova neograničena i neselektivna primena.

Mnoge nacionalne strategiju ukazuju da su sajber napadi jedna od najvećih pretnji međunarodnom miru i bezbednosti u 21. veku. Sve strategije u sebi sadrže opis političkih ciljeva, strateških težnji i organizaciju svojih nadležnosti. Ovlašćenje vojske u sajber u sajber prostoru se ne svodi samo na to da vojska mora odbraniti državu od sajber incidenata već i da svoje kapacitete koristi ofanzivno. Odbrana je uvek prvi prioritet dok će razvoj kapaciteta potrebni za napad i odbranu biti sve važniji.

Sve većom primenom informaciono-komunikacionih tehnologija, Republika Srbija biće ranjivija i osjetljivija na eventualne napade. Organizacije i pojedinci u Republici Srbiji biće izloženiji brojnim i sofisticiranijim pretnjama u sajber prostoru, koji mogu poticati iz različitih izvora.

Može da se zaključi da Srbija, činjenicom da postaje informaciono društvo, postaje i ranjivija na sajber napade. Sa druge strane, posedujemo solidne kapacitete za sajber odbranu koju treba pravilno konceptualno osmisliti. Ofanzivni pristupi u sajber odbrani koji su sve prisutniji u svetu i u region, ukazuju nam da se nalazimo u nepovoljnom spoljnjem sajber okruženju. Strategija sajber odbrane Republike Srbije zbog toga treba da prihvati glavne smernice iz Strategije nacionalne bezbednosti i Strategije odbrane, a to je sajber odbrana osloncem na sopstvene snage i znanje, sveobuhvatna civilna i vojna (tehnički i psihološki aspekt) i aktivna sajber odbrana.

LITERATURA

- [1] Dejan Stojković and Blažo M. Radović, Strategic environment influence on development of defense, *VOJNO DELO*, 4/2017.
- [2] Strategija nacionalne bezbednosti Republike Srbije (2019). Službeni glasnik Republike Srbije, br. 94/2019.
- [3] Strategija odbrane Republike Srbije (2019). Službeni glasnik Republike Srbije, br. 94/2019.
- [4] Department of Defense Cyber Strategy 2018, https://media.defense.gov/2018/Sep/18/2002041658/-1/1/CYBER_STRATEGY_SUMMARY_FINAL.PDF
- [5] National Cyber Security Strategy 2016-2021, https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/567242/national_cyber_security_strategy_2016.pdf
- [6] Germany's cyber defence strategy discussed behind closed doors, <https://www.euractiv.com/section/cybersecurity/news/germanys-cyber-defence-strategy-discussed-behind-closed-doors/>
- [7] *Region jača sajber odbranu*, 20/01/2022, <https://www.balkansec.net/post/region-jaca-sajber-odbranu>.
- [8] Republički zavod za statistiku – „Upotreba informaciono-komunikacionih tehnologija u Srbiji, 2020“.
- [9] Strategija razvoja informacionog društva i informacione bezbednosti u Republici Srbiji za period od 2021. do 2026. Godine "Službeni glasnik RS", broj 86 od 3. septembra 2021. Godine.
- [10] Dragan Mladenović, Multidisciplinarni aspekti sajber ratovanja, doktorska disertacija, FON, Univerzitet u Beogradu, 2016.
- [11] Responding to International Cyber Attacks as Acts of War, <https://www.oreilly.com/library/view/inside-cyber-warfare/9781449318475/ch04.html>

GRAYLOG OPEN SOURCE SIEM U RAČUNARSKIM MREŽAMA

GRAYLOG OPEN SOURCE SIEM IN COMPUTER NETWORKS

Boban Stojanović
Vojska Srbije

Sadržaj – SIEM predstavlja osnovni deo savremenih bezbedonosnih operativnih centara. Sama implementacija SIEM alata može da bude veoma komplikovana, vremenski zahtevna i potrebno je da omogući obradu velike količine logova iz različitih izvora. Implementacija ovakvih alata vrši se prosleđivanjem logova iz izvora koji imaju ugrađenu mogućnost slanja istih ili korišćenjem odgovarajućih agenata. Uz pomoć veštačke inteligencije i mašinskog učenja unapređuju se mogućnosti ovih alata.

Abstract – SIEM is a basic part of modern security operations centers. The implementation of SIEM tools can be very complicated, time consuming and it is necessary to enable the processing of a large number of logs from different sources. The implementation of such tools is done by forwarding logs from sources that have the built-in ability to send them or using the appropriate agents. With the help of artificial intelligence and machine learning, the possibilities of these tools are being improved.

1. UVOD

U današnje vreme sve je više sajber pretnji po računarsku infrastrukturu. Da bi se odgovarajuće pratilo stanje bezbednosti kontrolisane računarske infrastrukture potrebno je upotrebiti više specijalizovanih softverskih alata. Jedan od softverskih alata koji je neophodan za ovu svrhu je SIEM.

U početku su logovi prikupljeni i skladišteni bez nekih posebnih softverskih alata za analizu i koorelaciju. Kako se broj logova i broj izvora logova povećavao postalo je neophodno da se u što većoj meri automatizuje agregacija i analiza logova što je dovelo do nastanka SIEM kao jednog od neophodnih softverskih alata za praćenje stanja informacione bezbednosti u računarskim infrastrukturama.

2. SIEM - NASTANAK

Napredak tehnologije i sve veća količina informacija koje treba da se prate sa više izvora u savremenim informacionim sistemima i računarskim mrežama uslovlila je nastanak i razvoj SIEM alata. SIEM nije samo običan alat za prikupljanje, praćenje i čuvanje logova već mnogo više od toga. Većina savremenih SIEM alata poseduje i brojne dodatne funkcionalnosti za praćenje stanja u informacionim sistemima i računarskim mrežama.

Naziv SIEM nastao je kao kombinacija skraćenica SIM (Security Information Management - Upravljanje bezbedonosnim informacijama) i SEM (Security Event Management - Upravljanje bezbedonosnim događajima) [1]. SIM alati vrše agregaciju i skladištenje logova, dok

SEM alati vrše neku vrstu analize logova u cilju uočavanja potencijalnih pretnji. Kombinovanjem ove dve vrste alata (SIM i SEM) nastali su moderni SIEM alati.

Prva SIEM rešenja koristila su lica koja su radila u oblasti bezbednosti mreža za potrebe filtriranja podataka (logova) sa Firewall uređaja, IDS (Intrusion Detection System), rutera i slično da bi se eliminisale lažno pozitivne i identifikovale prave pretnje.

SIEM rešenja po načinu rada podsećaju na IDPS proizvode, ali u ovom slučaju se upozorenja generišu na osnovu analize podataka iz logova [2].

3. ARHITEKTURA SIEM

SIEM alati koriste podatke (logove) koji potiču od različitih uređaja.

Glavni delovi arhitekture SIEM su:

- Izvori podataka - logova (Data Sources),
- Skupljači podataka (Data collectors) ,
- Centralna jedinica (Central Engine) ,
- Baza podataka (Data Base) .

4. STANDARDNI LOGOVI KOJI SE OBRADJUJU U SIEM

Neki od standardnih logova koji se obrađuju u SIEM su sledeći:

- Windows logs,
- Client & file server logs,
- Wireless access logs,
- Windows domain logins,
- NAS Access Logs,
- VLAN Access & Control Logs,
- Database Logs,
- Mainframe Logs,
- OS Logs,
- VPN Logs,
- Firewall Logs,
- IDS/IPS Logs,
- Router Logs,
- Content Management Logs,
- Web cache & proxy Logs,
- Web Server activity,
- VA scan Logs,
- Switch Logs,...

5. PREDNOSTI I MANE KORIŠĆENJA SIEM ALATA

Prednosti korišćenja logovanja sistema su brojne, a upotrebom SIEM alata broj prednosti raste. Neke od bitnih prednosti su:

- Uočavanje/Sprečavanje nedozvoljenog pristupa i unutrašnje zloupotrebe,
- Forenzička analiza i koorelacija,
- Praćenje sumnjivog ponašanja,
- Praćenje aktivnosti korisnika,
- Smanjenje potrebnog broja lica za praćenje logova korišćenjem SIEM alata,
- Merenje efikasnosti aplikacija,
- Pravljenje izveštaja i olakšana analiza događaja u sistemu,
- Olakšano otklanjanje problema u IT infrastrukturi,
- Smanjenje troškova za održavanje sistema,
- Praćenje i obezbeđenje primene bezbedonosnih politika i propisa,
- Centralizovano praćenje dešavanja u sistemu koji se prati,
- Unapređenje efikasnosti upravljanja i uočavanja incidenata.

Pored brojnih prednosti postoje i mane korišćenja SIEM alata. Neke od ključnih mana kod korišćenja SIEM alata su sledeće:

- Pogrešno konfigurisanje SIEM alata i izvora logova,
- Cena i potrebno vreme da se sve implementira, analizira i prati,
- Pojava lažno pozitivnih događaja zbog velike količine podataka - logova,
- Previd stvarno pozitivnih događaja zbog velike količine podataka - logova,
- Komplikovana implementacija SIEM alata,
- Osećaj lažne bezbednosti,
- Potreba za velikim skladišnim prostorom za čuvanje logova,
- Neefikasno i neobučeno ljudstvo za rad sa SIEM alatima.

6. ULOGA LOGOVA

Logovanje aplikacija trebalo bi uvek da bude uključeno kada se radi o praćenju bezbedonosnih događaja. Logovi aplikacija su neprocenjivi za:

- Uočavanje bezbedonosnih incidenata,
- Praćenje narušavanja politika,
- Uspostavljanje osnova,
- Učešće u kontrolama neporecivosti,
- Pružanje informacija o problemima i neobičnim stanjima/događajima,
- Obezbeđivanje dodatnih podataka specifičnih za aplikacije prilikom istrage incidenta kojih nema u drugim izvorima logova,
- Pomoć pri odbrani od uočavanja i korišćenja ranjivosti kroz skeniranje.

Logovanje aplikacija može se upotrebiti za praćenje i drugih tipova događaja kao:

- Bezbedonosni događaji,
- Praćenje poslovnih procesa - na primer: transakcije, konekcije,
- Praćenje anti-automatizacije,
- Pregled tragova - na primer: dodavanje, izmena, brisanje, eksport podataka,
- Praćenje performansi - na primer: potrebno vreme za učitavanje podataka, protok, opterećenost resursa,
- Podaci o zahtevima za informacijama - na primer: podaci o pristupu, sloboda informacija, sudski sporovi, polise i druge regulatorne istrage,
- Legalno presretanje sankcionisanih podataka - na primer: prisluškivanje podataka,
- Drugi poslovni zahtevi.

Praćenje procesa, provere i transakcije logova/tragova i drugo se obično prikupljaju za druge potrebe od bezbedonosnog logovanja događaja i zbog toga bi trebalo da se čuvaju/prate odvojeno. Tipovi događaja i detalji koji se prikupljaju su različiti. Važno je da se ne loguje previše, a ni premalo. Koristi se znanje o svrsi namene sistema kao vodič šta, kada i koliko logovati.

7. DOGAĐAJI KOJE TREBA LOGOVATI

Nivo i sadržaji praćenja bezbednosti, upozoravanje i izveštavanje treba odrediti tokom određivanja potreba i faze dizajniranja projekta i treba da budu proporcionalni riziku po bezbednost informacija. Ovo se zatim može iskoristiti za definisanje šta treba logovati. Ne postoji savršeno rešenje, a preterivanje sa logovanjem može dovesti do pojave velike količine lažno pozitivnih događaja i nedetektovanju stvarno pozitivnih događaja. Gde je moguće, uvek logovati:

- Problemi prilikom validacije unosa - na primer: pogrešno kodovanje, progresni parametri za imena i vrednosti,
- Problemi prilikom validacije izlaza - na primer: pogrešno kodovanje podataka,
- Uspešna i neuspešna autentifikacija,
- Neuspešna autorizacija (pristupne kontrole),
- Problemi sa upravljanjem sesija - na primer: promena vrednosti identifikatora sesije kod kolačića,
- Greške aplikacija i sistemski događaji - na primer: greške u sintaksi i radu, problemi sa konekcijom, problemi sa performansama, file system greške, detekcija virusa, promene konfiguracija,
- Startovanje i gašenje aplikacija i srodnih sistema i inicijalizacija logovanja (startovanje, stopiranje i pauziranje),
- Korišćenje visoko-rizičnih funkcionalnosti - na primer: mrežne konekcije, dodavanje ili brisanje korisnika, korišćenje privilegija administratora sistema, pristupi od strane administratora aplikacija, sve akcije korisnika sa administratorskim privilegijama, korišćenje enkripcionih ključeva, razmena ključeva, kreiranje i brisanje objekta sistemskog nivoa, import i export podataka,

- Pravne i druge opcije - na primer: dozvole za korišćenje mobilnih telefona, poštovanje pravila korišćenja.

Razmotriti da li je bitno i potrebno logovati i sledeće:

- Neuspelo sekvenciranje,
- Intenzivna upotreba,
- Promene podataka,
- Prevarne i druge kriminalne aktivnosti,
- Sumnjivo, neprihvatljivo ili neočekivano ponašanje,
- Promene konfiguracije,
- Promene u kodu aplikacija i promene u memoriji.

8. PRAĆENJE DOGAĐAJA

Podaci o događajima koji se loguju moraju biti dostupni za pregled i treba definisati procese za odgovarajuće praćenje, uzbunjivanje i izveštavanje:

- Ugraditi logovanje aplikacija u neki postojeći sistem/infrastrukturu za upravljanje logovima - na primer SIEM,
- Obezbediti da su informacije o događajima dostupne odgovarajućim timovima,
- Omogućiti trenutno uzbunjivanje i signaliziranje odgovornih članova timova o bitnim događajima,
- Deliti relevantne informacije o događajima sa drugim sistemima za detekciju, srodnim organizacijama i centralizovanim sistemima za prikupljanje/deljenje obaveštajnih podataka (u zavisnosti koliko je to dozvoljeno).

9. ČUVANJE LOGOVA

Logovi, privremeni debug logovi, i bekapovi/kopije/delovi logova ne smeju da se uništavaju pre nego što je to definisano i ne bi trebalo da se čuvaju nakon isteka definisanog perioda za čuvanje. Pravne, regulatorne i ugovorne obaveze mogu uticati na ove periode.

10. LOGOVANJE I NIVOI LOGOVANJA

Da bi se pratilo bezbedonosno stanje u računarskoj infrastrukturi poželjno je da logujemo sve sisteme koji mogu da se loguju. Da ne bi došlo do preopterećenja sa logovima i velike količine informacija koje mogu da optereće operatore tako da ne uoče bitne događaje kod nekih sistema, može da se definiše do kog nivoa će se logovati. Svaki nivo loga daje grubu informaciju o značaju i hitnosti poruke koja se nalazi u logu. U zavisnosti od sistema do sistema postoje različiti nivoi logova koji mogu da se definišu.

Većina uređaja/softvera ima mogućnost da se podesi da šalje logove ka nekom sakupljaču logova. Neki od proizvođača softvera nemaju implementiranu ovu mogućnost u svom softveru, već logove smeštaju u fajlove. Za potrebe slanja logova iz ovog tipa softvera koriste se specijalizovani softveri (agenti) koji prosleđuju logove iz fajlova ka sakupljaču logova.

11. NXLOG – AGENT ZA SLANJE LOGOVA

Implementiranje sistema za centralizovano logovanje igra veoma bitnu ulogu u IT bezbednosti. Logovi sa kompletne kritične infrastrukture treba sakupiti i poslati ih sigurno i pouzdano do centralnog log servera iz raznih izvora, različitog formata i sa različitih platformi.

NXLog Community Edition je besplatan alat za prikupljanje i slanje logova. [3] Koristi ga dosta korisnika Microsoft Windows, GNU/Linux operativnih sistema, slanje logova iz fajlova i drugo.

Prednosti ovog alata su sledeće:

- cena (besplatan je),
- postoje instalacije za različite operativne sisteme,
- jednostavno se konfiguriše,
- pored UDP, podržava i TCP i TLS (pouzdan i siguran),
- može da šalje podatke ka SIEM alatima različitih kompanija,
- podržava većinu standardnih izvora podataka (Windows Eventlog, fajlovi and syslog),
- može da parsira i generiše CSV, W3C, GELF, JSON, XML i KVP formate i ima svoj binarni format za transport podataka,
- obimna dokumentacija i uputstva,
- i drugo.

12. SIEM – PROIZVODI NA TRŽIŠTU

U prodaji se mogu naći SIEM alati različitih proizvođača. Svaki od njih ima svoje prednosti i mane koje se najčešće ocenjuju po sledećim parametrima:

- Integrirani izvori logova,
- Analitika,
- Algoritmi za obradu pretnji,
- Praćenje bezbednosti u realnom vremenu,
- Profilisanje ponašanja,
- Praćenje aplikacija,
- Praćenje podataka i korisnika,
- Performanse,
- Cena,
- Težina implementacije,
- Upravljanje,
- Podrška,
- Skalabilnost.

Dosta proizvođača SIEM alata u svoje proizvode ugrađuje i dodatne mogućnosti da bi ih učinili konkurentnijim na tržištu i primamljivijim za potencijalne kupce. Na tržištu se mogu naći razne varijante SIEM alata kako komercijalnih tako i open source rešenja.

Neka od poznatijih komercijalnih rešenja SIEM alata:

- Splunk Enterprise Security (ES),
- LogRhythm SIEM,
- AlienVault Unified Security Management (USM),
- Micro Focus ArcSight,
- Micro Focus Sentinel Enterprise,
- McAfee Enterprise Security Manager (ESM),

- Trustwave SIEM Enterprise and Log Management Enterprise,
- IBM Security QRadar,
- NetWitness Suite,
- SolarWinds Log & Event Manager.

Kod open source rešenja izdvajaju se SIEM alati:

- OSSIM,
- The ELK Stack,
- OSSEC,
- Apache Metron,
- SIEMonster,
- Prelude,
- Graylog.

13. GRAYLOG

Graylog je jedno od open source rešenja za SIEM alat koji nam omogućava čuvanje logova na jednom mestu i dostupnost logovima sa jedne centralne lokacije. Neke od mogućnosti koje pruža Graylog u radu sa logovima su [4]:

- Sakupljanje i obrada logova,
- Analiza i pretraga logova,
- Dublja pretraga i vizuelni prikaz,
- Generisanje upozorenja i pokretanje akcija na događaje,
- Mogućnost dodavanja novih funkcionalnosti u radu sa logovima.

Graylog poseduje dobru dokumentaciju tako da se većina informacija potrebnih za instalaciju, podešavanje i rad u ovom SIEM alatu mogu pronaći na njihovim zvaničnom sajtu, a tu je i tehnička podrška i podrška Graylog zajednice za nejasnoće oko rada ovog alata.

Na Download strani na zvaničnom sajtu Graylog mogu se skinuti virtuelne mašine sa već instaliranim i delimično podešenim SIEM alatom, zatim paketi za instalaciju na linux operativnim sistemima i drugo. Trenutno Graylog pruža zvanične DEB i RPM pakete repozitorijuma.

Repozitorijumi se mogu podesiti instalacijom jednog paketa. Kada se to uradi Graylog paketi se mogu instalirati korišćenjem apt-get ili yum komandi u zavisnosti od distribucije linuxa koju koristimo.

Na internetu se mogu pronaći i gotove skripte za instalaciju Graylog i svega što je potrebno za njegov rad sa uputstvima koja je podešavanja potrebno izvršiti na Linux operativnom sistemu na kome instaliramo Graylog. Ovim skriptama se dosta olakšava i ubrzava instalacija Graylog.

Za prijem logova od strane Graylog potrebno je za izvore logova definisati odgovarajući Input gde je obavezno uneti port na kome će Graylog primati logove kao i vrstu inputa. Postoje i dodatna podešavanja inputa, ali ovo su osnovna podešavanja da bi se omogućio prijem logova od strane Graylog.

Za pretragu logova Graylog koristi jezik za pretragu uz pomoć upita. Sintaksa jezika za pretraživanje je veoma slična Lucene sintaksi. Podrazumevano su sva polja sa porukama uključena u pretragu ako nije navedeno polje poruke koje se koristi za pretragu.

Primeri upita za pretragu poruka:

- ssh – poruke koje sadrže izraz ssh,
- ssh login – poruke koje sadrže izraz ssh ili login,
- "ssh login" – poruke koje sadrže frazu "ssh login",
- type:ssh – poruke gde polje type sadrži reč ssh,
- type:(ssh login) – poruke gde polje type sadrži ssh ili login,
- type:"ssh login" – poruke gde polje type sadrži frazu "ssh login",
- _exists_:type – poruke koje imaju polje type,
- NOT _exists_:type – poruke koje nemaju polje type,
- type:/ethernet[0-9]+/ - poruke koje odgovaraju izrazu ethernet[0-9]+ u polju type.

Standardno svi izrazi i fraze su povezani sa logičkim operatorom OR, tako da se kao rezultat prikazuju poruke koje imaju bar jedan pogodak. Mogu da se koriste logički operatori i grupe za kontrolu nad prikazima rezultata upita. Kao na primer:

- "ssh login" AND source:example.org
- ("ssh login" AND (source:example.org OR source:another.example.org)) OR _exists_:always_find_me
- "ssh login" AND NOT source:example.org
- NOT example.org

Operatori AND, OR i NOT se pišu isključivo velikim slovima.

Postoji mogućnost pretraživanja zadavanjem opsega. Neki od primera pretraživanja zadavanjem opsega:

- http_response_code:[500 TO 504]
- http_response_code:{400 TO 404}
- bytes:{0 TO 64}
- http_response_code:[0 TO 64]
- http_response_code:>400
- http_response_code:<400
- http_response_code:>=400
- http_response_code:<=400
- http_response_code:(>=400 AND <500)

Ukoliko ima potrebe da snimimo naša podešavanja i kasnije ih učitamo kada instaliramo novi Graylog koji treba da ima ista podešavanja ili kao rezervna kopija u slučaju problema u radu imamo i tu mogućnost.

Da bi izvršili izvoz ili uvoz podešavanja (inputs, outputs, streams i dashboards) idemo na System-Content Packs.

Mogućnosti Graylog su zaista velike, a postoji mogućnost dodatnog proširenja. Na internetu postoji namenski sajt (<https://marketplace.graylog.org/>) gde mogu da se skinu razni dodaci (Plugin, Content Pack, Gelf Library, Other Solutions) za Graylog [5]. Uputstva za dodavanje ovih

dodataka mogu se naći u dokumentaciji, a neki od dodataka dolaze sa uputstvom za dodavanje u Graylog. Sa svakom novom verzijom vrši se unapređivanje ovog SIEM alata. Uz pomoć veštačke inteligencije i mašinskog učenja mogu se unaprediti mogućnost ovog alata i prevazići dosta trenutnih problema koji postoje u radu sa ovim i sličnim alatima.

14. ZAKLJUČAK

Sve više sajber pretnji po računarsku infrastrukturu uslovalo je korišćenje velikog broja alata da bi se izvršila adekvatna zaštita i praćenje stanja informacione bezbednosti. Softversko-hardverska rešenje kao što su Firewall, SIEM (Security Information Event Menagement), IDS (Network i Host Intrusion detection system - NIDS i HIDS), IPS (Network i Host Intrusion Prevention System - NIPS i HIPS), DLP (Data Loss Prevention), NAC (Network Access Control) samo su deo alata koji je potreban da bi se odgovarajuće pratila informaciona bezbednost jedne veće računarske infrastrukture.

Dosta softverskih alata danas objedinjavaju više funkcionalnosti da bi se privukao što veći broj kupaca. Tako su se na tržištu pojavila UTM (Unified Threat Management) softverska rešenja koja pružaju više bezbedonosnih funkcionalnosti u jednom rešenju. Ovakva softverska rešenja su korisna za manje računarske infrastrukture delom zbog cene, a delom i zbog količine potrebnih ljudskih resursa za opsluživanje.

Kao jedan od veoma bitnih softverskih alata koji su neophodni za praćenje stanja informacione bezbednosti je i SIEM. Pojedini autori predstavljaju SIEM kao IDS samo što radi sa logovima. Bez mogućnosti koje pruža SIEM praćenje stanja, obrada, manipulacija i skladištenje logova za velike računarske infrastrukture bilo bi iscrpljujuće, a u nakim slučajevima i nemoguće.

Većina mrežnih uređaja, softverskih alata i operativnih sistema već duži vremenski period ima mogućnosti da generiše logove i snima iste. Kod nekih je funkcionalnost za logovanje potrebno uključiti i konfigurisati, a kod nekih je ona automatski podešena. Rešenja za logovanje su različita. Ako bi vršili praćenje logova na svakom mrežnom uređaju, softverskom alatu ili operativnom sistemu posebno utrošili bi mnogo vremena i u složenijim slučajevima ne bi imali jedinstvenu sliku ili bi nam bilo potrebno dosta vremena da ustanovimo šta se dešava po pitanju informacione bezbednosti. Pojavom SIEM softverskih alata izuzetno nam je olakšan rad i broj ljudi koji je potreban da se sve ovo obradi.

Pošto se na Internetu može naći dosta besplatnih SIEM softverskih alata kao što je i sam Graylog i NXLog kao agent, svako ko administrira neku računarsku infrastrukturu i želi da podigne informacionu bezbednost na viši nivo trebao bi da ima implementiran ovakav softverski alat.

LITERATURA

- [1] NIST SP 800-92, Guide to Computer Security Log Management
- [2] NIST SP 800-61, Computer Security Incident Handling Guide
- [3] <https://nxlog.co/>
- [4] <https://www.graylog.org/>
- [5] <https://marketplace.graylog.org>

DETEKCIJA SKRIVENOG ORUŽJA PRIMENOM SJEDINJAVANJA SLIKA

CONCEALED WEAPON DETECTION USING IMAGE FUSION

Rade Pavlović¹, Vladimir Petrović²

Vojnotehnički institut, Ministarstvo odbrane Republike Srbije¹

Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad²

Sadržaj – U ovom radu data je mogućnost primene multisenzorskih sistema za detekciju skrivenog oružja. Senzori koji se koriste su televizijska i termovizijska kamera koje najčešće pokrivaju širi deo elektromagnetnog spektra. Razmatrane su dve metode za detekciju skrivenog oružja koje koriste različite kolor sisteme i metode sjedinjavanja. Prva metoda koristi HSV i Lab kolor sistem i sjedinjavanje televizijske i termovizijske slike sa diskretnom vejet transformacijom. Druga metoda koristi laβ kolor sistem i sjedinjavanje u l kanalu Laplasovom piramidom. Razlika u predstavi ove dve metode je što kod prvi skriveni predmet je prikazan iz inverzne termovizijske slike, dok kod druge je iz originalne.

Abstract - This paper presents the possibility of applying multisensor systems for the concealed weapon detection. The television and thermal imaging cameras sensors are used, which usually cover a wider part of the electromagnetic spectrum. Two methods for concealed weapon detecting using different color space and fusion methods are considered. The first method uses the HSV and Lab color space and fuses television and thermal imaging with discrete wavelet transform. The second method uses the laβ color space and fusion in the l channel by the Laplacian pyramid. The difference in the representation of these two methods is that in the first the concealed object is shown from the inverse thermal image, while in the second it is shown from the original.

1. UVOD

Detekcija skrivenog oružja (DSO) je veoma zastupljena u mnogim sigurnosnim sistema, kao što su obezbeđenje aerodroma, poznatih ličnosti, sportskih i kulturnih manifestacija i ostalo. Ova oblast je u poslednjim godinama našla mesto u borbi protiv terorizma koji je veoma rasprostranjen i predstavlja veliki izazov za mnoge sisteme [1].

Tehnologije DSO u oblasti obrade slike uključuju senzore koji rade u širom delu elektromagnetnog spektra. Najčešće korišćeni senzori su termovizijske ili infracrvene kamere i televizijske ili video kamere. Razlog primene više senzora u ovoj i ostalim oblastima je što jedan senzor ne može da omoguće sve informacije. Termovizijske kamere rade na principu prikupljanja toplote od scene i često mogu da prikažu objekte koji nisu vidljivi okom čoveka. Sa druge strane televizijske kamere daju sliku koja je ljudskom oku prihvatljivija za procesiranje. Televizijska slika daje i detalje koji karakterišu i razdvajaju pojedine objekte (boje zgrada, ljude, automobile i drugo).

Primenom više senzora dobija se i veći broj informacija

koje treba obraditi. Takođe, predstava krajnjem korisniku informacija sa više senzora može predstavljati problem u vidu korišćenja više displeja ili podele displeja na segmente za prikaz pojedinih senzora. Ovaj problem može se rešiti fuzijom (sjedinjavanjem) slika koja je zastupljena u velikom broju multisenzorskih sistema u prethodnom periodu. Sjedinjavanjem slika dobija se samo jedna slika koja dalje smanjuje broj informacija koje treba obraditi u drugim aplikacijama, kao što su praćenje objekata, detekcija pokreta i slično. Isto tako, korisniku se prikazuje samo jedna slika, što mu omogućava jednostavnije praćenje.

Teoretski cilj sjedinjavanja slika je da se sve informacije iz ulaznih slika predstave u sjedinjenoj slici. U praksi ovo nije moguće, već se teži da algoritmi što bolje prenesu informacije iz ulaznih senzora u sjedinjenu sliku. Sa druge strane algoritmi za sjedinjavanje slike ne treba da unose informacije kojih nema u ulaznim slikama. Razvojem algoritama za sjedinjavanje slika postojala je i potreba za pronalaženjem metoda za procenu algoritama za sjedinjavanje.

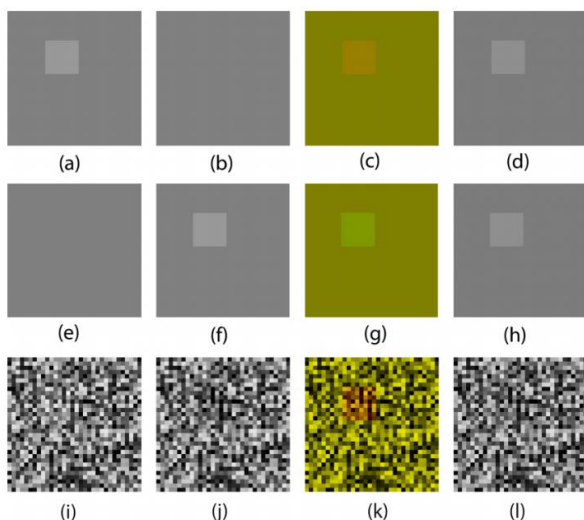
2. KOLOR I MONOHROMATSKO SJEDINJAVANJE SLIKA

Sjedinjavanje slika i videa tradicionalno se prezentuje u monohromatskom obliku. Sjedinjavanjem monohromatskih slika povećava se kvalitet slike i samim tim i mogućnost lakšeg izdvajanja ciljeva. Međutim, ako uzmemo činjenicu da ljudsko oko može da razlikuje najviše 100 nivoa sivog [2], rezultati dobijeni sjedinjavanjem monohromatskih slika mogu da budu veoma teški za interpretaciju a samim tim može doći i do smanjenja efekta sjedinjavanja. Pošto ljudi mogu da razlikuju nekoliko hiljada boja definisanih kao promena intenziteta, zasićenja i osvetljenosti došlo je do većeg broja algoritama za kolor sjedinjavanje [3]. Pored već pomenute prednosti o broju različitih nijansi koje ljudski vizuelni sistem može da razlikuje, prednost kolor slike predstavlja i brža detekcija objekata, bolje razlučivanje dubine slike i segmentacija. Kolor slika prema tome daje bolju mentalnu reprezentaciju scene koja doprinosi većoj svesnosti situacije koja se posmatra. Za rad u realnom vremenu prepoznavanje ciljeva, vreme reakcije i identifikacija objekata brži su i precizniji u sistemima sa kolor slikama nego sa monohromatskim [3]. Takođe, posmatrači su u mogućnosti da selektuju i usmere pažnju na određene boje od interesa i ignorišu ostale [4].

Jednostavno kolor mapiranje ulaznih slika u 3D kolor prostor može da poveća dinamički opseg multisenzorskog sistema i obezbedi smanjenje lažnih alarma, povećava

detekciju kamufliranih objekata i diskriminaciju mamaca i ciljeva [5]. Ilustracija opisanih prednosti kolor sjedinjavanja u odnosu na monohromatsko prikazano je na slici 1. Prvi red na sintetičkoj slici predstavlja primer cilja koji se nalazi na jednom senzoru slika 1a. Sjedinjavanje ulaznih slika 1a i 1b u RG kanalima RGB kolor sistema dobija se predstava cilja jasno vidljiva kao kontrast u kolor slici 1c. Primećuje se da boja cilja definiše iz kog senzora cilj potiče, što se ne može zaključiti iz monohromatske sjedinjene slike 1d. Drugi red prikazuje sličan primer, samo što se cilj sada nalazi u drugom senzoru slika 1f. Iako su ulazne slike iste primećuje se razlika u boji cilja, što govori da se nalazi u drugom kanalu slika 1g. Treći red predstavlja pojavu cilja u pozadini sa šumom. Iako je cilj prezentovan i u prvom i drugom ulaznom kanalu slika 1i i 1j, ne može se vizuelno primetiti zbog šuma koji ga je pokrio. Međutim, RG kolor sjedinjavanje slika 1k jasno izdvaja cilj kao razliku u boji. Takođe, na sjedinjenoj monohromatskoj slici 1l on je nije uočljiv.

Izbor boja mora biti pažljiv i prilagođen situaciji koja se posmatra. Takođe, pravilo za sjedinjavanje mora obezbediti optimalan prenos informacija iz ulaznih slika u sjedinjenu kako bi posmatraču olakšalo detekciju. Svakako nije ni malo jednostavno sjediniti informacije iz različitih senzora u tri nezavisna kolor kanala. Prema tome potrebno je pronaći metodu koja bi zadržala sadržaj ulaznih slika i jasno predstavila objekte od interesa u sjedinjenoj slici.



Slika 1. Sintetičke ulazne slike i sjedinjavanje monohromatskim i kolor metodama [5].

3. ALGORITMI ZA DETEKCIJU SKRIVENOG ORUŽJA

Za DSO aplikacije mogu se primeniti razvijene metode za kolor sjedinjavanje koje su korišćene i u drugim oblastima. Međutim, DSO ipak predstavlja specifičan problem i u većini slučajeva je potrebno odrediti koja osoba nosi skriveno oružje. U slučaju veće gužve potrebno je i identifikovati osobu sa njegovim obeležjima (lice, garderoba, ...).

U tom cilju razvijeni su algoritmi specijalno namenjeni

za DSO [1,6]. Algoritmi se razlikuju po pristupima sjedinjavanja i kolor sistemima koje koriste u sjedinjavanju. Pozadina svake metode je monohromatsko sjedinjavanje u nekom od kanala kolor sistema. Prva metoda koristi HSV i Lab kolor sistem i daje veoma dobre rezultate na bazi za DSO. Ova metoda koristi sjedinjavanje originalne i inverzne termovizijske slike i to predstavlja njenu prednost. Najčešće je skriveno oružje hladnije u odnosu na telo lica koje ga nosi. Samim tim je u termovizijskoj slici predstavljeno nijansama crne boje, odnosno ima niske vrednosti nivoa sivog. Ukoliko lice poseduje garderobu koja je takođe tamnija na televizijskoj slici, skriveno oružje je teže uočljivo na sjedinjenoj slici. Korišćenjem originalne i inverzne termovizijske slike rešen je ovaj problem. Na slici 2 date su ulazne televizijska i termovizijska slika (2a i 2b), dok slika 2c predstavlja termovizijsku sliku inverznog polariteta. Na obe termovizijske slike jasno je izražen skriveni objekat.



(a)



(b)



(c)

Slika 2. Ulazne slike a) televizijska, b) termovizijske slike i c) inverzna termovizijska slika.

Sjedinjena kolor slika (slika 3a) daje informacije iz obe ulazne i jasno se vidi skriveni predmet, što je veoma bitno za brzu detekciju u realnim sistemima. I monohromatska sjedinjena slika (slika 3b) pokazuje skriveni predmet ali je teže detektovati osobu koja ga nosi jer nema boje.



(a)

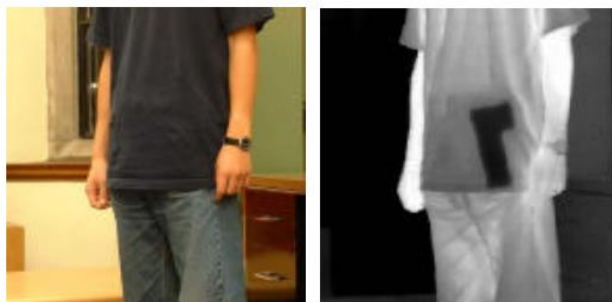


(b)

Slika 3. Sjedinjavanje u cilju detekcije skrivenog oružja, a) kolor slika sjedinjena DSO metodom, b) monohromatska sjedinjena slika.

Slika 4 prikazuje istu problematiku DSO i takođe se jasno uočava skriveni predmet. Ono što je veoma bitno za DSO je brzo određivanje i predmeta i lica u gužvi ljudi koje nosi taj predmet. Sjedinjavanjem slika dobija se da lice koje nosi farmerke i tamnu majicu ima skriveni predmet, što bi bilo nemoguće odrediti ako posmatramo pojedinačne slike.

Još jedan primer metode dat je na slici 5 u slučaju kad je predmet sakriven u kesi. Za razliku od prethodnih slučajeva gde su ljudi nosili tamniju garderobu, ovde je slučaj da je hladniji predmet (crne boje na termovizijskoj slici) sakriven u svetliju kesu. Sjedinjavanjem slika dobija se i boja sa kolor slike i predmet koji je sakriven. Pošto je predmet sa višim nivoima sivog vidi se da je uzet iz inverzne termovizijske slike (toplo-crno). Međutim, predmet bi bio vidljiviji da je u originalnoj predstavi (toplo-belo) jer je pozitivna svetlija. Iz ovoga se vidi da algoritam ipak ne može da predvidi pozadinu skrivenog predmeta i da se adaptira sa izborom polariteta termovizijske slike.



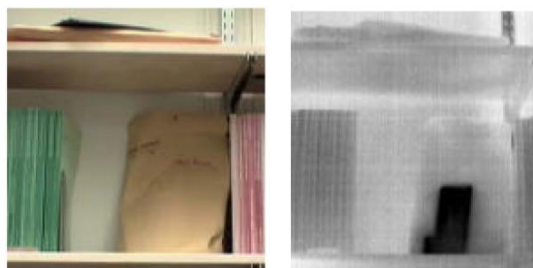
(a)

(b)



(c)

Slika 4. Sjedinjavanje u cilju detekcije skrivenog oružja, a) TV slika, b) IR slika, c) kolor slika sjedinjena DSO metodom.



(a)

(b)



(c)

Slika 5. Detekcija skrivenog predmeta na polici, a) TV slika, b) IR slika, c) kolor slika sjedinjena DSO metodom.

Metoda koja je zasnovana je na laž kolor transformaciji [6] kolor slike i zatim se vrši sjedinjavanje 1 komponente, koja predstavlja intenzitet, sa monohromatskom slikom, takođe služi za DSO [5]. Pre procesa sjedinjavanja potrebno je statistički uskladiti opsege i srednje vrednosti [7]:

$$I'_m = \frac{\sigma_l}{\sigma_m} (I_m - \mu_m) + \mu_l \quad (1)$$

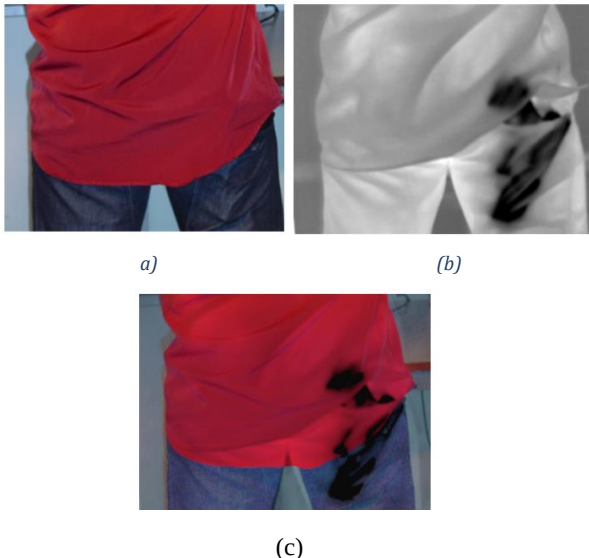
Gde je I_m vrednost piksela nivoa sivog monohromatske slike, σ_l i σ_m predstavljaju standardne devijacije 1 kanala kolor i monohromatske slike, a μ_l i μ_m su srednje vrednosti ovih kanala. Sada su opsezi i srednje vrednosti ova dva kanala usaglašeni može se izvršiti sjedinjavanje kanala.

Sjedinjavanje kanala vrši se pouzdanom tehnikom Laplasovom piramidom [8]. Za sjedinjavanje nivoa Laplasove piramide koristi se izbor apsolutnog maksimuma, odnosno za sjedinjenu sliku u piramidi uzimaće se veća vrednost za svaki piksel iz ulaznih slika, prema jednačini:

$$LS(m,n) = \begin{cases} L_1(m,n), & |L_1(m,n)| \geq |L_2(m,n)| \\ L_2(m,n), & |L_1(m,n)| < |L_2(m,n)| \end{cases} \quad (2)$$

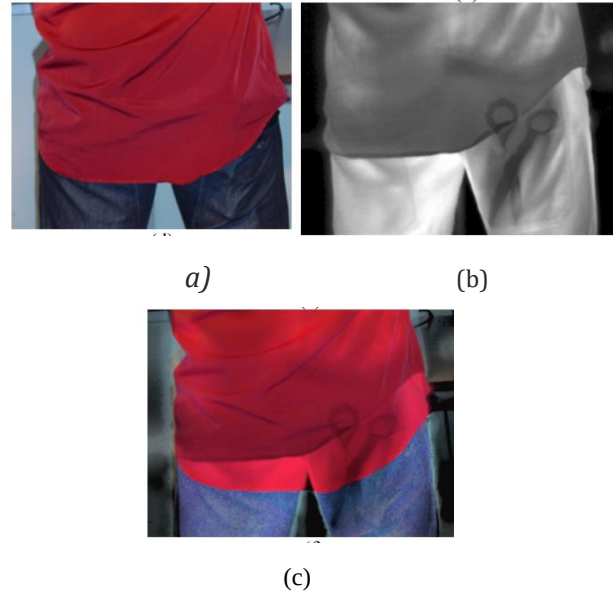
Za razlaganje ulaznih slika korišćena su 4 nivoa Laplasove piramide. U cilju očuvanja prirodnosti kolor slike i izbegavanja veće količine prenetih podataka iz monohromatske slike, informacije koje predstavljaju niže frekvencije, odnosno spore promene, uzete su samo iz 1 kanala kolor slike. Više frekvencije, odnosno brže promene na ulaznim slikama prenete na već opisan način.

Kolor komponente iz televizijske slike se zadržavaju. Sjedinjen rezultat se vraća u RGB kolor sistem i dobija se sjedinjena kolor slika. Slično kao i kod prethodne metode na bazi za DSO daje dobre rezultate (slika 6). Za razliku od prethodne metode sjedinjena slika prikazuje skrivene predmete kao na originalnoj termovizijskoj slici (toplo-belo). Skriveni pištolj uočava se na ulaznoj termovizijskoj slici i na sjedinjenoj slici. Pri tome nije došlo do gubitka prirodnosti televizijske slike.



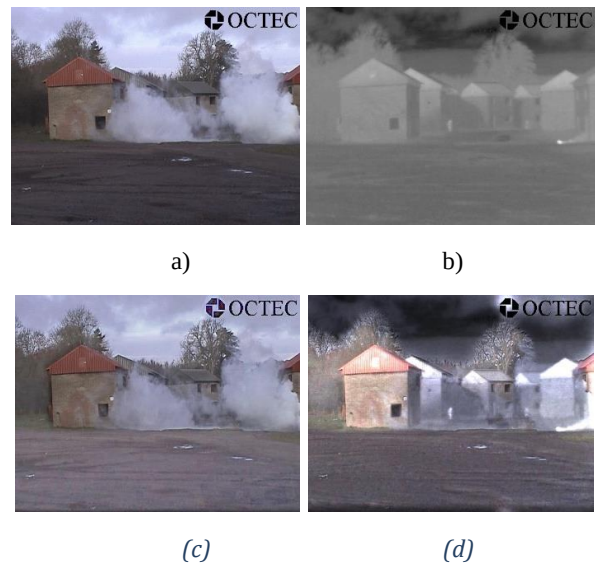
Slika 6 . Detekcija skrivenog oružja laž kolor sistemom a) TV slika, b) termovizijska slika, c) kolor slika sjedinjena.

Još jedan primer DSO dat je na slici 7. U ovom slučaju skrivene su makaze koje se kao i u prethodnim slikama vide na termovizijskoj i sjedinjenoj slici.



Slika 7 . Detekcija skrivenog predmeta a) TV slika, b) termovizijska slika, c) kolor sjedinjena slika.

Na slici 8 dat je primer primene DSO metoda na bazi koja je napravljena izviđačkim sistemom. Priroda slika je sasvim drugačija od DSO slika, gde su objekti sitniji i osmatranje se vrši sa veće udaljenosti. Sjedinjene slike 8c i 8d značajno su lošije nego kod baze DSO. Prva metoda slabije prikazuju čoveka iza dimne zaves, dok druga metoda značajno smanjuje prirodnost sjedinjene kolor slike.



Slika 8. Primena metoda DSO na slike u izviđačkom sistemu a) TV slika, b) termovizijska slika, c) i d) sjedinjene slike DSO metodama.

4. ZAKLJUČAK

Multisenzorski sistemi predstavljaju bitnu komponentu u borbi protiv terorizma. Postoji veći broj aplikacija u kojima se mogu koristiti, a jedna od važnijih je detekcija skrivenog oružja. Na taj način mogu se obezbediti i

osigurati važni događaji, VIP ličnosti i prometni objekti kao što su aerodromi, metroi i ostali. Korišćenjem termovizijske i televizijske kamere osigurava se veća verovatnoća DSO. Slike sa senzora mogu se prikazati u izvornom obliku jedna po jedna ali se sjedinjavanjem slika povećava mogućnost brže reakcije i prepoznavanja potencijalne pretnje. Metode koje su pokazane posebno su kreirane za DSO i na postojećim bazama pokazale su dobre rezultate. Moguća je primena i drugih metoda koje nisu razvijene za DSO aplikacije sa lošijim rezultatima. Sa druge strane i primena DSO metoda u drugim aplikacijama i bazama ne daje povoljne rezultate. To znači da se pri projektovanju multisenzorskog sistema treba voditi računa pored izbora senzora i o metodama za sjedinjavanje u zavisnosti od njihove primene.

LITERATURA

- [1] X. Zhiyun, S. B. Rick, „Concealed Weapon Detection Using Color Image Fusion“, Information Fusion, 2003. Proceedings of the Sixth International Conference of 2003, 622-627.
- [2] J. J Christinal, J. Jemima, „A survey on color image fusion for multi sensor night vision image“, J. Adv. Res. Comput. Eng. Technol, 2012, 1.9, 151-155
- [3] G. W Stuart, P. K. Hughes, „Towards understanding the role of colour information in scene perception using night vision devices“, Report DSTO-RR-0345, DSTO Defence Science and Technology Organisation, Fishermans Bend, Victoria, Australia, (2009).
- [4] U. Ansorge, G. Horstmann, E. Carbone, „Top-down contingent capture by color: evidence from RT distribution analyses in a manual choice reaction task“, Acta Psychologica, 2005, 120.3, 243–266
- [5] J. Lanir, M. Maltz, S. R. Rotman, „Comparing multispectral image fusion methods for a target detection task“, Opt. Eng., 2007, 46.6, 066402.
- [6] A. Toet, „Color Image Fusion for Concealed Weapon Detection“, Sensors, and Command, Control, Communications, and Intelligence (C3I) Technologies for Homeland Defense and Law Enforcement II, 5071, 372-379.
- [7] E. Reinhard, M. Ashikhmin, B. Gooch, B.P. Shirley, „Color transfer between images“, IEEE Computer Graphics and Applications, 2001, 21.5, 34-41.
- [8] P. Burt, E. Adelson, „The Laplacian pyramid as a compact image code“, IEEE Transactions on Communication, COM-31,1983, 532-540.

UPRAVLJANJE ENERGIJOM FAZI EKSPERTSKIM SISTEMOM KOD HIBRIDNO NAPAJANE ELEKTRIČNE BESPILOTNE LETELICE ENERGY MANAGEMENT BY FUZZY EXPERT SYSTEM IN HYBRID ELECTRIC UAV

Charif Aimene¹, Dimitrije Bujaković¹, Mileta Žarković²

Univerzitet odbrane, Vojna Akademija Beograd¹

Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet²

Sadržaj – Različite konstrukcije UAV omogućavaju siguran, pouzdan i vremenski dugotrajan let. Na osnovu ovoga napajanje UAV je veoma značajno i kod modernih letelica se sastoji iz više izvora energije pri čemu je akcenat na skladištu energije i načinu upravljanja energijom. Cilj ovog rada jeste da prikaže optimalno upravljanje energijom hibridno napajane UAV primenom fazi logike. U ovom radu je prikazana električna UAV koja se napaja iz solarnog panela, gorivne ćelije i litijum – jonske baterije. Rad sadrži algoritam napajanja električne UAV gde se može uočiti mogućnost primene fazi logike u cilju efikasnijeg upravljanja energijom i samim tim dužim vremenom leta. Primena fazi logike je ostvarena kreiranjem fazi ekspertskog sistema koji upravlja tokovima energije u hibridnom energetsom sistemu UAV. Kompletan sistem UAV je modelovan u MATLAB/ Simulink programskom alatu gde je i implementirana fazi logika. Model fazi ekspertskog sistema koristi stanje napunjenosti baterije i razliku potrebne energije i energije koju proizvodi solarni panel kao ulaz, a kao izlaz formira zahtev za potrebnu energiju iz gorivne ćelije. Svi modeli su testirani kroz simulaciju koja predstavlja realnu misiju leta. U ovim simulacijama su analizirane tokovi energije unutar UAV pri čemu se mogu uočiti prednosti primene fazi logike.

Abstract – Various UAV configurations provide safe, reliable and time-durable flight. Based on this, UAV power supply is important and for modern aircraft it consists from more energy sources while the emphasis is on energy storage and energy management. The purpose of this research is to introduce the optimal energy management of hybrid UAV using fuzzy logic. In this research it is analyzed electrical UAV that use as sources solar panel, fuel cell and lithium-ion battery. In this research it is proposed power supply algorithm where it can be noticed the possibility of fuzzy logic apply for the purpose of efficient energy management and UAV time-durable flight. Fuzzy logic usage is done by creating fuzzy expert system that control energy flow in UAV hybrid energy system. The whole UAV is modelled in MATLAB/Simulink where the fuzzy logic is implemented. Fuzzy expert system model uses the battery charge status and the difference between needed energy and energy from the solar panel as inputs, while as the output it is formed energy demand from fuel cell. All models are tested through simulation that corresponds to the flight real mission. In this simulation are energy flow inside UAV are analyzed, where it can be noticed some advantages of the fuzzy logic usage.

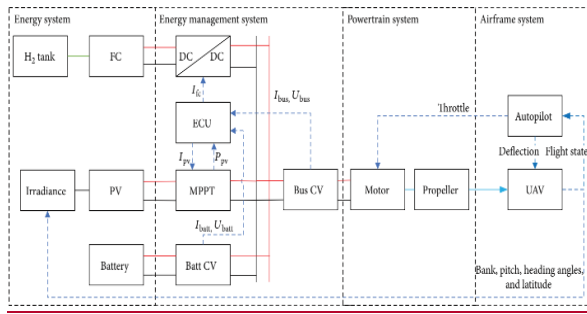
1. UVOD

U ovom istraživanju razmatran je problem upravljanja energijom električnih bespilotnih letelica (UAV) koje imaju napajanje iz tri vrste izvora energije: fotonaponski (PV) paneli, gorivne ćelije (FC) i baterije (B). Hibridni sistem napajanja sastavljen od ova tri izvora je predložen na osnovu principa komplementarnih prednosti. Različite dinamičke karakteristike ova tri izvora energije čine hibridni energetski sistem napajanja kompleksnim. Iz ovog razloga je razumno i efikasno upravljanje energijom veoma važno. Strategije upravljanja energijom mogu se klasifikovati u dve kategorije [1]: strategije zasnovane na optimizaciji i strategije zasnovane na pravilima. Strategije zasnovane na optimizaciji obično mogu postići optimalnu lokalnu ili globalnu ekonomičnost goriva, ali se ne mogu koristiti za on-line upravljanje zbog visokih troškova. Većina on-line strategija za hibridna električna vozila i bespilotne letelice zasnovane su na strategijama zasnovanim na pravilima, koje uglavnom sadrže fuzzy logic control (FLC) [2-8] i state machine (SM) [9-13] metode. Ove strategije je potrebno implementirati kako bi se upravljalo protokom energije u hibridnom energetsom sistemu napajanja, jer se mogu nositi sa složenim problemima uz niske troškove. Za hibridne električne bespilotne letelice, dronove, većina istraživača je koristila samo dva izvora napajanja: gorivnu ćeliju i bateriju (FC + B) [14–19] ili fotonaponski sistem i bateriju (PV + B) [20–26]. Veoma mali broj istraživača se fokusirao na PV/gorivne ćelije/baterije (PV+FC+B) hibridni sistem napajanja [9, 13, 27, 28] jer su oni komplikovaniji. U ovom radu, za hibridne električne bespilotne letelice PV+FC+B predložena je FL metoda koja kombinuje fazi pravila sa fazifikacijom ulaznih veličina. Kako bi se procenila primena FL metode, razvijena je platforma za simulaciju realnih uslova leta UAV koja integriše model hibridnog energetskog sistema napajanja i model UAV.

2. METODOLOGIJA FUZZY LOGIC (FL)

Hibridni električni UAV je konstruisan modifikacijom Aerosonde UAV [19] sa razvijenim hibridnim sistemom napajanja kako bi se zamenio motor sa unutrašnjim sagorevanjem. Površina krila UAV-a ograničava energiju iz fotonaponskih panela, što znači da energija Sunca neće biti glavni izvor napajanja. Kako bi se smanjila masa UAV, veličina gorivne ćelije i baterija su ograničene. Dužina leta UAV-a određuje veličinu gorivne ćelije. Potreba za vršnom snagom i faza penjanja u letu daju referencu za veličinu baterije.

Sistem hibridne električne UAV se sastoji od četiri dela: energetski sistem, sistem upravljanja energijom, sistem pogona i sistem upravljanja letom bespilotne letelice kao što je ilustrirano na slici 1. Energetski sistem, uključujući sistem gorivnih ćelija (FC + rezervoar vodonika + DC-DC pretvarač), fotonaponski sistem (PV panel + solarno zračenje + (Maximum Power Point Tracking) MPPT) i baterija, oni obezbeđuju električnu energiju za pogon kroz sistem upravljanja energijom. Jedinica za kontrolu energije (Energy Control Unit ECU) kao jezgro procesora sistema za upravljanje energijom generiše trenutnu komandu za DC-DC pretvarač i uređaj za praćenje tačke maksimalne snage (MPPT) na osnovu informacija o stanju sistema i potražnji za energijom od senzora struje i napona (Batt CV i Bus CV) za kontrolu izlazne snage FC i PV, respektivno, a njihovi izlazni naponi su usklađeni sa baterijom. Na sunčevo zračenje na površini PV panela utiče pozicija leta UAV-a, kao što su ugao valjanja, ugao propinjanja, ugao skretanja i visina. Sistem pogona uključuje motor i propeler za pretvaranje električne energije u mehaničku energiju i obezbeđuje potisak i obrtni moment sistema bespilotne letelice.



Slika 1. Topologija hibridnog električnog UAV okvira.

Motorom upravlja autopilot, sistem za simulaciju leta, što generiše *on-line* snagu potrošnje za sistem upravljanja energijom. Autopilot dobija informacije o stanju leta od modela UAV i obezbeđuje uglove skretanja za kontrolne površine UAV-a. Ovaj model autopilota može da simulira situaciju u svakom trenutku leta sa uzročno-posledičnom vezom između snage potrošnje i upravljanja energijom.

Cilj strategije upravljanja energijom (*Energie Management Strategy EMS*) se ogleda u *on-line* da kontroliše protok energije između fotonaponskog panela, gorivne ćelije i baterije i ova strategija je implementirana u modulu ECU. Kriterijumi koje prati EMS sumirani su na sledeći način:

(i) PV panel ima najveći prioritet za pražnjenje. Preko MPPT-a, PV panel uvek radi na maksimalnoj tački snage kako bi obezbedio energiju što je više moguće za letenje ili punjenje baterije.

(ii) Baterija, u saradnji sa PV panelom i gorivnom ćelijom, pokriva vršna opterećenja sistema napajanja. Takođe je odgovoran za oštre fluktuacije potražnje za strujom i vršnu snagu potrošnje. Baterija se može puniti preko PV panela i gorivne ćelije sa ograničenom brzinom punjenja.

(iii) Gorivna ćelija ima najniži izlazni prioritet kako bi uštedela gorivo radi povećanja izdržljivosti.

(iv) Potrebna snaga P_D je zadovoljena sa tri vrste izvora napajanja:

$$P_D = P_{pv} + P_{batt} + P_{fc} \quad (1)$$

Fuzzy *Management Strategy* (FMS) koristi algoritam upravljanja na bazi FL (slika 2). Algoritam ima pet stanja:

Stanje 1: maksimalna raspoloživa snaga PV panela (P_{pvMax}) je veća od P_D . To znači da je višak snage potrošnje (P_d) negativan. Baterija sa visokim stanjem napunjenosti ne treba da se puni. Samo PV panel je odabran da zadovolji potrebe za energijom.

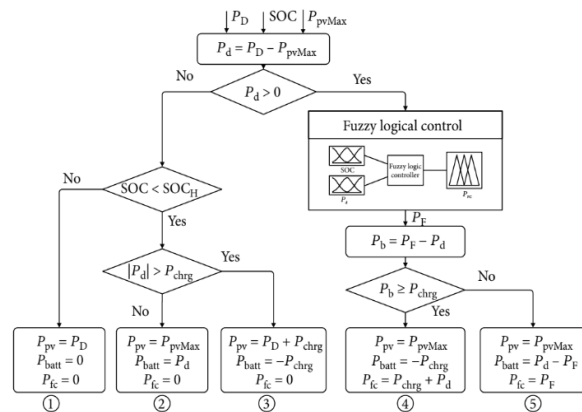
Stanje 2: PV ima sposobnost da zadovolji snagu potrošnje. Višak snage potrošnje (P_d) je niža od maksimalne snage punjenja baterije (P_{chrg}). PV panel svojom maksimalnom snagom zadovoljava i puni bateriju.

Stanje 3: maksimalna snaga sa PV panela je veća od zbira P_D i P_{chrg} . Tada je izlazna snaga PV panela jednaka zbiru snaga.

Stanje 4: PV panel ne može sam da zadovolji potrebnu snagu. Radi uštede goriva, PV panel daje svoju maksimalnu snagu. Zatim se algoritam FMS koristi za odlučivanje o željenom izlazu gorivne ćelije. Uzimajući u obzir ograničenja maksimalne brzine punjenja baterije, P_F je modifikovana tako da bude zbir P_d i P_{chrg} .

Stanje 5: PV panel radi sa maksimalnom dostupnom snagom, a željena snaga gorivne ćelije P_F je pod ograničenjem (2):

$$P_F + P_{pvMax} - P_D < P_{chrg} \quad (2)$$



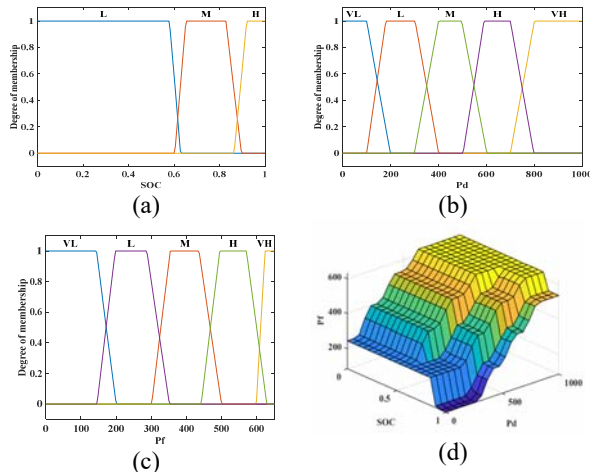
Slika 2. Strategija upravljanja energijom na bazi FL.

FLC je predstavljen kao fazi ekspetski sistem koji ima dve ulazne promenljive (P_d i stanje napunjenosti SOC (*State Of Charge*)) i jednu izlaznu promenljivu P_F . SOC je kategorisan u tri stanja koja se nazivaju nizak (L: *Low*), srednji (M: *Middle*) i visok (H: *High*) nivo napunjenosti baterije. Potrebna snaga P_d ima pet stanja: veoma visok

(VH: *Very High*), visok (H), srednji (M), nizak (L) i veoma nizak (VL: *Very Low*) nivo razlike snaga. Izlaz P_F je takođe definisan u pet stanja baš kao i P_d (VH, H, M, L i VL). Baza pravila koja ima 15 pravila za FSM algoritam data je u tabeli 1. Funkcije pripadnosti SOC, P_d i P_F date su na slikama 3(a)–3(c), respektivno. 3D funkcija prenosa snage gorive ćelije je predstavljena na slici 3(d). Mamdanijev pristup zaključivanja se koristi zajedno sa metodom centroida (COG) za defazifikaciju.

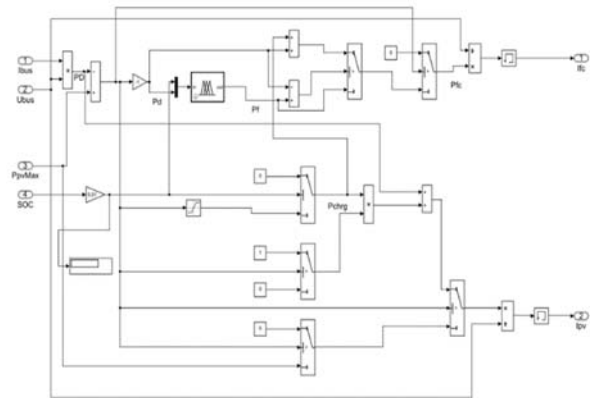
P_F	P_d					
	L	VH	H	M	L	VL
SOC	L	VH	VH	H	M	L
	M	VH	H	M	L	L
	H	H	M	L	VL	VL

Tabela 1. FC baza pravila



Slika 3. (a) Funkcija pripadnosti ulaza SOC, (b) funkcija pripadnosti ulaza P_d , (c) funkcija pripadnosti izlaza P_F i (d) površina baze pravila fuzzy kontrolera

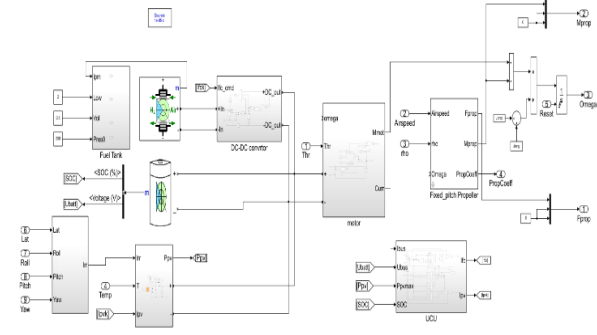
ECU modul sa FSM strategijom je modelovan kao hibridni energetski sistem kao što je prikazano na slici 4. P_d se izračunava korišćenjem I_{bus} i U_{bus} koji se mere u svakom vremenskom koraku. EMS generiše referentnu struju za gorivnu ćeliju i PV niz deljenjem željenih izlaznih snaga sa DC naponom. Baterija će automatski kompenzovati potrošnju energije na osnovu (1).



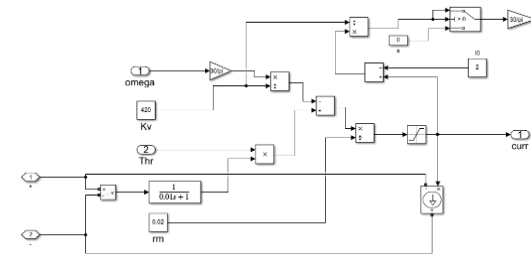
Slika 4. Topologija simulacionog ECU modula.

3. PLATFORMA ZA SIMULACIJU

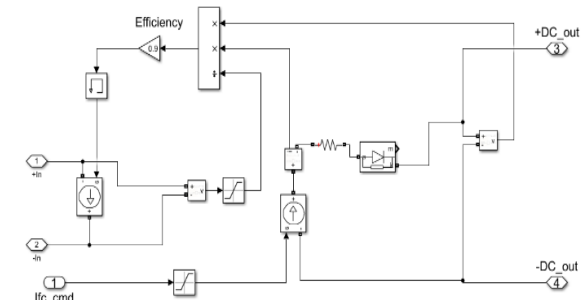
Topologija modela hibridnog sistema napajanja UAV je prikazana na slici 5. Struja gorivne ćelije se kontroliše pomoću DC-DC pretvarača. Modeli DC-DC pretvarača i motora su prikazani na slikama 6-7.



Slika 5. Topologija hibridnog sistema napajanja UAV.

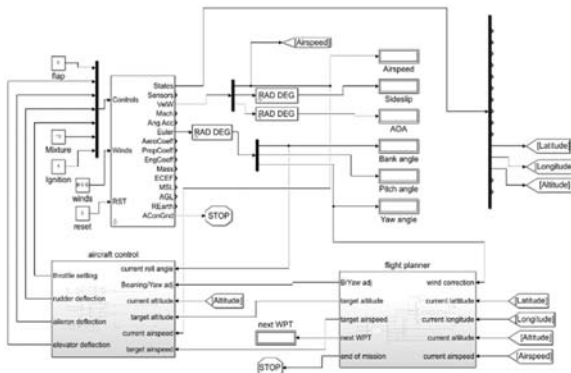


Slika 6. Simulacioni model električnog motora.



Slika 7. Simulacioni model DC-DC invertora.

Platforma za simulaciju zatvorene petlje hibridnog električnog UAV-a je razvijen u okviru AeroSim Blockset biblioteke u Matlab/Simulink-u kao što je prikazano na slici 8. Pogonski sistem motora je zamenjen razvijenim hibridnim sistemom napajanja (slika 5). Platforma takođe sadrži modul upravljanja UAV-om i modul za planiranje leta. Koristeći metodu navigacije velikog kruga, modul za planiranje leta određuje neophodno podešavanje pravca/zakretanja, ciljnu visinu i ciljnu brzinu na osnovu informacija o tački putanje, uključujući geografsku širinu i dužinu, nadmorsku visinu i brzinu letelice. Kontrolni modul UAV-a koristi informacije o trenutnoj i ciljnoj poziciji, visini i brzini radi generisanja signala potiska, ugla skretanja kormila, otklona krilaca i elevatora. Detaljni model autopilota prikazan je u [29].



Slika 8. Platforma za simulaciju zatvorene petlje UAV.

Scenario misije leta uključuje osnovne operacije UAV-a kao što su penjanje, krstarenje, spuštanje i potraga. Informacije o tački putanje su navedene u tabeli 2 [29]. Pretpostavlja se da je vreme poletanja 12:00 u podne da je maksimalna dnevna iradijacija 1200 W/m^2 . Parametri sistema su navedeni u tabeli 3 koja uključuje parametre baterije, gorivne ćelije, rezervoara vodonika, fotoelektičnog panela, motora, propelera i DC-DC pretvarača. Kao propeler korišćen je isti propeler kao u originalnom modelu Aerosonde UAV. U Simulink simulaciji je korišćen ode14x metod sa fiksnim korakom veličine koraka 0,1 s.

Etape leta	Geografska širina	Geografska dužina	Nadmorska visina (m)	Brzina vetra (m/s)
WP1 (početak)	26°34'51"S	151°50'28"E	800	20
WP2	26°33'58"S	151°51'10"E	900	20
WP3	26°34'08"S	151°51'25"E	900	20
WP4	26°34'18"S	151°53'13"E	750	30
WP5	26°34'08"S	151°53'18"E	750	20
WP6	26°33'59"S	151°53'13"E	750	20
WP7	26°34'08"S	151°53'25"E	900	20
WP8	26°34'14"S	151°53'17"E	900	20
WP9 (kraj)	26°34'51"S	151°50'28"E	800	30

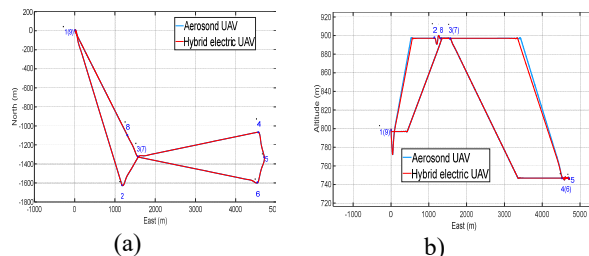
Tabela 2. Informacije o etapama leta tokom modelovanog scenarija.

4. REZULTATI

Validacija UAV-a se dobija poređenjem sa originalnim Aerosonde UAV-om na benzinski pogon u Matlab/Simulink-u pod istim scenarijem misije leta. Rezultati poređenja prikazani su na slikama 9 i 10. Gornji i bočni pogled na putanju leta se slažu za oba UAV-a. Uglovi valjanja i skretanja UAV-a su isti. Ovo je i razlog poklapanja puteva pogleda odozgo. Slika 10(c) pokazuje da se uglovi propinjanja UAV-a malo razlikuju pri prelasku sa spuštanja na let u ravni. Ovo rezultira razlikom prelazne putanje (slika 9(b)). Poređenje originalnog i hibridnog UAV-a dokazuje da hibridni električni model UAV-a ima skoro iste performanse kao originalni Aerosonde.

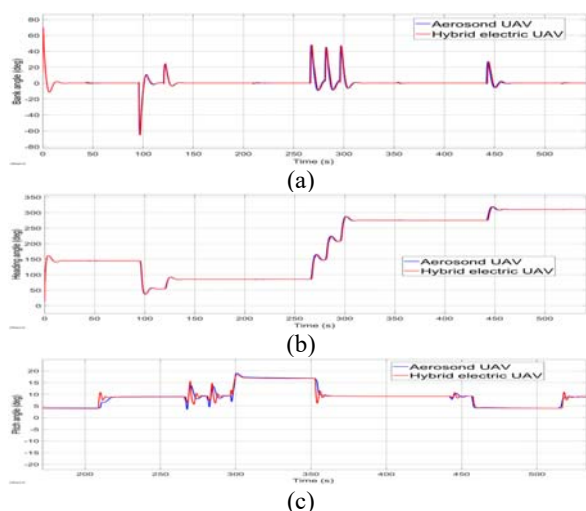
Izvor energije	Parametri	Vrednosti
Baterija	Nominalni napon	22.2
	Nominalni kapacitet	6
	Napon potpuno napunjen	25.2
	Prekidni napon	21
	Unutrašnji otpor	0.04
	Kapacitet pri nazivnom naponu	5.0
	Ekspozicionijalna zona	[23.5, 1]
	Početno stanje napunjenosti	90
	Maksimalna snaga punjenja	200
Goriva ćelija	Napon na 0A i 1A	[37, 33.7]
	Nazivna radna tačka	[24, 25]
	Maksimalna radna tačka	[23, 28]
	Broj ćelija	41
	Nominalna efikasnost	43
	Radna temperatura	50
	Nominalni protok vazduha	40
	Nominalni dovodni pritisak [gorivo, vazduh]	[0.55, 1]
	Nazivni sastav [H ₂ , O ₂ , H ₂ O (vazduh)]	[99.95, 21, 1]
	Zapremina rezervoara H ₂	0.5
	Period pročišćavanja vode	15
	Maksimalno H brzina protoka pri prečišćavanju vode	40
	Početni pritisak u rezervoaru	200
	Pritisak u rezervoaru pri nedostatku goriva	2
Fotonaponski panel	Solarno zračenje	1200
	Površina PV panela	0.5
	PV efikasnost	0.3
	MPPT efikasnost	0.98
Motor	Struja motora u praznom hodu motora	10
	Brzina rotacije	420
	Unutrašnja otpornost motora	33
	Rotaciona inercija vratila motora	0.0001
Propeler	Prečnik propelera	0.254
	Inercija rotacije propelera	0.002
DC-DC	Efikasnost konverzije	0.9
	Izlazni napon	25

Tabela 3. Parametri hibridnog sistema napajanja UAV.

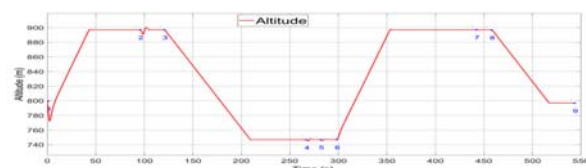


Slika 9. Poređenje putanje leta: (a) pogled odozgo na putanju leta, (b) pogled sa strane na putanju leta.

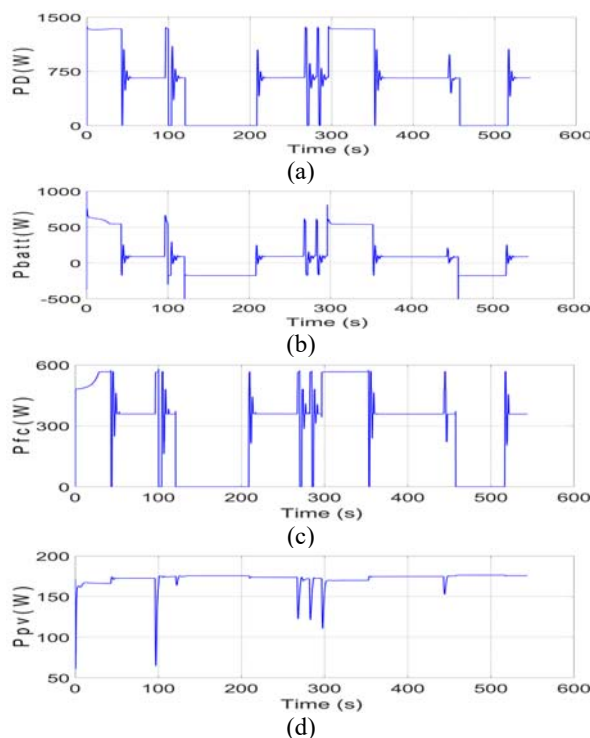
Za električni UAV, visina leta koja varira u vremenu prikazana je na slici 11. Tokom misije, predloženi FL algoritam za upravljanje energijom izračunava potrebnu snagu kao i snagu tri izvora napajanja kao što je prikazano na slici 12.



Slika 10. Poređenje uglova stava originalnog i hibridnog UAV-a: (a) ugao valjanja, (b) ugao skretanja i (c) ugao propinjanja.



Slika 11. Promena visine električnog UAV-a.



Slika 12. Potrebna snaga i distribucija snage izvora napajanja.

U modelovanom scenariju, pretpostavljeno je da 60% SOC-a pripada niskom nivou s obzirom na zdravlje i životni vek baterije u praktičnoj primeni. Pored ovoga kako bi se izbegli poremećaji usled vetra ili drugih

situacija tokom planirane misije, SOC ne bi trebalo da se koristi prenisko. SOC baterije i SOP (*State Of Pressure*) vodonika tokom misije prikazani su na slici 13(a). SOC se kreće od 90% do 78% ostajući u idealnom radnom opsegu. Kako se SOC smanjuje, izlazna snaga gorivne ćelije je veća u drugom usponu nego u prvom usponu. Vodonik u rezervoaru se troši od 200 bara do 52 bara. Osim za pročišćavanje vode svakih 15 s, protok vodonika varira u zavisnosti od snage gorivne ćelije. Na izlaz PV panela utiče zračenje na svojoj površini kao što je prikazano na slici 13(b).

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je predložena FMS sa *on-line* upravljanjem hibridnog električnog UAV-a napajanog fotonaponskim panelom, gorivom ćelijom i litijum-jonskom baterijom. Platforma za simulaciju koja integriše model hibridnog energetskog sistema napajanja i model UAV-a razvijena je pomoću MATLAB/Simulink alata. Na osnovu takve platforme, predložen je fazi ekspertski sistem upravljanja energijom koji je testiran u okviru jedne simulacije koja podražava realnu upotrebu bespilotne letelice. Na osnovu sprovedenih analiza i poređenjem sa klasično napajanim Aerosonde UAV, rezultati ukazuju da je razvijena platforma dobra i prihvatljiva za istraživanja algoritma upravljanja energijom. Drugi zaključak koji se nameće je da je prema strategiji korišćenja fazi logičkog sistema, fotonaponski panel obezbeđuje maksimalnu dostupnu snagu na koju utiče položaj letelice tokom leta, kao i ugao nagiba u zadatoj misiji. Litijum-jonska baterija se poni na osnovu fotonaponskog panela tokom faze spuštanja i njenom upotrebom može se kompenzovati višak energije ili višak snage u sistemu. Na ovaj način, u predloženoj strategiji upravljanja gorivna ćelija na osnovu fazi logičkog sistema reguliše svoju izlaznu snagu u skladu sa zahtevanom energijom i stanjem napunjenosti (SOC) baterije. U daljem istraživanju, naročita pažnja će se posvetiti izboru optimalnih oblika funkcija pripadnosti fazi promenljivih, kao i mogućnosti proširenja i uvođenja indeksa značajnosti baze fazi logičkih pravila.

LITERATURA

- [1] S. Caux, W. Hankache, M. Fadel, and D. Hissel, "On-line fuzzy energy management for hybrid fuel cell systems," *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 35, no. 5, pp. 2134–2143, 2010.
- [2] K.-S. Jeong, W.-Y. Lee, and C.-S. Kim, "Energy management strategies of a fuel cell/battery hybrid system using fuzzy logics," *Journal of Power Sources*, vol. 145, no. 2, pp. 319–326, 2005.
- [3] L. Karunarathne, J. T. Economou, and K. Knowles, "Fuzzy logic control strategy for fuel cell/battery aerospace propulsion system," *Proceedings 2008 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference*, pp. 1–5, Harbin, China, September 2008.
- [4] L. Karunarathne, J. T. Economou, and K. Knowles, "Model based power and energy management system for PEM fuel cell/Li-Ion battery driven propulsion system," *Proceedings 5th IET International Conference*

- on Power Electronics, Machines and Drives (PEMD 2010), pp. 1–6, Brighton, UK, April 2010.
- [5] S. N. Motapon, Design and Simulation of a Fuel Cell Hybrid Emergency Power System for a More Electric Aircraft: Evaluation of Energy Management Schemes, PhD dissertation, École de technologie supérieure Université Du Québec, Québec, 2013.
- [6] H. Hemi, J. Ghouili, and A. Cheriti, “A real time fuzzy logic power management strategy for a fuel cell vehicle,” *Energy Conversion and Management*, vol. 80, pp. 63–70, 2014.
- [7] M. Dawei, Z. Yu, Z. Meilan, and N. Risha, “Intelligent fuzzy energy management research for a uniaxial parallel hybrid electric vehicle,” *Computers & Electrical Engineering*, vol. 58, pp. 447–464, 2017.
- [8] Q. Li, W. Chen, S. Liu, Z. You, S. Tao, and Y. Li, “Power management strategy based on adaptive neuro-fuzzy inference system for fuel cell-battery hybrid vehicle,” *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, vol. 4, no. 1, article 013106, 2012.
- [9] Y. Li, L. Liu, X. Ma, and H. Tu, “Design of hybrid electric propulsion system for long endurance small UAV,” *Proceedings 10th International Energy Conversion Engineering Conference*, Atlanta, GA, USA, July 2012.
- [10] N. Karami, N. Moubayed, and R. Outbib, “Energy management for a PEMFC–PV hybrid system,” *Energy Conversion and Management*, vol. 82, pp. 154–168, 2014.
- [11] L. Karunarathne, J. T. Economou, and K. Knowles, “Power and energy management system for fuel cell unmanned aerial vehicle,” *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering*, vol. 226, no. 4, pp. 437–454, 2012.
- [12] B. Lee, P. Park, C. Kim, S. Yang, and S. Ahn, “Power managements of a hybrid electric propulsion system for UAVs,” *Journal of Mechanical Science and Technology*, vol. 26, no. 8, pp. 2291–2299, 2012.
- [13] X. Zhang, L. Liu, and G. Xu, “Energy management strategy of hybrid PEMFC-PV-battery propulsion system for low altitude UAVs,” *Proceedings 52nd AIAA/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference*, Salt Lake City, UT, USA, July 2016.
- [14] C. Charles, H. Christopher, M. Maj et al., “Systems integration of a hybrid PEM fuel cell/battery powered endurance UAV,” *Proceedings 46th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit*, Reno, NV, USA, January 2008.
- [15] T. H. Bradley, Modeling, Design and Energy Management of Fuel Cell Systems for Aircraft, PhD dissertation, Georgia Institute of Technology, School of Mechanical Engineering, Georgia, 2008.
- [16] L. Karunarathne, An Intelligent Power Management System for Unmanned Aerial Vehicle Propulsion Applications, PhD dissertation, Defence College of Management and Technology, Cranfield University, Bedfordshire, UK, 2012.
- [17] A. Savvaris, Y. Xie, K. Malandrakis, M. Lopez, and A. Tsourdos, “Development of a fuel cell hybrid-powered unmanned aerial vehicle,” *Proceedings 2016 24th Mediterranean Conference on Control and Automation (MED)*, pp. 1242–1247, Athens, Greece, June 2016.
- [18] J.-I. Corcau, L. Dinca, T. L. Grigorie, A.-N. Tudose, and K. Ntalianis, “Fuzzy energy management for hybrid fuel cell/battery systems for more electric aircraft,” *Proceedings AIP Conference*, vol. 1836, article 020056, 2017.
- [19] M. Zhou and J. V. R. Prasad, “Transient characteristics of a fuel cell powered UAV propulsion system,” *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, vol. 74, no. 1-2, pp. 209–220, 2014.
- [20] X.-Z. Gao, Z.-X. Hou, Z. Guo, J.-X. Liu, and X.-Q. Chen, “Energy management strategy for solar-powered high altitude long-endurance aircraft,” *Energy Conversion and Management*, vol. 70, pp. 20–30, 2013.
- [21] X.-Z. Gao, Z.-X. Hou, Z. Guo, R.-F. Fan, and X.-Q. Chen, “The equivalence of gravitational potential and rechargeable battery for high-altitude long-endurance solar-powered aircraft on energy storage,” *Energy Conversion and Management*, vol. 76, pp. 986–995, 2013.
- [22] X.-Z. Gao, Z.-X. Hou, Z. Guo, and X.-Q. Chen, “Reviews of methods to extract and store energy for solar-powered aircraft,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 44, pp. 96–108, 2015.
- [23] G. Abbe and H. Smith, “Technological development trends in solar-powered aircraft systems,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 60, pp. 770–783, 2016.
- [24] S. Hosseini, D. Ran, and M. Mesbahi, “Optimal path planning and power allocation for a long endurance solar-powered UAV,” *Proceedings 2013 American Control Conference (ACC)*, pp. 2588–2593, Washington, DC, USA, June 2013.
- [25] X. Zhu, Z. Guo, and Z. Hou, “Solar-powered airplanes: a historical perspective and future challenges,” *Progress in Aerospace Sciences*, vol. 71, pp. 36–53, 2014.
- [26] P. Rajendran, K. W. Lim, and K. T. Ong, “Power management strategy by enhancing the mission profile configuration of solar-powered aircraft,” *International Journal of Aerospace Engineering*, vol. 2016, Article ID 9345368, 9 pages, 2016.
- [27] C. Hao and A. Khaligh, “Hybrid energy storage system for unmanned aerial vehicle (UAV),” *Proceedings 36th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society*, Glendale, AZ, USA, November 2010.
- [28] B. Lee, S. Kwon, P. Park, and K. Kim, “Active power management system for an unmanned aerial vehicle powered by solar cells, a fuel cell, and batteries,” *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, vol. 50, no. 4, pp. 3167–3177, 2014.
- [29] Y.-C. Hung, Investigation of Methods for Increasing the Energy Efficiency on Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), [M.S. thesis], Faculty of Built Environment and Engineering, Queensland University of Technology, Queensland, 2011.

PRIMENA MERE ODRŽANJA IVICA U STEGANOGRAFIJI

THE USAGE OF EDGE-BASED IMAGE QUALITY EVALUATION IN STEGANOGRAPHY

Vladimir Ristić¹, Dimitrije Simić¹, Boban Bondžulić¹, Nenad Stojanović¹
Univerzitet odbrane u Beogradu, Vojna akademija¹

Sadržaj—Rad se bavi analizom kvaliteta steganografskih slika pomoću vršnog odnosa signal šum, indeksa strukturne sličnosti i mere održanja ivica slike. Objasnjeno je način formiranja baze slika neophodnih za analizu i dat primer umetanja slike poruke u bitske ravni slika nosilaca. Pokazano je da vršni odnos signal šum ne daje uvek pravu meru kvaliteta stego slike, a kao alternativa se predlaže korišćenje mere održanja ivica.

Abstract—This paper investigates quality of the steganography images using peak signal-to-noise ratio, structural similarity index and edge-based image quality measures. The manner of collecting of image dataset and primer of image hiding in carrier bit planes were provided. It is shown that peak signal-to-noise ratio provides inappropriate results in assessment of steganography images, and as a good alternative we suggest to use edge-based image quality evaluation.

1. UVOD

Steganografija je naučna disciplina koja se bavi prikrivenom razmenom informacija. Reč steganografija potiče od grčkih reči "steganos" i "graphein", što u prevodu znači skriveno pisanje [1].

Osnovni princip steganografije zasniva se na korišćenju medija koji je dostupan široj populaciji, unutar koga se umeće informacija koju želimo da prenesemo u skrivenoj formi. Savremena steganografija uglavnom je usmerena na skrivanje tajne poruke unutar audio fajlova, slika ili video fajlova [1]. Steganografija se koristi u razmeni informacija u privatne i poslovne svrhe, u zaštiti autorskih prava u obliku vodenog žiga (pečata), a često se koristi prilikom ilegalnih aktivnosti [2].

Steganografija podrazumeva prikrivanje tajne poruke, ali ne i činjenice da dve strane međusobno komuniciraju. Zbog toga se u procesu steganografije koristi medij dostupan širokoj populaciji i on se naziva nosilac. Nosilac ima ulogu prikrivanja (maskiranja) skrivene informacije (poruke). Skrivena poruka i nosilac čine jednu celinu koja se naziva stego ili steganografski medij.

Za prikrivanje poruka u radu su se koristile slike. Slike se na različite načine koriste kako bi se u njima prikrila poruka [3, 4]. Za potrebe steganografske analize formirana je baza slika, koja je detaljno opisana u [5].

U velikom broju metoda za obradu slike potrebno je proceniti kvalitet dobijene slike. U praksi se koriste dve vrste mera kvaliteta slike: objektivne i subjektivne. Objektivne mere kvaliteta se u steganografiji koriste kada je potrebno kvantitativno proceniti razliku između slike nosilaca i stego slike (nosilac sa umetnutom porukom).

Najčešće korišćene objektivne mere za procenu kvaliteta/distorzije su srednja kvadratna greška (MSE), odnos signal šum (SNR) i vršni odnos signal šum (PSNR), ali su ove mere često kritikovane jer ne daju rezultate koji su u potpunosti u skladu sa subjektivnim procenama.

Ivična objektivna procena kvaliteta slike [6], proistekla je iz pristupa koji se koristi u proceni kvaliteta sjedinjavanja monohromatskih slika [7], gde se očuvanje prostornih informacija evaluiira kroz gradijentnu reprezentaciju. Gradijentna procena polazi od ideje da je prenos (kompresija, degradacija) kojim se prenese više gradijentnih informacija bolji. Osim u proceni kvaliteta slike [6, 8], navedeni pristup je korišćen u proceni kvaliteta sjedinjavanja kolor slika [9] i proceni kvaliteta videa [10].

U radu su ukratko opisane mere vršni odnos signal šum (PSNR), indeks strukturne sličnosti (SSIM) i mera održanja ivica, kao i baza slika korišćena u analizi. Dat je primer umetanja slike poruke u slike nosilaca zamenom bitskih ravni. Na kraju rada je analizirana primena vršnog odnosa signal šum, indeksa strukturne sličnosti i mere održanja ivica u proceni kvaliteta steganografskih slika.

2. OBJEKTIVNE MERE PROCENE KVALITETA SLIKE

2.1. VRŠNI ODNOS SIGNAL ŠUM

Najčešće korišćena objektivna mera procene kvaliteta slike je srednja kvadratna greška (Mean Squared Error, MSE), definisana kao:

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N (R(m,n) - D(m,n))^2 \quad (1)$$

gde je **R** izvorna, a **D** slika sa degradacijom.

Za praktičnu primenu, pogodniji je vršni odnos signal šum (Peak Signal-to-Noise Ratio, PSNR), koji se izražava u dB. Za predstavu osvetljenosti piksela sa p bita (2^p nivoa sivog), vršni odnos signal šum dat je izrazom:

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{(2^p-1)^2}{MSE} \quad (2)$$

2.2. INDEKS STRUKTURNE SLIČNOSTI

Indeks strukturne sličnosti (Structural Similarity Index, SSIM) jedan je od standardnih kriterijuma za procenu kvaliteta slike. Osnovna ideja koja stoji iza SSIM tehnike je da je ljudsko oko osetljivo na degradacije struktura. Indeks opisuje kvalitet poredjenjem lokalnih osvetljenja,

kontrasta i strukture između referentne i test slike [11]. Neka su dati vektori x i y . SSIM indeks je dat izrazom:

$$SSIM(x, y) = l(x, y) \cdot c(x, y) \cdot s(x, y) \quad (3)$$

$$SSIM(x, y) = \frac{2\mu_x\mu_y + C_1}{\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1} \cdot \frac{2\sigma_x\sigma_y + C_2}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2} \cdot \frac{\sigma_{xy} + C_3}{\sigma_x\sigma_y + C_3}$$

Kroz $l(x, y)$, $c(x, y)$ i $s(x, y)$ se porede lokalna obeležja – osvetljaj, kontrast i struktura, tim redom. μ_x i μ_y su srednje vrednosti vektora, σ_x^2 i σ_y^2 su varijanse vektora, a σ_{xy} je kros korelacija između x i y . Konstante C_1 , C_2 i C_3 služe za stabilizaciju SSIM indeksa kada su srednje vrednosti i varijanse vektora male. Često se koristi pojednostavljena verzija SSIM indeksa kod koje je $C_3 = C_2/2$. Tada se dobija:

$$SSIM(x, y) = \frac{2\mu_x\mu_y + C_1}{\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1} \cdot \frac{2\sigma_{xy} + C_2}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2} \quad (4)$$

2.3. IVIČNA PROCENA KVALITETA SLIKE

U ivičnoj proceni polazi se od izdvajanja parametara ivica i korišćenja subjektivnog modela očuvanja ivica [6]. Očuvanje parametara ivica lokalnih regiona integrali se u numeričku vrednost koja odlikava kvalitet test slike.

Za potrebe objektivne procene potrebno je obe slike filtrirati sa Sobel prostornim maskama [12, 13]. Rezultate konvolucije slika koji daju informacije o horizontalnim i vertikalnim komponentama ivica (x i y orijentacije) označimo sa s^x i s^y , respektivno. Od ovih komponenti lako se dobijaju amplituda, $g(m, n)$, i orijentacija ivice, $\alpha(m, n)$ piksela $p(m, n)$ slike (npr. slike A dimenzija $M \times N$):

$$g_A(m, n) = g_{\max}^{-1} \sqrt{s_A^x(m, n)^2 + s_A^y(m, n)^2} \quad (5)$$

$$\alpha_A(m, n) = \arctan\left(\frac{s_A^y(m, n)}{s_A^x(m, n)}\right) \quad (6)$$

U (5) je sa $g_{\max}$ označena maksimalna vrednost gradijenta koja se može dobiti primenom Sobel maski ($g_{\max}=1.118$) za 8-bitne monohromatske slike svedene na opseg $[0, 1]$.

Amplituda g može biti u opsegu $[0, 1]$, gde minimalna vrednost odgovara situacijama kada nema promena nivoa sivog, a maksimalna vrednost odgovara maksimalnom kontrastu. Orijetacija α može biti u opsegu $[-\pi, \pi]$.

Ivica izvorne slike je sasvim preslikana u test (stego) sliku ako su amplitude i orijentacije ostale nepromenjene. Ukoliko postoji gubitak kontrasta od izvorne slike A do test slike B , promena amplitude, Δ_g^{AB} , definiše se kao odnos amplituda izvorne i test slike:

$$\Delta_g^{AB}(m, n) = \begin{cases} \frac{g_B(m, n) + C}{g_A(m, n) + C}, & g_A(m, n) > g_B(m, n) \\ \frac{g_A(m, n) + C}{g_B(m, n) + C}, & g_A(m, n) \leq g_B(m, n) \end{cases} \quad (7)$$

U (7) je sa C ($C=1/64$) označena konstanta koja se dodaje zbog situacija u kojima su oba gradijenta veoma blizu nule ili praga detekcije ivice.

Promena orijentacije ivica slike A u odnosu na sliku B , Δ_α^{AB} , se definiše kao razlika orijentacija α_A i α_B :

$$\Delta_\alpha^{AB} = \pi^{-1} \left| \alpha_A(m, n) - \alpha_B(m, n) \right| - \pi \quad (8)$$

Gubitak amplituda i orijentacija ivica modulisan je sa nelinearnim sigmoidnim funkcijama. Korišćenjem nelinearnih sigmoidnih funkcija dobijaju se mere održanja parametara ivica, Q_g^{AB} i Q_α^{AB} , koje modeluju istinitost ulaznih amplituda i orijentacija na poziciji (m, n) u test slici:

$$Q_i^{AB}(m, n) = \frac{\Gamma_i}{1 + \exp\{k_i[\Delta_i^{AB}(m, n) - \sigma_i]\}}, \quad i \in \{g, \alpha\} \quad (9)$$

Optimalne vrednosti nelinearnih sigmoidnih funkcija $[k_g, \sigma_g, k_\alpha, \sigma_\alpha] = [-11, 0.7, -24, 0.8]$ optimizovane su za potrebe sjedinjavanja slika [7]. Konstante Γ_i dobijaju se tako da je $Q_i^{AB}=1$ kada je $\Delta_i^{AB}=1$.

Mere održanja amplituda i orijentacija $Q_g^{AB}(m, n)$ i $Q_\alpha^{AB}(m, n)$ kombinuju se u meru održanja ivica $Q^{AB}(m, n)$, koja predstavlja meru vernosti kojom slika B predstavlja sliku A na poziciji (m, n) :

$$Q^{AB}(m, n) = \sqrt{Q_g^{AB}(m, n) \cdot Q_\alpha^{AB}(m, n)} \quad (10)$$

Krajnja mera kvaliteta slike B dobija se kao srednja vrednost lokalnih procena (10):

$$Q^{AB} = (MN)^{-1} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N Q^{AB}(m, n) \quad (11)$$

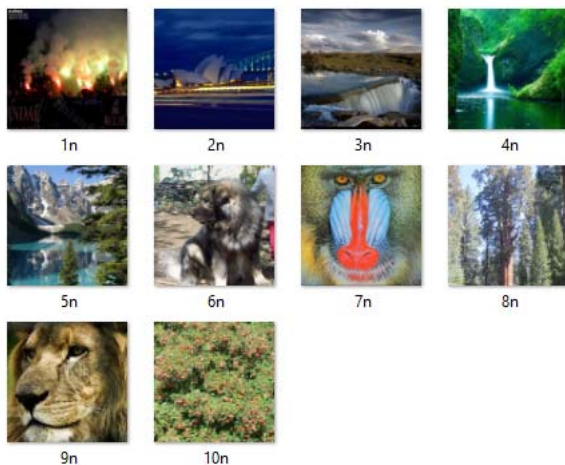
Vrednosti mere Q^{AB} se nalaze u opsegu $[0, 1]$. Za test sliku koja ima veću vrednost Q^{AB} kažemo da je boljeg kvaliteta – tj. da je manje informacija izvorne slike narušeno.

3. NAČIN FORMIRANJA I OPIS BAZE SLIKA

Za potrebe ovog rada formirana je baza slika koja odlikava tipične sadržaje koji se koriste. Za slike nosilaca izabrano je 10 javno dostupnih kolor slika. To su slike lica, ljudi, životinja, prirodnih scena, vestačkih objekata, slike bez nekog specifičnog sadržaja. Na sličan način odabrano je 10 kolor slika za slike tajnih poruka. To su slike sa vojnom tematikom - slike naoružanja i vojne opreme, snimci dobijeni daljinskim osmatranjem, karte terena i slično. Dimenzije slika nosilaca i slika poruka su 512×512 piksela.

Prilikom izbora slika u obzir je uzeta prostorna kompleksnost. Prostorna kompleksnost je određena pomoću prostorne aktivnosti slike koja predstavlja sumu amplituda gradijenta piksela slike [5]. Slike su numerisane na osnovu prostorne aktivnosti i to od slike sa najmanjom do slike sa najvećom prostornom aktivnošću.

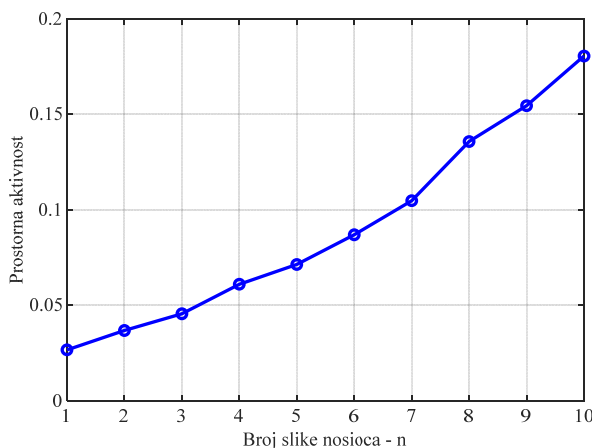
Slike nosilaca i njihova prostorna aktivnost prikazane su na slikama 1 i 2.



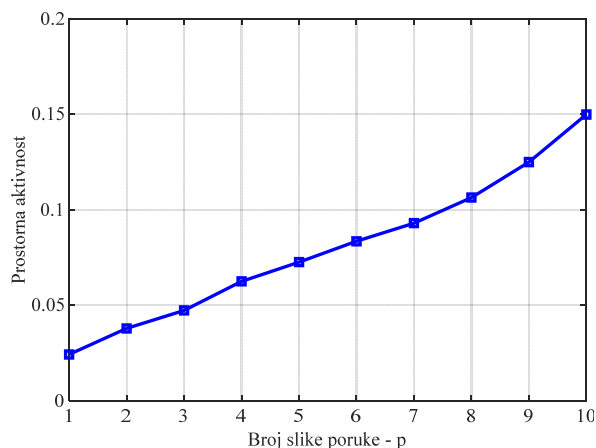
Slika 1. Slike nosilaca



Slika 3. Slike poruka



Slika 2. Prostorna aktivnost slika nosilaca



Slika 4. Prostorna aktivnost slika poruka

Slike poruka i njihova prostorna aktivnost prikazane su na slikama 3 i 4. U radu su korišćene monohromatske verzije nosilaca i poruka.

4. PRIMENA BAZE SLIKA U STEGANOGRAFIJI

Najčešći način umetanja skrivenog sadržaja, a koji je najjednostavniji i lako se otkriva, jeste zamena bitskih ravni slike nosilaca sa tajnom porukom [14].

Neka je slika prilikom digitalizacije uniformno kvantovana sa B bita, odnosno sa $L=2^B$ nivoa sivog. Onda se vrednost nivoa sivog nekog piksela može predstaviti u obliku [15]:

$$u = b_0 + b_1 2^1 + b_2 2^2 + \dots + b_{B-2} 2^{B-2} \quad (12)$$

Izdvajanje n -tog bita iz svih piksela u slici naziva se izdvajanjem n -te bitske ravni. Prva bitska ravan je ravan sa bitima najmanjeg značaja (LSB biti).

Postupak zamene bitske ravni je ilustrovan kroz primer u kome se kao nosilac koristi slika 5(a), a kao poruka slika 5(b). Zbog zamene jedne bitske ravni slika poruke je osam puta manja od slike nosioca.



(a) nosilac (b) poruka

Slika 5. Slike nosioca i poruke

Na slici 6 prikazano je umetanje slike poruke u sliku nosioca umetanjem u svih osam bitskih ravni. Sa slike 6 se uočava da se vizuelni kvalitet slike nosioca narušava sa povećanjem rednog broja zamenjene bitske ravni. Degradacija nosioca se uočava pri promeni četvrte i viših bitskih ravni.

5. PRIMENA OBJEKTIVNIH MERA U PROCENI KVALITETA STEGANOGRAFSKIH SLIKA

Osnovni cilj objektivne (automatske) procene kvaliteta slika/videoa je dobiti predikcije koje su u dobroj korelaciji sa prosečnom subjektivnom procenom (MOS – mean

opinion score). Od objektivnih mera u radu su korišćene vršni odnos signal šum, indeks strukturne sličnosti i ivična objektivna procena.



(a) zamena 1. bitske ravni



(b) zamena 2. bitske ravni



(c) zamena 3. bitske ravni



(d) zamena 4. bitske ravni



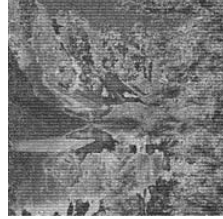
(e) zamena 5. bitske ravni



(f) zamena 6. bitske ravni



(g) zamena 7. bitske ravni



(h) zamena 8. bitske ravni

Slika 6. Stego slike nastale zamenom odgovarajućih bitskih ravni

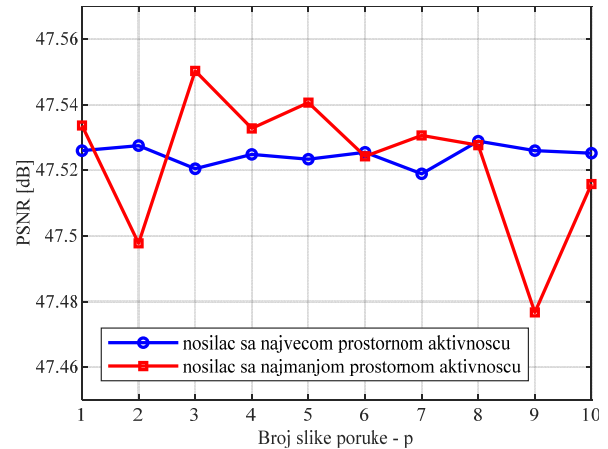
5.1. UTICAJ IZBORA NOSIOCA I PORUKE NA OBJEKTIVNE MERE PROCENE KVALITETA

Na slikama 7, 8 i 9 date su vrednosti vršnog odnosa signal šum (u dB), indeksa strukturne sličnosti i ivične objektivne procene kvaliteta za steganografske slike nastale umetanjem reprezentativnih slika poruka u bitsku ravan najmanjeg značaja. Za slike nosilaca iz formirane baze slika uzete su slike koje imaju najveću i najmanju prostornu aktivnost.

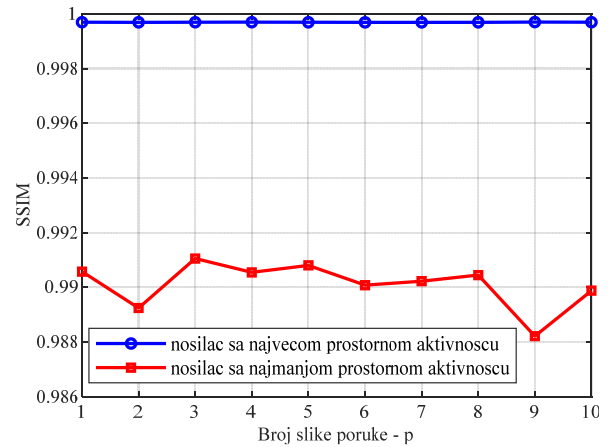
S obzirom na dinamički opseg vršnog odnosa signal šum sa slike 7 (od 47,47 dB do 47,55 dB), može se zaključiti da on ne zavisi od izbora poruke i nosioca.

S obzirom na vrednosti indeksa strukturne sličnosti sa slike 8, može se zaključiti da ne zavisi od izbora poruke, već od izbora nosioca. Međutim, razlike nastale izborom različitih nosilaca takođe nisu značajne (vrednost SSIM za nosilac sa najvećom prostornom aktivnošću je

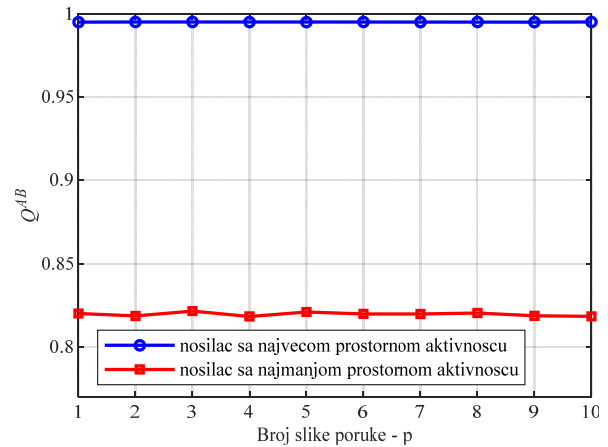
konstantna i iznosi 0,9997, dok je vrednost SSIM za nosilac sa najmanjom prostornom aktivnošću nešto niža i varira od 0,9882 do 0,9991).



Slika 7. Zavisnost PSNR od izabrane slike poruke i nosioca



Slika 8. Zavisnost SSIM od izabrane slike poruke i nosioca



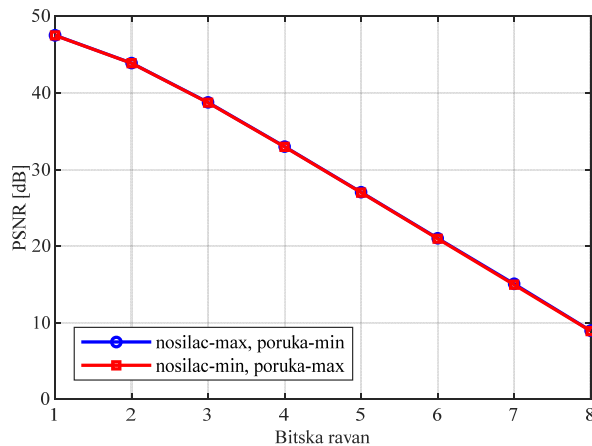
Slika 9. Zavisnost ivične objektivne procene kvaliteta od izabrane slike poruke i nosioca

S obzirom na dinamički opseg objektivnih vrednosti sa slike 9, može se zaključiti da on ne zavisi od izbora poruke. Međutim, vrednost objektivne ivične procene

značajno zavisi od izbora nosioca (0,995 za nosilac sa najvećom prostornom aktivnošću, a oko 0,82 za nosilac sa najmanjom prostornom aktivnošću). To je u skladu sa subjektivnim testovima, u kojima je pokazano da se više informacija može sakriti u slikama sa većom prostornom aktivnošću zbog efekata maskiranja kojima je podložan vizuelni sistem čoveka.

5.2. UTICAJ IZBORA BITSKE RAVNI NA OBJEKTIVNE MERE PROCENE KVALITETA

Na slici 10 date su vrednosti PSNR steganografskih slika nastalih umetanjem poruka sa najmanjom i najvećom prostornom aktivnošću u različite bitske ravni (vršena je zamena svih osam bitskih ravni). Za slike nosilaca iz formirane baze slika uzete su slike koje imaju najveću i najmanju prostornu aktivnost. U ovoj analizi odabrane su ekstremne vrednosti prostornih aktivnosti nosilaca i poruka.



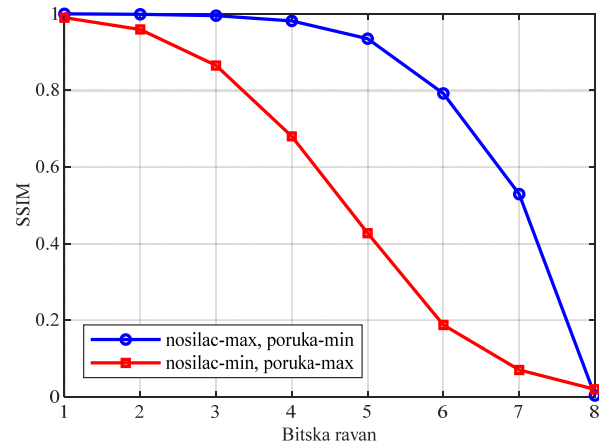
Slika 10. Zavisnost PSNR od zamenjene bitske ravni

Sa slike 10 se uočava da je dinamični opseg vršnog odnosa signal šum od 8,9 dB do 47,5 dB, i da je veoma mala razlika između vrednosti u dva analizirana slučaja. PSNR linearno pada sa povećanjem rednog broja zamenjene bitske ravni nosioca.

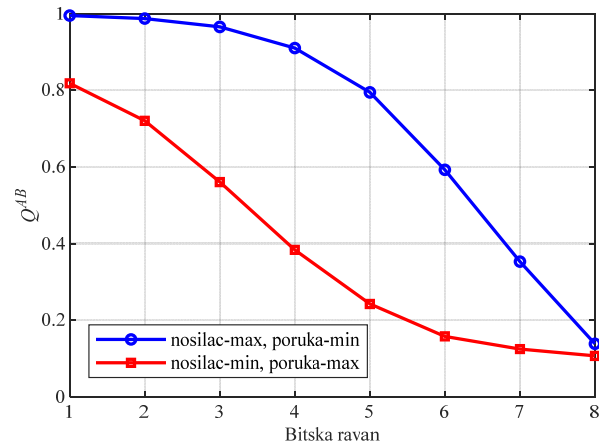
Na slici 11 date su vrednosti SSIM steganografskih slika nastalih umetanjem poruka sa najmanjom i najvećom prostornom aktivnošću u različite bitske ravni. Za slike nosilaca iz formirane baze slika uzete su slike koje imaju najveću i najmanju prostornu aktivnost. Sa slike 11 se vidi da vrednosti SSIM opadaju sa povećanjem rednog broja zamenjene bitske ravni, što govori o narušavanju kvaliteta slike nosioca. Takođe, vrednosti SSIM zavise od izbora slike nosioca.

Na slici 12 date su vrednosti ivične objektivne procene kvaliteta steganografskih slika za dva ekstremna slučaja, nosilac maksimalne i poruku minimalne prostorne aktivnosti i nosilac minimalne i poruku maksimalne prostorne aktivnosti. Umetanje se vrši u svih osam bitskih ravni slike nosioca. Sa slike 12 se vidi da vrednosti mere održanja ivica opadaju sa povećanjem rednog broja bitske ravni, što govori o narušavanju kvaliteta slike nosioca.

Takođe, vrednosti mere održanja ivica zavise od izbora slike nosioca, što je u skladu sa ranije sprovedenim subjektivnim testovima.



Slika 11. Zavisnost SSIM od zamenjene bitske ravni



Slika 12. Zavisnost ivične objektivne procene kvaliteta od zamenjene bitske ravni

6. ZAKLJUČAK

U radu su razmatrane i poređene tri objektivne mere procene kvaliteta slike, vršni odnos signal šum (PSNR), indeks strukturne sličnosti (SSIM) i mera održanja ivica. Iako je vršni odnos signal šum jednostavan za izračunavanje, on ne daje uvek pravu meru kvaliteta stego slike. Zbog toga se za potrebe poređenja slike nosioca i stego slike sugerise korišćenje drugih objektivnih mera procene kvaliteta slike. U radu je pokazano da od razmatranih objektivnih mera procene kvaliteta, najbolje vrednosti daje mera održanja ivica. S obzirom da su u radu razmatrane samo monohromatske slike, u daljem radu potrebno je sprovesti širu steganografsku analizu nad kolor slikama i video fajlovima kao nosiocima skrivenih poruka.

ZAHVALNICA

Istraživanje opisano u ovom radu je realizovano u okviru projekta VA-TT/3/20-22 koji stipendira Univerzitet odbrane u Beogradu.

LITERATURA

- [1] Parađina, N., Buklijaš, I. i Mudrovčić, K., “Steganografija u slikama”, Interni izveštaj, Zavod za elektrotehničke sustave i obradu informacija, 2007.
- [2] Veinović, M., Jevremović, A. i Šimić, G., “Model primene sopstvenih kriptografskih i steganografskih algoritama na primeru Web galerije slika”, 16. Telekomunikacioni forum, Beograd, 2008.
- [3] Carvajal-Gamez, B.E., Gallegos-Funes, F.J. and Lopez-Bonilla, J.L., “Scaling factor for RGB images to steganography applications”, *Journal of Vectorial Relativity*, pp. 55-65, 2009.
- [4] Watters, P.A., Martin, F. and Steffen Stripf, H., “Visual steganalysis of LSB-encoded natural images”, in *Proc. of the 3rd International Conference on Information Technology and Applications*, 2005.
- [5] Simić, D., Bondžulić, B. i Fejsov, N., “Način formiranja, opis i analiza baze slika za potrebe u steganografiji”, Konferencija YU INFO 2012, Kopaonik, 29.02. – 03.03.2012.
- [6] Bondžulić, B. i Petrović, V., “Ivična objektivna procena kvaliteta slike”, 17. Telekomunikacioni forum, Beograd, 2009.
- [7] Petrović, V. and Xydeas, C., “Objective evaluation of signal-level image fusion performance”, *Opt. Engineering* 44 (8), August 2005.
- [8] Bondžulić, B. and Petrović, V., “Edge-based objective evaluation of image quality”, in *Proc. of 18th IEEE Int. Conference on Image Processing*, Brussels, Belgium, pp. 3362-3365, Sept. 2011.
- [9] Petrović, V., Bondžulić, B. and Pavlović, R., “Study of objective evaluation of natural colour image fusion”, in *Proc. of 15th International Conference on Information Fusion*, Raffles City Convention Centre, Singapore, pp. 2523-2530, July 2012.
- [10] Petrović, V. and Bondžulić, B., “Objective assessment of surveillance video quality”, 3rd *Conference on Sensor Signal Processing for Defence*, London, UK, Sept. 2012.
- [11] Novčić, M., Bondžulić, B., Pavlović, B., Bajčetić, J. i Stojanović, N., “Analiza performansi i objektivnih mera procene kvaliteta na sekvencama sa paketskim gubicima”, 62. Konferencija ETRAN, Palić, 2018.
- [12] Gonzales, R.C. and Woods, R.E., *Digital image processing*, Second Edition, Prentice Hall, pp. 567-581, 2002.
- [13] Pratt, W.K., *Digital image processing*, Fourth Edition, John Wiley & Sons, Inc., pp. 462-522, 2007.
- [14] Elharrouss, O., Almaadeed, N. and Al-Maadeed S., “An image steganography approach based on k-least significant bits (k-LSB)”, *IEEE Int. Conference on Informatics, IoT, and Enabling Technologies*, 2020.
- [15] Popović, M., *Digitalna obrada slike*, Akademska misao, Beograd, 2006.

PROJEKTOVANJE I IMPLEMENTACIJA NA FPGA RAČUNARA ZA VOĐENJE RAKETE

DESIGN AND FPGA IMPLEMENTATION OF MISSILE GUIDANCE COMPUTER

Taki Eddine Daikh¹, Stojadin Manojlović¹, Momir Stanković¹.
Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu¹

Sadržaj – U ovom radu je opisan postupak projektovanja i implementacije na FPGA platformu računara za vođenje poluautomatski vođene protivoklopne rakete. Modelovanje i simulacija sistema vođenja i upravljanja su realizovane u MATLAB/Simulink okruženju, sa digitalnim računarom za vođenje implementiranim na FPGA hardveru. Efikasnost predloženog koncepta demonstrirana je kroz različite scenarije, u kontinualnom i diskretnom domenu, kao i sa FPGA u petlji vođenja.

Abstract - In this paper, we present a design and FPGA implementation of an guidance computer of semi-automatic command to line of sight (SACLOS) anti-tank guided missile. The modelling process and simulation of guidance and control system are realized in MATLAB/Simulink environment with digital guidance computer implemented in FPGA hardware platform. Through different scenarios, the efficiency of the proposed concept is demonstrated in the continuous domain, the discrete domain and with FPGA in the loop (FIL).

1. UVOD

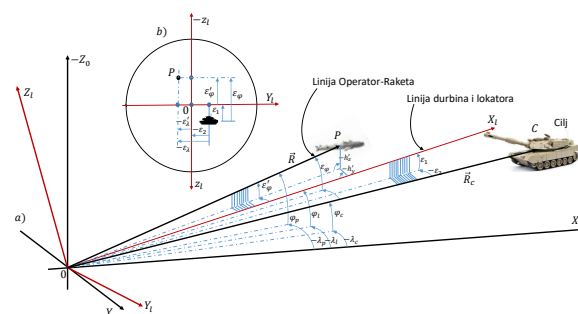
Daljinsko vođenje je takav vid vođenja (upravljanje kretanjem centra mase letelice) koji se ostvaruje sa komandnog mesta. Prema stepenu automatizacije daljinski vođene protiv oklopne rakete mogu se podeliti u tri grupe: ručno vođene (MCLOS), poluautomatski vođene (SACLOS) i automatski vođene (ACLOS) [1]. Kao kompromis između zahtevane preciznosti i cene izdvajaju se poluautomatski vođeni raketni sistemi. Kod ovih sistema zadatak operatora je da preko optike prati cilj, a optoelektronski blok detektuje greške vođenja rakete i generiše komande vođenja [2, 3, 4].

Veoma važna komponenta u sistemu vođenja je računar za vođenje koji je analiziran u ovom radu. Računar za vođenje obrađuje dva skupa podataka: trenutne pozicije cilja i rakete i generiše korektivne signale (komande za vođenje) u skladu sa primenjenom metodom vođenja. Komande vođenja formirane u računar na komandnom mestu prenose se na raketu preko kanala vođenja. Kanal vođenja u osnovi sadrži predajnik na komandnom mestu, prijemnik na raketi i liniju veze koja predstavlja medij ili sredinu kroz koju se signal prenosi do prijemnika. Linija veze može biti radiolinija, laserski snop ili žica. Proces razvoja precizno vođenih projektila zahteva realizaciju velikog broja eksperimenata za procenu

performansi sistema vođenja. Zbog visokih troškova eksperimenata, metode matematičke simulacije i testiranja se intenzivno koriste u početnim fazama razvoja raketnog vođenog naoružanja. Simulacije sa hardverom u petlji (HIL), zasnovane na savremenim digitalnim procesorima signala, su veoma ekonomične tehnike koje se koriste za projektovanje i procenu efikasnosti različitih sofisticiranih oružja, ali i drugih sistema [5].

2. STRUKTURNA ŠEMA DALJINSKOG SISTEMA VOĐENJA

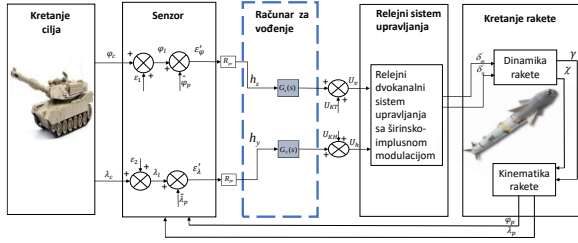
Geometrijski odnosi pri daljinskom vođenju protivoklopne rakete prikazani su na slici 1a. Na slici 1b prikazana je situacija koja se vidi u vidnom polju durbina operatora.



Slika 1. a) Geometrijski odnosi pri daljinskom vođenju protivoklopne rakete, b) Slika u vidnom polju durbina operatora.

U ovom slučaju za analizu kretanja rakete i praćenje situacije u vidnom polju koriste se geodetski koordinatni sistem $G_0(O; x_0, y_0, z_0)$ i koordinatni sistem vezan za durbin, odnosno za lokator rakete $L(O; x_i, y_i, z_i)$.

Na slici 2 prikazana je strukturna šema sistema daljinskog vođenja (komandni – I tip) protivoklopne rotirajuće rakete. Komandni sistemi vođenja I tipa strukturno se razlikuju po metodi vođenja. Naime, za realizaciju metode pokrivanja cilja dovoljan je jedan senzor koji meri uglovnu grešku između linije viziranja cilja i linije viziranja rakete, a za realizaciju metoda s preticanjem (na primer paralelnog zbliženja) potrebna su dva senzora, jedan za cilj i jedan za raketu. Blok „Dinamika rakete“ u strukturi sistema vođenja predstavlja matematički model kojim se opisuje dinamičko ponašanje rakete u letu.

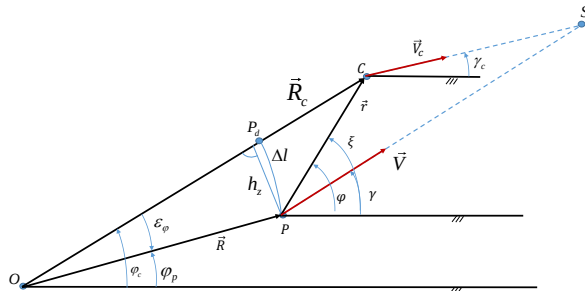


Slika 2. Strukturna šema sistema daljinskog vođenja protivoklopne rotirajuće rakete

Kretanje centra mase cilja i rakete definiše se u blokovima „Kretanje cilja“ i „Kinematika rakete“, respektivno, preko odgovarajućih kinematičkih relacija. Ovi blokovi fizički ne postoje, ali u modelima sistema vođenja pomoću njih se generišu promenljive kretanja oba objekta (cilja i rakete) kao ulazi u senzor, odnosno preko ovih blokova se definišu referentni ulazi u petlju vođenja (kretanje cilja) i zatvara petlja vođenja (kinematika rakete).

3. PROJEKTOVANJE RAČUNARA ZA VOĐENJE

Na slici 3 su prikazani geometrijski odnosi pri daljinskom vođenju u vertikalnoj ravni. Po metodi pokrivanja cilja zahtev je da se tokom leta raketa (tačka P) sve vreme nalazi na pravcu koji spaja komandno mesto (tačka O) i cilj (tačka C).



Slika 3. Geometrijski odnosi pri daljinskom vođenju u vertikalnoj ravni

Zadatak operatora je da prati cilj tako da se on nalazi na optičkoj osi durbina. Pri tome senzor rakete (IC koordinatork) meri odstupanje rakete (ε_φ) od optičke ose durbina. Računar izračunava linearnu grešku h_z i uvodi odgovarajuću kompenzaciju radi dobijanja signala vođenja koji će obezbediti "držanje" rakete u optičkoj osi durbina koju operator drži na cilju s odgovarajućom greškom ε_1 .

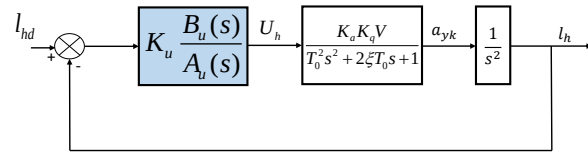
Računar za vođenje u ovom sistemu, na osnovu uglovne greške elevacije $\varepsilon_\varphi = \varphi_c - \varphi_p$, i azimuta $\varepsilon_\lambda = \lambda_c - \lambda_p$ dobijenih iz senzora izračunava linearne greške $h_z = R_{pr} \varepsilon_\varphi$, i $h_y = R_{pr} \varepsilon_\lambda$. Ovde je R_{pr} programska daljina koja se uvodi kao aproksimacija stvarne daljine rakete R .

Autopilot prima preko kanala vođenja komande vođenja U_v i U_h i pretvara ih u odgovarajuće otklone krmila δ'_m i δ'_n . Ovi otkloni uzrokuju pojavu normalnih ubrzanja a_z i a_y i pomeranje centra mase rakete u smeru eliminacije grešaka h_z i h_y .

Prenosne funkcije korekcionih kola u kanalima visine i pravca za osnosimetrične rakete su identične i mogu se zapisati u formi:

$$G_z(s) = G_y(s) = K_u \frac{B_u(s)}{A_u(s)} \quad (1)$$

Za određivanje strukture i parametara korekcionih kola u ovom radu je primenjena frekvencijska metoda na osnovu Bodeovih dijagrama. Na slici 4 prikazana je strukturna šema petlje vođenja na osnovu koje se vrši projektovanje korekcionog kola $G_y(s)$ u kanalu pravca, a identična struktura se koristi i za projektovanje korekcionog kola $G_z(s)$ u kanalu visine, zbog simetrije rakete.



Slika 4. Strukturna šema petlje vođenja po pravcu

Pri određivanju prenosne funkcije korekcionog kola polazi se od prenosne funkcije nepromenljivog (nekompenzovanog) dela sistema:

$$G_n(s) = \frac{K_0}{s^2 (T_0^2 s^2 + 2\xi T_0 s + 1)} \quad (2)$$

pri čemu su T_0 i ξ uzeti za četvrtu sekundu leta: $T_0 = 0.057s$, $\xi = 0.12$. Polazi se od sledećih zahteva za petlju vođenja:

- fazna rezerva u granicama $40^\circ \div 50^\circ$,
- vreme smirenja u odzivu na odskočnu pobudu $t_r \leq 2s$,
- krajnji promašaji u vertikalnoj h_z i horizontalnoj ravni h_y ne smeju prelaziti vrednost 1m u svim režimima gađanja cilja.

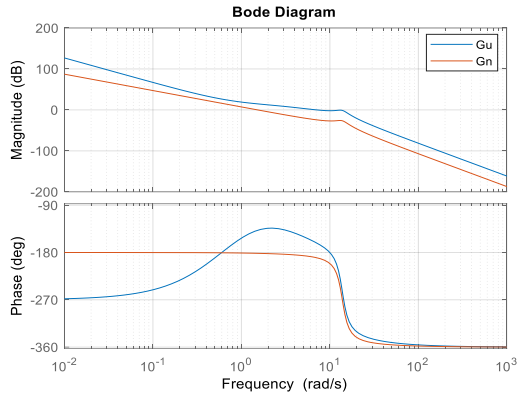
Analizom nekompenzovanog dela sistema i prethodne zahteve, primenom Bodeovih dijagrama usvojeno je korekciono kolo trećeg reda:

$$G_u(s) = K_u \frac{(T_2 s + 1)^2 (T_1 s + 1)}{s (T_3 s + 1)^2} \quad (3)$$

koje predstavlja trostruki diferencijalno-integralni kompenzator, sa parametrima $T_1 = 2s$, $T_2 = 1s$, $T_3 = 0.316s$, dok je K_u izračunato iz izraza za potrebno pojačanje petlje vođenja: $K_0 = K_u K_a K_q V = 2.2$.

Na slici 5 prikazani su Bodeovi dijagrami nekompenzovanog i kompenzovanog sistema korišćenjem

korekcionog kola (3), a u Tabeli 1 postignute performanse kompenzovanog sistema.



Slika 5. Bodeovi dijagrami nekompenzovanog i kompenzovanog sistema

Fazna rezerva (°)	Vreme smirenja (s)	h_y (m)	h_z (m)
42.8	1.63	0.04	0.03

Tabela 1 Performanse kompenzovanog sistema

Na osnovu funkcije prenosa (3) formira se kontinualni model korekcionog kola u prostoru stanja [6]:

$$\begin{aligned}\dot{x}_1 &= x_2, \\ \dot{x}_2 &= x_3, \\ \dot{x}_3 &= -\frac{a_0}{a_3}x_1 - \frac{a_1}{a_3}x_2 - \frac{a_2}{a_3}x_3 + \frac{K_u}{a_3}h.\end{aligned}\quad (4)$$

$$U = (b_0 - b_3 \frac{a_0}{a_3})x_1 + (b_1 - b_3 \frac{a_1}{a_3})x_2 + (b_2 - b_3 \frac{a_2}{a_3})x_3 + b_3 \frac{K_u}{a_3}h \quad (5)$$

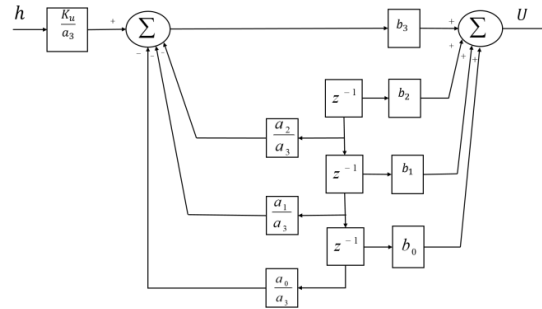
gde su:

$$\begin{aligned}b_0 &= 1; \quad b_1 = 2T_2 + T_1; \quad b_2 = T_2^2 + 2T_1T_2; \quad b_3 = T_1T_2^2; \\ a_0 &= 0; \quad a_1 = 1; \quad a_2 = 2T_3; \quad a_3 = T_3^2;\end{aligned}\quad (6)$$

U cilju hardverske implementacije upravljačkog algoritma, izvršena je njegova diskretizacija primenom metode Zero Order Hold (ZOH) sa periodom $T_s=100 \mu s$. Dijagram za realizaciju diskretnog algoritma korekcionog kola prikazan je na slici 6.

Za implementaciju diskretnog algoritma izabrana je FPGA (eng. *Field Programmable Gate Array*) platforma. U odnosu na integrisani čip specifičan za konkretnu aplikaciju (eng. *Application Specific Integrated Circuit - ASIC*), FPGA je čip opšte namene koji može da se reprogramira. Programiranje FPGA se vrši konfiguracijom statičke memorije čipa, odnosno matrice rekonfigurabilnih logičkih kola. Nakon konfiguracije, realizuje se hardverska implementacija softverske aplikacije. Za razliku od klasičnog procesora, FPGA nemaju operativni sistem i koriste namenski hardver za obradu signala. Obrada signala na FPGA se realizuje paralelno, što omogućava da su različitim operacijama

dostupni isti resursi. Drugim rečima, performanse jedne aplikacije ne zavise od uključivanja drugih aplikacija. Ovo omogućava da se više upravljačkih petlji mogu realizovati na istom FPGA čipu sa različitim brzinama [7].



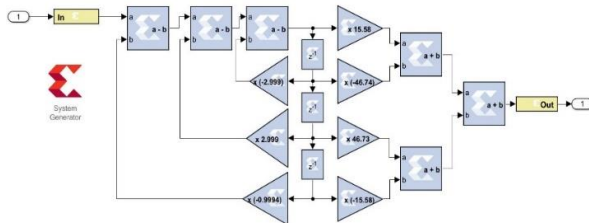
Slika 6. Dijagram za realizaciju diskretnog algoritma korekcionog kola

Za programiranje FPGA koriste se jezici VHDL, EDIF ili Verilog, pomoću kojih se digitalna kola (sistemi) opisuju, i kasnije fizički implementiraju na FPGA. Takođe, neki proizvođači FPGA čipova razvili su alate, kao što je Xilinx Sistem Generator (XSG), koji omogućava modelovanje sistema i automatsko generisanje koda iz MATLAB/Simulink programskog okruženja. Ovo je praktično značajno jer je projektovanje upravljačkog sistema u XSG-u slično kao u Simulink-u, pri čemu se koriste blokovi iz biblioteka XSG-a.

Za predstavljanje signala i koeficijenata u ovom radu je usvojena aritmetika sa nepokretnim zarezom. U XSG-u postoje dve mogućnosti za izbor aritmetike sa nepokretnim zarezom: predstavljanje signala u punoj preciznosti (eng. *full precision*) ili mogućnost podešavanja bitskih dužina reči za svaki signal pojedinačno (eng. *user defined precision*). Nemogućnost primene za rekurzivne algoritme i veliko zauzeće hardverskih resursa su osnovni nedostaci prve metode. Zbog toga je pogodnija druga metoda, ali ona zahteva određivanje opsega promena svih signala, da ne bi došlo do grešaka usled prekoračenja vrednosti. Metoda simulacije je najpogodnija metoda za određivanje opsega signala, koja je korišćena u ovom radu. Simulacijom najzahtevnijih scenarija primene kontrolera, u smislu očekivanih ekstremnih vrednosti signala, određuju se maksimalne i minimalne vrednosti, a na osnovu njih potrebne bitske dužine reči za njihovo predstavljanje [7].

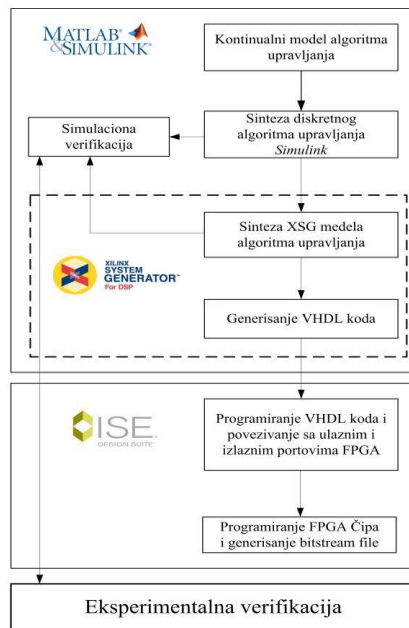
Na osnovu izloženog može se zaključiti da pri projektovanju kontrolera, izabrana realizacija i aritmetika moraju biti stvar kompromisa između zahtevanih performansi upravljačkog sistema i hardverskih ograničenja izabranog programabilnog FPGA čipa.

Na slici 7 prikazana je struktura korekcionog kola za jedan kanal vođenja, koji je projektovan u XSG-u.



Slika 7. Struktura korekcionog kola za jedan kanal vođenja realizovan u XSG-u

Algoritam projektovanja upravljačkog algoritma i implementacije na FPGA hardver, primenom grafičkih alata za programiranje, kao što je XSG, je prikazan na slici 8 [8].



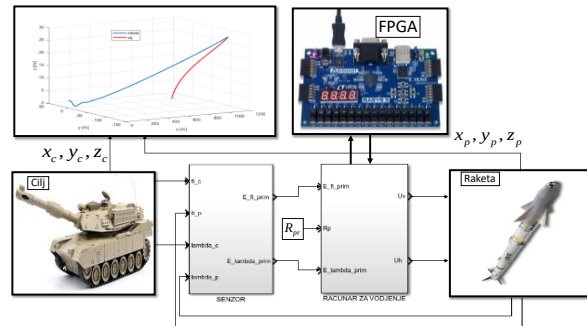
Slika 8. Algoritam projektovanja upravljačkog algoritma i implementacije na FPGA hardver

Za testiranje implementiranih algoritama u realnom vremenu koristi se HIL simulacija (eng. *Hardware In the Loop*). U HIL simulaciji kontroleri se implementiraju na realni hardver, dok su ostale komponente sistema upravljanja realizovane softverski, odnosno predstavljene svojim simulacionim modelima.

4. SIMULACIONI MODEL I REZULTATI SIMULACIJA

Struktura sistema za HIL simulaciju sa izabranom FPGA platformom, prikazana je na slici 9. Fizička veza između FPGA ploče i računara ostvarena je preko mikro-USB kabla koji povezuje JTAG konektor na FPGA i USB konektor na računaru. Perioda takta obrade signala na FPGA ploči je 10 ns.

Ocena performansi implementiranog kontrolera izvršena je na osnovu poređenja odziva sistema dobijenog HIL simulacijom i odziva sistema sa kontinualnim i diskretnim kontrolerima realizovanih u Matlab/Simulink-u.



Slika 9. Struktura sistema za HIL simulaciju

Verifikacija efikasnosti računara za vođenje biće izvršena kroz dva simulaciona scenaria.

Prvi scenario:

Cilj je oklopno sredstvo koje se kreće u horizontalnoj i vertikalnoj ravni konstantnom brzinom. Da bi se obezbedilo takvo kretanje zadaju se ubrzanja $a_{cx} = a_{cy} = a_{cz} = 0$ i početni uslovi:

$$\chi_c(0) = 45^\circ, V_c(0) = 20m/s, \gamma_c(0) = 5^\circ,$$

$$R_c(0) = 1000m, \phi_c(0) = 0^\circ, \lambda_c(0) = 0^\circ$$

dok se raketa lansira sa visine od 3m.

Drugi scenario:

Cilj je oklopno sredstvo koje manevriše u horizontalnoj ravni konstantnim ubrzanjem. Da bi se obezbedilo takvo kretanje zadaju se ubrzanja $a_{cx} = a_{cz} = 0, a_{cy} = -g/2$ i početni uslovi:

$$\chi_c(0) = 0^\circ, V_c(0) = 20m/s, \gamma_c(0) = 10^\circ,$$

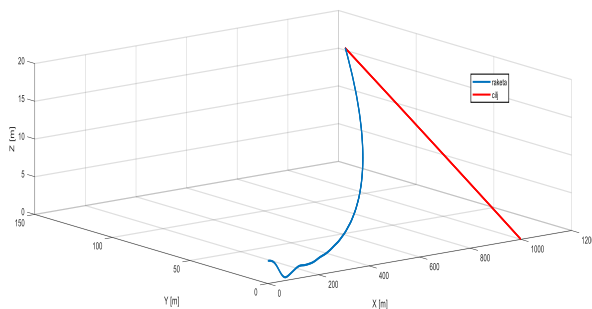
$$R_c(0) = 1000m, \phi_c(0) = 0^\circ, \lambda_c(0) = 0^\circ.$$

a raketa se lansira sa visine od 3m.

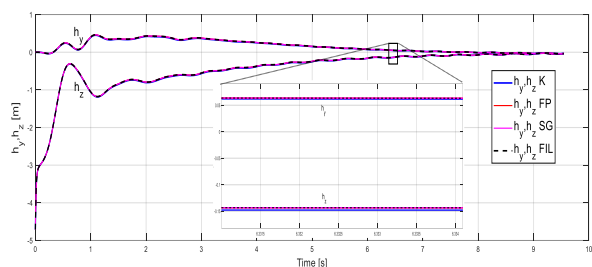
U oba scenarija simulacija se zaustavlja kada raketa počne da se udaljava od cilja. Na slikama 10 i 12 su prikazane trajektorije rakete i cilja u prostoru, a na slikama 11 i 13 prikazana su linearna odstupanja rakete od linije viziranja cilja u vertikalnoj i horizontalnoj ravni, sa računarom za vođenje realizovanim u kontinualnom domenu, diskretnom domenu, primenom XSG-a i primenom HIL simulacije sa FPGA u petlji (eng. *FPGA In the Loop - FIL*).

Sa slika 11 i 13 se može videti da se greške vođenja tokom vremena smanjuju i da u susretu sa ciljem poprimaju zadovoljavajuće vrednosti, što je potvrda efikasnosti primenjenog algoritma kompenzacije.

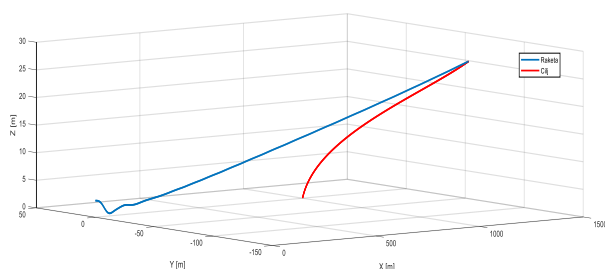
Takođe, može se videti da su odstupanja u rezultatima primene računara za vođenje realizovanih na četiri načina, minimalne, i da su izabrani parametri za implementaciju algoritma računara za vođenje (perioda odabiranja, bitske dužine reči za parametre i signale) odgovarajući za efikasnu primenu FPGA platforme.



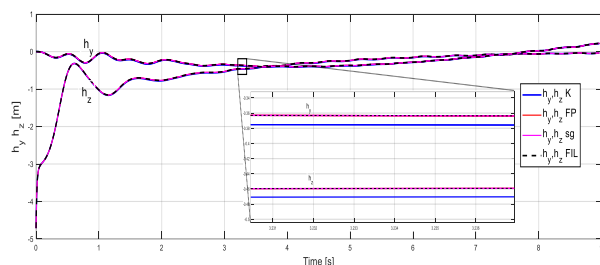
Slika 10. Trajektorije rakete i cilja u trodimenzionalnom prostoru za prvi scenario



Slika 11. Linearna odstupanja rakete od linije viziranja cilja u vertikalnoj i horizontalnoj ravni za prvi scenario



Slika 12. Trajektorije rakete i cilja u trodimenzionalnom prostoru za drugi scenario



Slika 13. Linearna odstupanja rakete od linije viziranja cilja u vertikalnoj i horizontalnoj ravni za drugi scenario

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je prikazan postupak projektovanja i implementacije na FPGA platformu računara za vođenje poluautomatski vođene protivoklopne rakete. Izvršena je diskretizacija kontinualnog algoritma upravljanja i projektovanje računara za vođenje primenom XSG –a. Performanse ovog sistema u realnom vremenu su testirane primenom HIL simulacije sa računarom za vođenje implementiranim na hardverskoj FPGA platformi.

Analizom rezultata potvrđeno je da na performanse razmatranih digitalnih kontrolera značajno utiče bitska dužina reči (eng. *Word Length* - WL) za predstavljanje koeficijenata i signala u formatu sa nepokretnim zarezom, koje se poboljšavaju sa povećanjem WL. Efikasnost predloženog koncepta demonstrirana je kroz dva scenarija, u kontinualnom i diskretnom domenu, sa modelima realizovanim u XSG-u, kao i sa FPGA u petlji vođenja.

Ideja za dalj rad je da se i relejni sistem upravljanja rotirajućom raketom primenom PWM (eng. *Pulse Width Modulation*) modulacije, takođe, implementira na FPGA čip. Osim toga, korisno bi bilo analizirati mogućnosti optimizacije predloženog algoritma upravljanja sa ciljem smanjenja zauzetosti hardverskih resursa i energetske potrebe.

LITERATURA

- [1] Graovac S., “Automatsko vođenje objekata u prostoru“, Akademska misao, Beograd, 2005.
- [2] Ouda A. N., El-Sheikh G., Elhalwagy Y., and Ashry M., “Nominal model selection and guidance computer design for antitank guided missile“, *International Journal of Automation and Control*, 13(1), 34-83, 2019.
- [3] Al Fadli M. H., Gunawan D., Bura R. O., and Nugroho L., “Design and implementation of anti-tank guided-missile (atgm) control system using semi-automatic command line of sight (saclos) method based on digital image processing“, *Jurnal Pertahanan: Media Informasi ttg Kajian & Strategi Pertahanan yang Mengedepankan Identity, Nasionalism & Integrity*, 7(2), 217-231, 2021.
- [4] Oda A. N., El-Sheikh G. A., El-Halwagy Y. Z., and Ashry M., “Robust CLOS Guidance and Control: Part-1“, *System Modeling and Uncertainty Evaluation 14th International Conference on aerospace sciences and aviation technology, Military Technical College (Cairo, Egypt)*, 2011.
- [5] Ćosić K., Kopriva I., Kostić T., Slamić M., and Volarević M., “Design and implementation of a hardware-in-the-loop simulator for a semiautomatic guided missile system“, *Simulation Practice and Theory*, 7(2), 107–123, 1999.
- [6] Richard C.Dorf., Robert H. Bishop., “Modern Control Systems”, 12th edition
- [7] Abderraouf D. “Projektovanje i hardverska realizacija algoritama upravljanja za stabilizaciju optoelektronskih senzorskih platformi“ Master rad, Vojna Akademija, Beograd, 2021.
- [8] Stanković M., „Projektovanje i realizacija upravljačkih sistema sa aktivnim potiskivanjem poremećaja“, Doktorska disertacija, Elektronski fakultet, Niš, 2017.

AUTONOMNO KRETANJE BESPOSADNOG VOZILA ZASNOVANO NA KONTROLERU SA AKTIVNIM POTISKIVANJEM POREMEĆAJA ACTIVE DISTURBANCE REJECTION CONTROL OF UNMANNED GROUND VEHICLE

Goran Banjac¹, Momir Stanković²

Vojna Akademija¹

Vojna Akademija²

Sadržaj – U radu je prikazano projektovanje sistema autonomnog kretanja guseničnog vozila zasnovanog na upotrebi regulatora sa aktivnim potiskivanjem poremećaja. Regulatori su primenjeni za eliminisanje poremećaja u ugaonoj i linearnoj brzini guseničnog vozila u uslovima promene proklizavanja gusenica i prisustva šuma merenja. Predloženo rešenje je analizirano i verifikovano u programskom okruženju MATLAB/Simulink. Dobijeni rezultati su pokazali visoke performanse predloženog rešenja u različitim uslovima kretanja vozila.

Abstract - The paper presents design methodology for autonomous tracked vehicle based on the active disturbance rejection controllers. The controllers have been applied to eliminate disturbances in the angular and linear speed of the vehicle in the presence of variable tracks friction and measurement noise. The proposed solution is analysed and verified by MATLAB/Simulink software. The obtained simulation results are shown the satisfactory performances of the proposed control system in the different working conditions.

1. UVOD

Poslednjih godina sve veću primenu u svakodnevnom životu, pa i u vojnoj sferi poslova, imaju besposadna vozila. Značajno unapređenje njihove upotrebne vrednosti se postiže smanjivanjem uloge ili potpunim uklanjanjem ljudskog operatora iz petlje upravljanja i vođenja. Kako bi ovaj zadatak bio realizovan potrebno je rešiti problem algoritma upravljanja sa velikim stepenom samostalnosti.

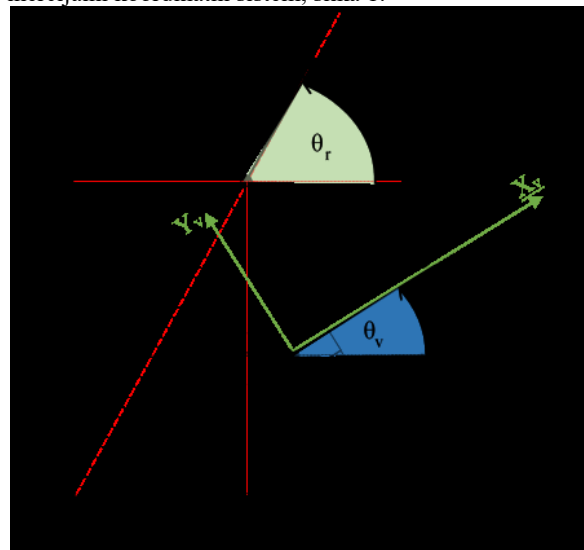
U ovom radu je analizirano upravljanje autonomnim guseničnim vozilom (AGV) sa nezavisnim aktuatorima pogonskih točkova na gusenicama. Postavljeni problem u upravljanju autonomnim vozilom jeste praćenje referentne putanje, uz minimalna odstupanja, kroz upravljanje ugaonom i linearnom brzinom vozila. Ovaj problem je zahtevan zbog izrazite nelinearnosti i nepredvidivih uslova okruženja, poput proklizavanja gusenica ili pojave šuma u signalu greške. Kako bi se postigle što bolje performanse vozila potrebno je napraviti odgovarajući upravljački algoritam. Shodno tome, u literaturi ima više različitih pristupa u projektovanju ovakvih regulatora [1], ali je posebno zanimljiv onaj baziran na aktivnom potiskivanju poremećaja (engl. *active disturbance rejection controller* - ADRC) [2], [3]. Sam koncept ADRC je teorijski dobro obrađen [4], [5] i obezbeđuje relativno jednostavnu implementaciju u odnosu na druge upravljačke tehnike, a pruža visoke performanse upravljanja. Naime, u praksi se ovaj pristup kao robustan i efikasan u potiskivanju svih

vrsta unutrašnjih i spoljašnjih poremećaja. Suština primene ADRC jeste projektovanje proširenog opservera stanja (eng. *Extended State Observer* - ESO) namenjenog estimaciji svih poremećaja i njihovog potiskivanja kroz unutrašnju povratnu spregu. U konkretnom slučaju projektovanje sistema upravljanja besposadnim vozilom zahteva projektovanje dva ADRC regulatora za upravljanje longitudinalnim i lateralnim stavom vozila, u toku praćenja zadate putanje.

Problem praćenja putanje je definisan kao regulacija problema minimizacije longitudinalne i lateralne greške sa određenom dinamikom [6]. Na bazi definisanog problema projektovane su strukture ADRC regulatora za longitudinalni i lateralni kanala. Izradom simulacionog modela u programskom okruženju MATLAB/Simulink izvršena je provera predloženog rešenja. U okviru simulacije analizirane su performanse sistema u prisustvu promenljivog proklizavanja pogonskih gusenica, promene ugla orijentacije referentne putanje i prisustva šuma u signalu merenja stava vozila. Provereno je i ponašanje upravljačke šeme u slučaju promene vrednosti polova opservera longitudinalnog regulatora.

2. KINEMATICKI MODEL KRETANJA VOZILA PO REFERENTNOJ PUTANJI

Problem kretanja vozila po zadatoj putanji je predstavljen u dva Kartezijeva koordinatna sistema. Prvi je vezani sa koordinatnim početkom u centru mase vozila, a drugi je inercijalni koordinatni sistem, slika 1.



Slika 1. Međusobni položaj globalnog i vezanog koordinatnog sistema

Kinematički model vozila i referentna tačke se opisuju jednačinama koje su postavljene u inercijalnom koordinatnom sistemu:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_v \\ \dot{y}_v \\ \dot{\theta}_v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta_v & 0 \\ \sin \theta_v & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_v \\ \omega_v \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_r \\ \dot{y}_r \\ \dot{\theta}_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta_r & 0 \\ \sin \theta_r & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_r \\ \omega_r \end{bmatrix} \quad (2)$$

Iz (1) vidi da se upravljanje kretanjem kretanjem vozila vrši preko njegove linearne i ugaone brzine, a obe se sastoje iz dve komponente:

$$V_v = V_s + V_d \quad (3)$$

$$\dot{\theta}_v = \omega_s + \omega_d \quad (4)$$

Komponente brzina V_s i ω_s predstavljaju upravljačke veličine, a V_d i ω_d prisustvo poremećaja. Autonomno gusenično vozilo je predstavljeno kinematičkim modelom koji obezbeđuje vezu upravljačkih veličina i parametara vozila poput normalnog rastojanja između gusenica (b), prečnika pogonskog točka (r) i ugaonih brzina levog i desnog točka (ω_L i ω_D):

$$V_s = \frac{r}{2} \cdot (\omega_D + \omega_L) \quad (5)$$

$$\omega_s = \frac{r}{b} \cdot (\omega_D - \omega_L) \quad (6)$$

U kinematički model se dalje ugrađuje proklizavanje leve i desne gusenice (a_L i a_D). Ukoliko su njihove vrednosti manje od 1, proklizavanje postoji i modeluju se poremećaji:

$$V_s + V_d = \frac{r}{2} (a_D \omega_D + a_L \omega_L) \quad (7)$$

$$\omega_s + \omega_d = \frac{r}{b} (a_D \omega_D - a_L \omega_L) \quad (8)$$

Konačno, na kraju, ugaona brzina pogonskih točkova u zavisnosti od upravljačkih signala je:

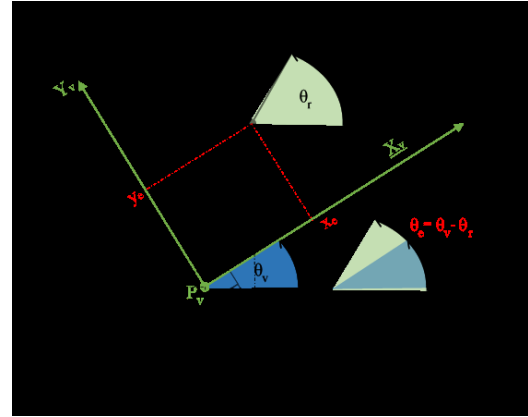
$$\omega_D = \frac{V_s}{r} + \frac{b \omega_s}{2r} \quad (9)$$

$$\omega_L = \frac{V_s}{r} - \frac{b \omega_s}{2r} \quad (10)$$

Potrebno je napomenuti, da prilikom izrade simulacionog modela, nisu uvođena ograničenja maksimalne brzine pogonskih točkova. Iz tog razloga ove brzine su dostizale velike vrednosti.

Greška praćenja ($e(t)$) se posmatra kroz lateralno, longitudinalno i uglovno odstupanje, slika 2, a problem praćenja referentne putanje je formulisan u vidu minimizacije najkraćeg rastojanja vozila od zadate putanje. Greške praćenja se definiše u vezanom koordinatnom sistemu transformacijom koordinata iz inercijalnog i upoređivanjem njihove razlike:

$$e(t) = \begin{bmatrix} e_s \\ e_d \\ \theta_e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta_v & \sin \theta_v & 0 \\ -\sin \theta_v & \cos \theta_v & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_r - x_v \\ y_r - y_v \\ \theta_r - \theta_v \end{bmatrix} \quad (11)$$



Slika 2. Greška praćenja predstavljena u vezanom koordinatnom sistemu

Uvođenjem određenih polaznih pretpostavki [5] i daljim sređivanjem izraza za greške (11), postiže se svodenje spoljašnjih uticaja na isti ulaz kao i upravljačkih signala:

$$\dot{e}_s(t) = V_s + V_r \cos \theta_e + \omega_v (x_r - x_v) \sin \theta_r - \omega_r (y_r - y_v) \cos \theta_v - V_d \quad (12)$$

$$\ddot{e}_d(t) = -V_s \omega_s \cos \theta_e + (\dot{V}_s + \dot{V}_d) \sin \theta_e + V_s \omega_r \cos \theta_e - V_s \omega_d \cos \theta_e + V_d \omega_r \cos \theta_e - V_d \omega_s \cos \theta_e - V_d \omega_d \cos \theta_e \quad (13)$$

Sam problem minimizacije greške se opisuje kao izrada upravljačkog signala (ω_s i V_s), koji će obezbediti praćenje referentne putanje sa minimalnom greškom i odgovarajućom dinamikom minimizacije (bez obzira na prisustvo spoljnih i unutrašnjih poremećaja i sinusoidnu prirodu greške orijentacije).

3. PROJEKTOVANJE LONGITUDINALNOG I LATERALNOG ADRC REGULATORA

U cilju projektovanja longitudinalnog regulatora (12) je potrebno zapisati u skladu sa konceptom ADRC-a, odnosno kao sistem prvog reda:

$$\dot{e}_s(t) = V_s + f_{lo}(t) \quad (14)$$

gde je:

$$f_{lo}(t) = \omega_v(x_r - x_v)\sin\theta_r - \omega_r(y_r - y_v)\cos\theta_v - V_d \quad (15)$$

Uvedena smena $f_{lo}(t)$ predstavlja totalni poremećaj koji obuhvata nelinearnost modela i pretpostavljenje spoljašnje poremećaje. Sa ovom pretpostavkom (14) se sada može predstaviti modelom u prostoru stanja:

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{A} \cdot \mathbf{x}(t) + \mathbf{B} \cdot V_s(t) + \mathbf{E} \cdot \dot{f}_{lo}(t), \quad (16)$$

gde je $\mathbf{x}(t) = [\dot{e}_s(t) \ f_{lo}(t)]^T$ vektor stanja. Matrice u modelu prostora stanja imaju sledeću formu:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \text{ i } \mathbf{E} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (17)$$

Kako totalni poremećaj nije moguće izračunati, potrebno je uraditi njegovu estimaciju, primenom sledeće strukture opserversa:

$$\dot{\hat{\mathbf{x}}}(t) = \mathbf{A} \cdot \hat{\mathbf{x}}(t) + \mathbf{B} \cdot V_s(t) + \mathbf{L} \cdot (y - \hat{e}_s) \quad (18)$$

gde je $\hat{\mathbf{x}}(t) = [\hat{e}_s(t) \ \hat{f}_{lo}(t)]^T$ vektor estimiranih stanja, a matrica $\mathbf{L} = [l_1 \ l_2]^T$ sadrži pojačanja opserversa. Dalje se korišćenjem estimacije stanja sistema i totalnog poremećaja, kao i poznate brzine referente tačke, može definisati ADRC upravljački zakon:

$$u(t) = V_s(t) = K_p \cdot (V_r - \hat{V}_s(t)) - \hat{f}_{lo}(t) \quad (19)$$

pri čemu $\hat{V}_s(t)$ predstavlja estimiranu vrednost stvarne brzine vozila, a K_p faktor pojačanja spoljašnje povratne sprege.

Za projektovanje lateralnog regulatora potrebno je uvesti smenu $f_{la}(t)$ u model sistema (13). Tada se ovaj izraz u skladu sa teorijom ADRC-a može zapisati u formi:

$$\ddot{e}_d = \omega_s \cdot V_s \cdot \cos\theta_e + f_{la}(t) \quad (20)$$

gde je:

$$f_{la}(t) = (\dot{V}_s + \dot{V}_d)\sin\theta_e + V_s\omega_r\cos\theta_e - V_s\omega_d\cos\theta_e + V_d\omega_r\cos\theta_e - V_d\omega_s\cos\theta_e - V_d\omega_d\cos\theta_e \quad (21)$$

Smena $f_{la}(t)$ predstavlja totalni poremećaj i ukoliko se usvoji kao dodatno stanje sistema, (13) se može predstaviti modelom u prostoru stanja:

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = \mathbf{A} \cdot \mathbf{x}(t) + \mathbf{B} \cdot \omega_s(t) + \mathbf{E} \cdot \dot{f}_{la}(t) \quad (22)$$

gde je $\mathbf{x}(t) = [e_d(t) \ \dot{e}_d(t) \ f_{la}(t)]^T$ vektor stanja i matrice u modelu imaju formu:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} 0 \\ V_s \cdot \cos\theta_e(t) \\ 0 \end{bmatrix} \text{ i } \mathbf{E} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (23)$$

Sada će se na osnovu (22) ESO imati strukturu:

$$\dot{\hat{\mathbf{x}}}(t) = \mathbf{A} \cdot \hat{\mathbf{x}}(t) + \mathbf{B} \cdot V_s(t) + \mathbf{L} \cdot (y - \hat{e}_d) \quad (24)$$

gde je $\hat{\mathbf{x}}(t) = [\hat{e}_d(t) \ \hat{\dot{e}}_d(t) \ \hat{f}_{la}(t)]^T$ vektor estimiranih stanja, a matrica $\mathbf{L} = [l_1 \ l_2 \ l_3]^T$ sadrži pojačanja opserversa. Primenom estimacija stanja sistema i totalnog poremećaja, uz učešće poznate linearne brzine vozila V_s i greške orijentacije θ_e , formira se upravljački zakon:

$$u(t) = \omega_s(t) = \frac{K_p \cdot (e_d(t) - \hat{e}_d(t)) - K_D \cdot \dot{\hat{e}}_d(t) - \hat{f}_{la}(t)}{V_s \cdot \cos\theta_e} \quad (25)$$

pri čemu su K_p i K_D , pojačanja sistema u zatvorenoj povratnoj sprezi.

4. SIMULACIONA ANALIZA

Verifikacija predloženog rešenja je urađena izradom simulacionog modela u programskom paketu Matlab/Simulink. Referentna trajektorija je usvojena definisanjem sledećih vrednosti parametara:

- $V_r = 1 \text{ m/s}$,
- $x_v(t_0) = 1$,
- $y_v(t_0) = 0$,
- početna orijentacija $\theta_r(t_0) = \pi/4$ i
- promena ugla orijentacije povećanjem θ_r za $\pi/4$ u interval od tri sekunde.

Kinematički model AVG je projektovan sa sledećim parametrima i početnim vrednostima:

- $b = 1.4 \text{ m}$,
- $r = 0.4 \text{ m}$,
- $a_L = 0.85$,
- $a_D = 0.15 \cdot \sin(5 \cdot t) + 0.65$,
- $x_v(t_0) = 0$,
- $y_v(t_0) = 0$ i
- početnom orijentacijom $\theta_v(t_0) = \pi/3 \text{ rad}$.

Lateralni regulator je projektovan sa fiksnim parametrima, $\omega_e = 3 \text{ rad/s}$ i $\omega_0 = 6 \cdot \omega_e$. Propusni opseg longitudinalnog kontrolera je takođe bio fiksiran $\omega_{cl} = 20 \text{ rad/s}$, a analiziran je uticaj promene vrednosti propusnog opsega opserversa longitudinalnog regulatora, usvajanjem tri različite vrednosti : $\omega_{0l} = 3 \cdot \omega_{cl}$, $\omega_{0l} = 9 \cdot \omega_{cl}$ i $\omega_{0l} = 14 \cdot \omega_{cl}$. Dodatno u simulaciji analizirano postojanje šuma merenja u longitudinalnom kanalu, koji je uključen nakon 10. sekunde. Dobijeni rezultati praćenja referentne trajektorije, linearna brzine vozila, signali upravljanja na pogonskim

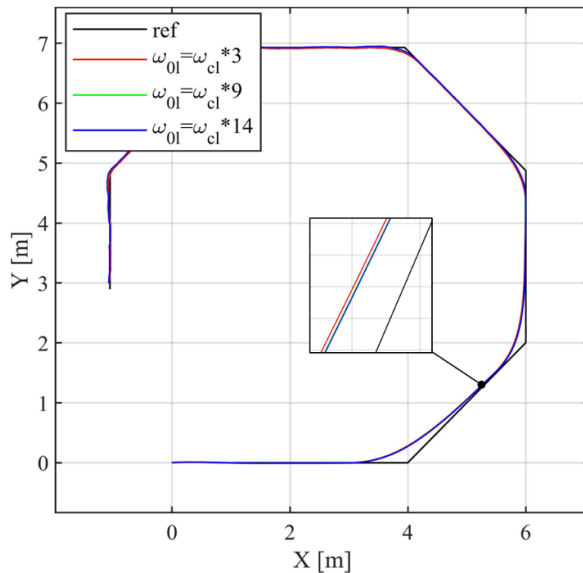
točkovima i estimirane vrednosti totalnih poremećaja u longitudinalnog kanalu, prikazani su na slikama 3, 4, 5 i 6, respektivno.

Kao što se može videti sa slike 3, primenjeno rešenje obezbeđuje uspešno praćenje referentne trajektorije u prisustvu znatnih uticaja raznih poremećaja, u vidu proklizavanja gusenica i mernog šuma u longitudinalnom kanalu. Može se primetiti da manja vrednost polova opservera longitudinalnog regulatora obezbeđuju manju tačnost praćenja referentne trajektorije. Takođe, uvođenje ekstremno velike vrednosti polova, $\omega_{0l} = 14 \cdot \omega_{cl}$, ne obezbeđuje značajnije smanjenje greške praćenja.

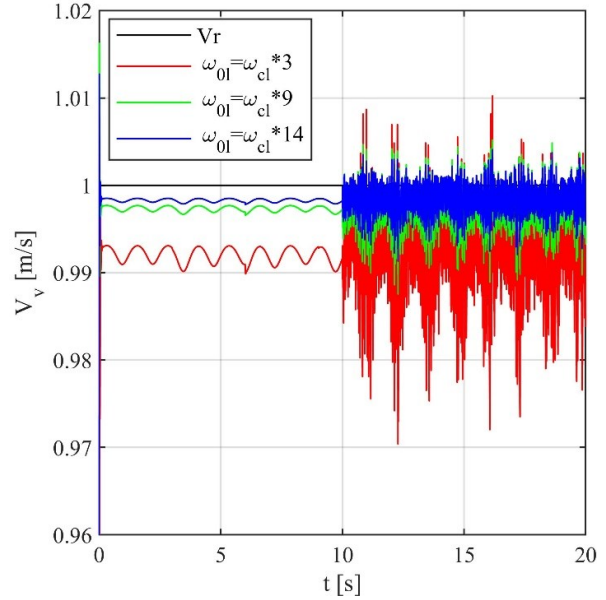
Sličan zaključak se može izvesti i po pitanju brzine vozila. Sa slike 4 se može videti da je obezbeđena visoka efikasnost u potiskivanju svih poremećaja koji utiču na brzinu AGV-a. Ista se kreće u vrednostima bliskim brzini kretanja referentne tačke. Kao što se i očekuje, veće vrednosti polova opservera pomeraju V_v bliže vrednosti V_r i obezbeđuju bolje potiskivanje uticaja šuma.

Ukoliko se posmatraju signali upravljanja pogonskim točkovima vidi se da su različiti propusni opseci unose male promene ovih vrednosti, slika 5, što je posledica toga da su parametri lateralnog kontrolera bili konstantni. Značajno veći uticaj ima uvođenje šuma. On dovodi do toga da se prosečna vrednosti signal upravljanja značajno povećava. Osim maksimalne vrednosti značajno raste i brzina promene upravljačkog signal, što bi uticalo na praktičnu realizaciju ovog algoritma.

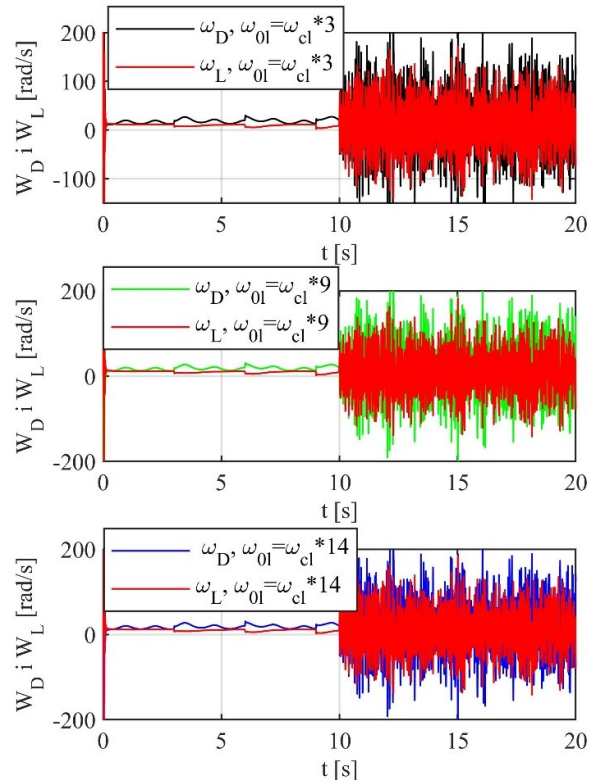
Analizom izgleda estimiranog poremećaja $f_{io}(t)$, slika 6, može se uočiti uticaj uvođenja šuma u mernom signal. Vidi se da se porastom vrednosti polova raste osetljivost opservera, a time raste i zašumljenost estimirane vrednosti totalnog poremećaja.



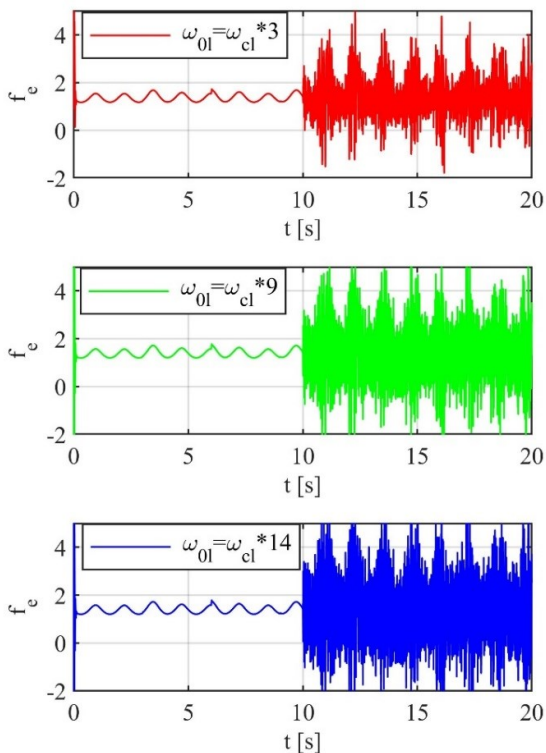
Slika 3. Praćenje referentne trajektorije za različite vrednosti polova opservera longitudinalnog regulatora



Slika 4. Uticaj različitih vrednosti polova opservera longitudinalnog regulatora na brzinu kretanja AGV-a



Slika 5. Signali upravljanja na pogonskim točkovima vozila



Slika 6. Estimirane vrednosti totalnog poremećaja u longitudinalnom kanalu upravljanja

5. ZAKLJUČAK

U radu je predloženo rešenje upravljanja kretanjem autonomnog guseničnog vozila sa nezavisnim pogonom na točkovima. Šema upravljanja je realizovana primenom ADRC regulatora prvog i drugog reda. Njihovom upotrebom regulisano je nastalo uglovno i prostorno odstupanje AGV-a u odnosu na referentnu trajektoriju. Rešavanje problema odstupanja je zasnovano na minimizaciji greške praćenja smanjenjem najkraćeg rastojanja od referentne trajektorije. Efikasnost primenjenog rešenja je proverena kroz simulacioni model. U njemu se vozilo kreće složenom putanjom uz postojanje konstantnog proklizavanja pod levom, a sunisodnog proklizavanja pod desnom gusenicom. U desetoj sekundi simulacije uveden je šum u signale greški projektovanih regulatora.

Upravljačka šema je uspešno, sa dovoljnom tačnošću, obezbedila praćenje referentne putanje. Upotreba linearnih proširenih opserversa stanja je obezbedila uspešno potiskivanje svih poremećaja linearne i ugaone brzina.

Primećeno je da povećanje vrednosti propusnog opsega, preko vrednosti preporučenih u teoriji ADRC-a, ne opravdava dobitak koji se ostvaruje na taj način. Uvođenja šuma u merne signale, pokazalo je osetljivost i nedostatke ADRC-a. Ovo se u rezultatima simulacije ogleda u drastičnijem porastu vrednosti upravljačkog signala na pogonskim točkovima.

Ideje za dalji rad su okrenute ka implementaciji ove upravljačke šeme na konkretno gusenično vozilo. Na taj način bi se proverila njena efikasnost u realnim uslovima i sa ograničenjima koja ima fizički model AGV-a.

6. ZAHVALNICA

Rad je podržan od strane Ministarstva odbrane Republike Srbije u okviru Projekta VA/TT/1/21-23.

LITERATURA

- [1] Noor A., Hairi Z., Khisbullah H., Zulkifli K., Modelling and Control Strategies in Path Tracking Control for Autonomous Ground Vehicles: A Review of State of the Art and Challenges, *JO - Journal of Intelligent & Robotic Systems*, vol. 56, pp225-254., 2016.
- [2] Chen S., Xue W., Lin. Z., Huang Y., "On active disturbance rejection control for path following of automated guided vehicle with uncertain velocities", In 2019 American Control Conference (ACC), pp. 2446-2451., IEEE, 2019.
- [3] Stanković M. i Manojlović S., Autonomno kretanje besposadnog vozila po zadatoj putanji primenom algoritma sa aktivnim potiskivanjem poremećaja, *IcETRAN*, 2021.
- [4] S.Gernot Herbst, A Simulative Study on Active Disturbance Rejection Control (ADRC) as a Control Tool for Practitioners, *Electronics 2013, Vol. 2*, pp. 246-279, August 2013.
- [5] Hebertt Sira-Ramírez Alberto Luviano-Juárez Mario Ramírez-Neria Eric William Zurita-Bustamante, *Active Disturbance Rejection Control of Dynamic Systems A Flatness-Based Approach*, Butterworth-Heinemann publications, 2017.
- [6] Kanayama Y., Kimura Y., Miyazaki F., Nogushi, A stable Tracking Control Method for an Autonomous Mobile Robot, *Proceedings, IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pp. 384-389., 1990.

ANALIZA PODATAKA O COVID-19 KORIŠĆENJEM SISTEMA POSLOVNE INTELIGENCIJE

COVID-19 DATA ANALYSIS USING BUSINESS INTELLIGENCE SYSTEMS

Atanasijević Jordan¹, Lazović Danilo²
Generalštab Vojske Srbije¹, GARDA, Beograd
Vojna akademija², Beograd

Sadržaj – Osnovna postavka rada vezana je za unapređenje trenutnog načina odlučivanja korišćenjem sistema poslovne inteligencije, značajnog za odlučivanje o konkretnom problemu, a u cilju ostvarivanja benefita pri donošenju odluka na najvišem nivou. Unapređenje mora da bude primereno razvoju BI sistema u uslovima kada već postoji ranije akumulirano znanje o problemu. Dobijeni rezultati treba da pokažu da se sistemom poslovne inteligencije, mogu identifikovati opasna žarišta virusa COVID-19 na osnovu dostupnih podataka, što predstavlja veoma bitnu stavku u procesu identifikovanja istih, a ima za cilj preuzimanje niza akcija kojima je potrebno delovati odgovarajućim konkretnim merama, radi gašenja ili ublažavanja žarišta.

Abstract - The basic setting of the paper is related to the improvement of the current way of decision-making using the system of business intelligence, important for decision-making on a specific problem, and in order to achieve benefits in decision-making at the highest level. Improvement must be appropriate to the development of the BI system in conditions where there is already previously accumulated knowledge about the problem. The obtained results should show that the business intelligence system can identify dangerous foci of COVID-19 virus based on available data, which is a very important item in the process of identifying them, and aims to take a series of actions that need to act with appropriate concrete measures. extinguishing or mitigating hotspots.

1. UVOD

Skladištenje podataka i poslovna inteligencija su tehnike koje obezbeđuju poslovnim ljudima informacije i alate koji su im potrebni za donošenje odluka o operativnom i strateškom poslovanju. [1]

Korisnici su uglavnom poslovni ljudi u kompanijama. Ali ne nose svi poslovni ljudi isti značaj. Potrebno je posebno se pobrinuti za one koji donose strateške poslovne odluke. Jedna dobra poslovna odluka može doneti milione dolara kompanijama. Zato su glavni korisnici rukovodioci, menadžeri i analitičari u kompanijama. Skladište podataka i poslovna inteligencija (DW/BI) jesu sistemi visokog uticaja.

Termin strateški, takođe označava važnost. To su odluke koje mogu da donesu dobitak, ali i gubitak preduzeću. Prema tome, DW/BI sistem je sistem visokog poslovnog rizika. Kada se donese strateški važna odluka, neko dobija, a neko često i gubi.

DW/BI sistem takođe podržava i donošenje operativnih odluka, naročito kada donosilac istih mora da vidi arhivu podataka ili integrisane podatke iz više izvora. Mnoge analitičke aplikacije imaju takav operativni fokus. Bilo da je odlučivanje strateško ili operativno, DW/BI sistem mora da pruži informaciju koja je potrebna za donošenje

tih odluka.

Odluke najčešće zahtevaju jedinstveni podskup informacija, koji u osnovi nije predodređen. Potrebno je da se izgradi informaciona infrastruktura koja integriše podatke iz cele organizacije i potencijalno izvan organizacije, a zatim čisti, ispravlja i restrukturiše podatke da budu fleksibilni i upotrebljivi što je više moguće. Dok većina modula transakcionog sistema radi sa jednim tipom informacija, kao što su fakture, nalozi ili potraživanja, DW/BI sistem mora da ih integriše sve zajedno. DW/BI sistem zahteva tehnički sofisticirano upravljanje i prikupljanje podataka.

Konačno, neophodno je donosioca odluke obezbediti alatima kojima će iskorišćavati podatke. U ovom slučaju, termin „alati“ je mnogo više od samog softvera. On označava u ovom slučaju sve što je korisnicima potrebno da mogu razumeti koje su im informacije dostupne, zatim da mogu pronaći podskup informacija koji im je potreban i da na kraju mogu strukturirati podatke kako bi uvideli poslovnu dinamiku. „Alati“ obuhvataju obuku, dokumentaciju i podršku, zajedno sa *ad hoc* upitima, izveštajima i analitičkim aplikacijama.

2. CILJ RADA

Osnovni cilj rada može se definisati kao istraživanje mogućnosti identifikacije i određivanja „žarišta“, pre svega primenom programskog paketa *Power Query* u okviru *Power BI* koji omogućava automatsko izdvajanje, transformaciju i učitavanje podataka, tj razvoj *ETL* sistema i otkrivanja zakonitosti u podacima za potrebe brojnih analiza i upotrebe rezultata u cilju donošenja pravovremenih i ispravnih odluka.

Poseban cilj rada je praktična implementacija dobijenog novog i objedinjenog pristupa u cilju korišćenja istog u svrhu predikcije budućih stanja i postizanja optimalnih parametara rada u različitim situacijama kod donošenja poslovnih odluka.

3. POSLOVNA INTELIGENCIJA

Izraz poslovna inteligencija prvi put je upotrebljen 1996. godine kako bi označio kategoriju sredstava analize podataka, postavljanja upita, izveštavanja, koji korisniku u poslovnim procesima mogu pomoći da iz ogromne količine podataka sintetizuju vredne informacije na kojima će zasnivati svoje poslovne odluke.

Fenomen poslovne inteligencije može se posmatrati sa dva aspekta - makro i mikro aspekta. Posmatrana sa makro aspekta, poslovna inteligencija označava složenu agregiranu kategoriju, koja se stvara sistematskim, ali ne ciljanim prikupljanjem podataka o makro ekonomskim kretanjima u određenoj geopolitičkoj sredini. Ona, takođe, podrazumeva njihovo organizovanje i strukturirano beleženje, kao i logičko-računsku obradu

radi otkrivanja trendova. Danas posebnu pažnju inženjera znanja sve više pobuđuje fenomen poslovne inteligencije posmatran sa mikro aspekta. U ovom slučaju se radi o otkrivanju prikrivenih znanja iz poslovnih podataka, koje neka organizacija prikuplja rutinski, obavljajući svoje svakodnevne poslovne transakcije.

Poslovna inteligencija je relativno mlad pojam za koga postoji više definicija, ali svaka se svodi na to da je poslovna inteligencija proces prikupljanja podataka, pretvaranje tih podataka u informacije koje su korisne za donošenje važnih odluka. Poslovna inteligencija kao termin se najčešće koristi za označavanje računarske podrške odlučivanju. Sistem poslovne inteligencije je deo informacionog sistema organizacije namenski razvijen da podrži upravljanje. Upravljanje zahteva sveobuhvatan i blagovremen uvid u pokazatelje funkcionisanja organizacije kako bi donošene odluke bile pouzdane i precizne. Prema savremenim teorijama ovaj uvid treba da omogući što većem broju zaposlenih od kojih se, kada ga dobiju, može očekivati i veća efikasnost i odgovornost za ostvarene rezultate. Tehnike poslovne inteligencije (*data warehousing, reporting, OLAP, data mining, dashboards i dr.*) ekstrahuju podatke iz postojećeg informacionog sistema i transformišu ih u oblik pogodan za odlučivanje. Implementacija *BI* tehnika povećava upotrebnu vrednost postojećeg informacionog sistema organizacije, usled čega je interesovanje za sisteme poslovne inteligencije veliko i još uvek raste.

Pošto ne postoji univerzalna definicija pojma poslovna inteligencija, različiti autori ga definišu na različite načine. Jedna od najčešće korišćenih i opštijih definicija je sledeća: "Poslovna inteligencija je takvo korišćenje podataka koje vodi ka donošenju boljih poslovnih odluka. Ono se odnosi na pristup, analizu i otkrivanje novih mogućnosti".

4. KORIŠĆENI MODEL ARHITEKTURE SKLADIŠTA PODATAKA

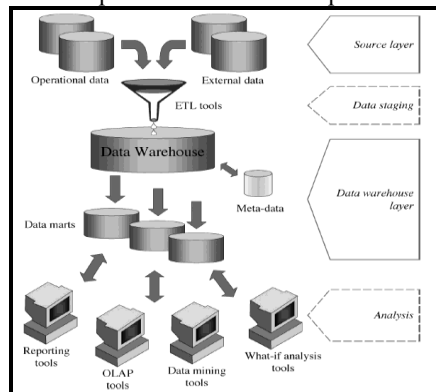
Zahtev za razdvajanje igra ključnu ulogu u definisanju tipične arhitekture u sistemu skladišta podataka, kao što je prikazano na narednoj slici (slika.1.). [1] Iako se obično naziva dvoslojnom arhitekturom, da naglasi razdvajanje između fizički raspoloživih izvora i skladišta podataka, zapravo se sastoji od sledeće četiri faze kroz koje podaci prolaze:

1. Izvorni sloj: Sistem skladišta podataka koristi heterogene izvore podataka. Ti podaci se obično čuvaju u korporativnim relacionim bazama podataka a mogu doći iz informacionih sistema koji su izvan korporativnih zidova.
2. Prenos podataka: Memorisane podatke u izvorima treba izvući, očistiti od nedoslednosti, popuniti praznine i integrisati da se spoje heterogeni izvori u zajedničku šemu. Takozvani ETL (Extraction, Transformation and Loading tools) može da spojiti heterogenu šemu, ekstrahuje, transformiše, očisti, potvrdi, filtrira i učita podatke iz nekog izvora u skladište

podataka. Tehnički rečeno, ova faza se bavi problemima koji su tipični za distribuirane informacione sisteme, kao što je nekonzistentno upravljanje podacima i nekompatibilne strukture podataka.

3. Sloj skladišta podataka: Informacije se čuvaju u jednom logičnom centralizovanom skladištu, skladištu podataka. Skladištu podataka se može direktno pristupiti, ali se takođe može koristiti kao izvor za stvaranje „data marts“- ova podataka, koji delimično ponavljaju sadržaj skladišta podataka i dizajnirani su za određena odeljenja preduzeća.
4. Analiza: U ovom sloju, integrisani podaci su na efikasan i fleksibilan način dostupni za izdavanje izveštaja, dinamičku analizu informacije i simulaciju hipotetičkih poslovnih scenarija. Tehnički rečeno, trebali bi imati sledeća svojstva: navigaciju nad agregiranim podacima, optimizere kompleksnih upita i korisnički orijentisan GUI.

Arhitekturna razlika između skladišta podataka i data-marts svakako treba biti jasno izražena. Komponenta označena kao skladište podataka na narednoj slici (slika.1.), se takođe često naziva primarnim skladištem podataka ili korporativnim skladištem podataka.



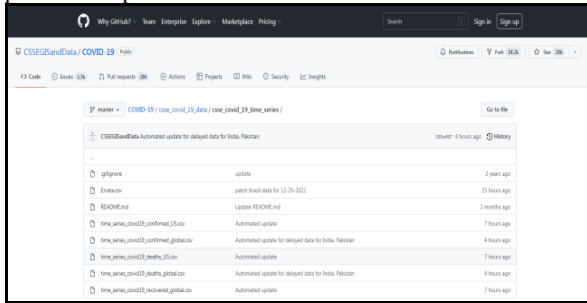
Slika 1. Arhitektura skladišta podataka

Svaka analiza stvarnih podataka uključuje manipulaciju podacima, vizualizacija i modeliranje. Vizualizacija i modeliranje su komplementarni. Vizualizacije će nam pomoći da poboljšamo nejasna pitanja i oslanja se na ljudsku interpretaciju. Modeli su mnogo bolji i omogućavaju složenije računanje, ali su ograničeni svojim pretpostavkama. Programski paket *R*, veoma je pogodan za ovakvu vrstu analize i prezentovanja rezultata, na korisniku razumljiv način.

Krajnji proizvod analize nije model, već je to retorika. Analiza je besmislena ukoliko ne ubedi nekoga da preduzme akciju. U poslovanju, to obično znači ubediti više rukovodioce koji imaju malo statističkog znanja, pri donošenju neke odluke.

5. PODACI ZA ANALIZU

U radu su korišćeni podaci preuzeti sa GitHub-a. Johns Hopkins vrši ažuriranje podataka o COVID-19 na dnevnom nivou, sa podacima o državama širom sveta. Vode se podaci o potvrđenim slučajevima, broju preminulih osoba i broju oporavljenih, tj. izlečenih osoba. Na slici 2 prikazan je izgled web stranice, sa koje su preuzimani podaci.



Slika 2. Izgled Web stranice sa koje su preuzeti podaci za analizu (izvor: https://github.com/CSSEGISandData/COVID-19/tree/master/csse_covid_19_data/csse_covid_19_time_series)

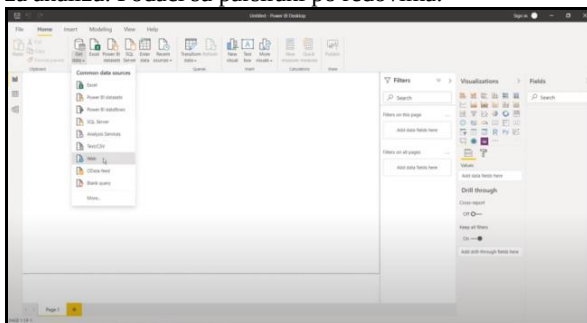
Otvoreni podaci su digitalni podaci, dostupni javnosti. Imaju takve tehničke i pravne karakteristike da svako, u svakom trenutku i svuda može da ih koristi, ponovo koristi i preraspodeljuje. Otvoreni podaci mogu da pomognu vladama, građanima i organizacijama da postignu bolje rezultate na polju javnih usluga.

Skupovi podataka na portalu otvorenih podataka dati su u .CSV format, koji je izuzetno pogodan za transformaciju, sažimanje i analizu, a takođe je dostupan za konverziju u mnoge druge formate, pogodne za analizu podataka.

6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

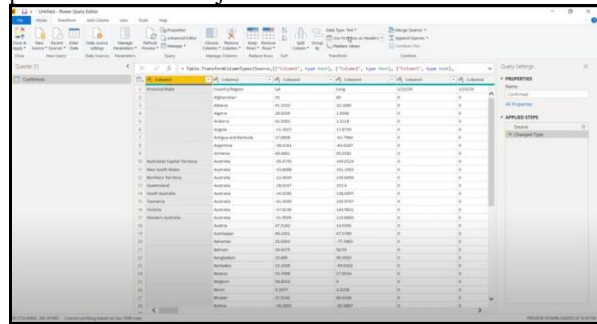
Za analizu podataka korišćen je Microsoft Power BI koji omogućava automatizovani proces izdvajanja, transformacije i učitavanja podataka, tj razvoj ETL sistema, korišćenjem Power Query-a. Kao što je predhodno rečeno, kao izvori podataka korišćeni su excel fajlovi koji su dostupni na portalu otvorenih podataka.

Na sledećoj slici prikazan je proces učitavanja podataka sa predhodno navedenog sajta, koji će se kasnije koristiti za analizu. Podaci su parsirani po redovima.



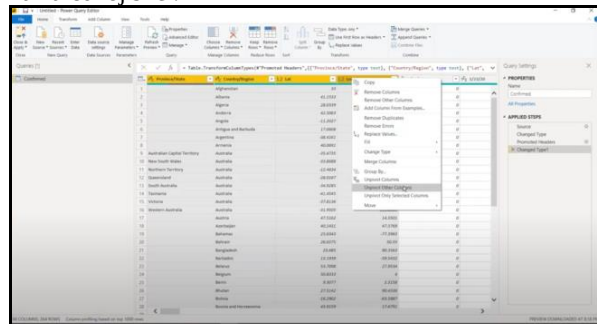
Slika 3. Učitavanje podataka za analizu

Nakon učitavanja podataka, kreće razvoj ETL sistema, korišćenjem Power Query-a. Obzirom da je Power BI zadržao nazive kolona kao Column1, Column2,..., koristimo opciju Use First Row as Header, kao što je prikazano na sledećoj slici.



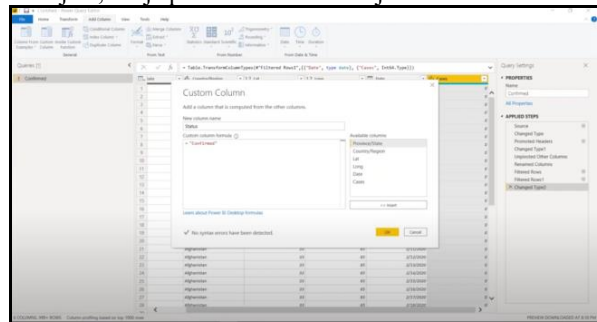
Slika 4. ETL proces korišćenjem Power Query

Podaci iz izvorne table predstavljani su po danima. Svaki dan predstavlja jednu kolonu. To je nepraktično za analizu, značajno je otežava, i neophodno je izvršiti proces unpivot-a navedene table, kako bi se od table sa malo redova i mnogo kolona, dobila tabela sa mnogo redova a malo kolona, što je praktičnije za analizu. To radimo tako što obeležimo kolone koje nisu datumskog tipa, i izaberemo opciju Unpivot Other Columns, što je prikazano na narednoj slici.



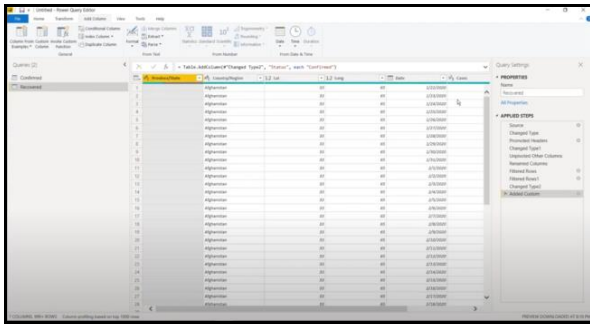
Slika 5. Unpivot table

Obzirom da koristimo podatke sa sajta, u source nam se menja samo naziv .csv fajla iz koga preuzimamo podatke. Možemo dodati jednu kolonu, koju ćemo nazvati, npr. status. Iz prvog izvora podataka to će nam biti potvrđeni slučajevi, što je prikazano na sledećoj slici.



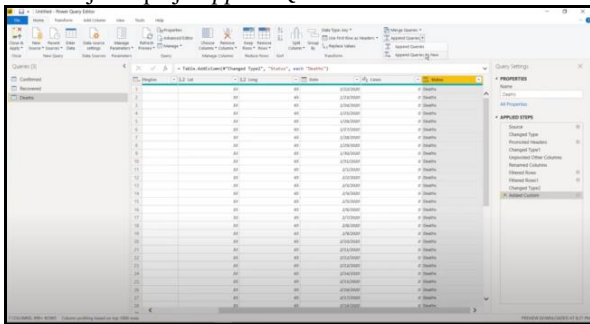
Slika 6. Dodavanje nove kolone Status

Isti postupak primenimo i za podatke o oporavljenim i preminulim osobama po državama. U koloni status, koju smo dodali, upisaćemo status podataka izvornih tabela.



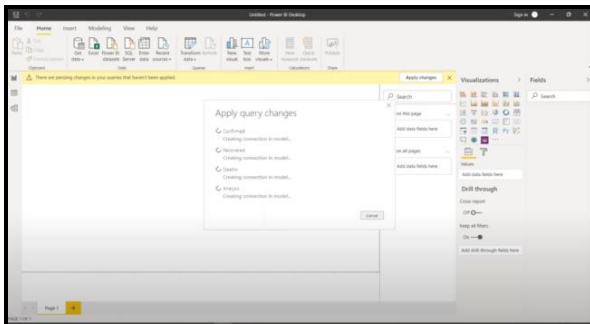
Slika 7. Učitavanje podataka o oporavljenim osobama

Nakon što smo učitali podatke po kategorijama koje su dostupne, za potvrđene slučajeve, osobe koje su se oporavile i preminule osobe, ove tri izvorišne tabele spajamo u jednu tabelu koju ćemo koristiti za analizu korišćenjem opcije *Append Queries in New*.



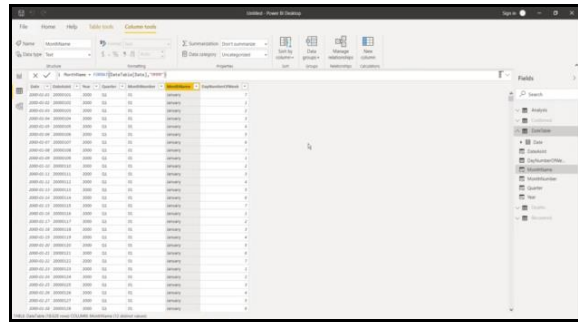
Slika 8. Spajanje podataka u jednu tabelu za analizu

Nakon toga izvršimo učitavanje pripremljenih podataka, što je prikazano na sledećoj slici.



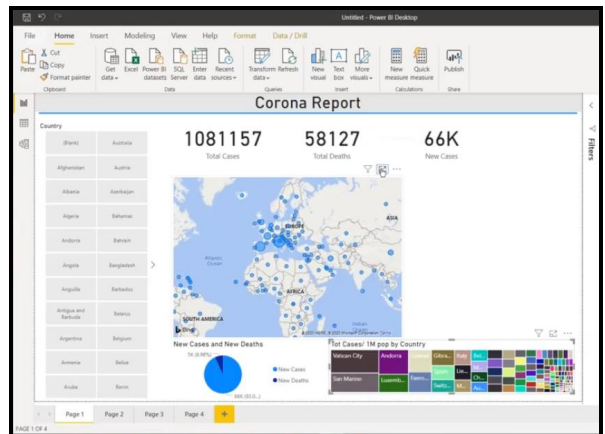
Slika 9. Učitavanje pripremljenih podataka

Nakon učitavanja podataka, pristupa se kreiranju vremenske dimenzije. Pošto je datumski tip podatka spor za rad, od datumskog tipa podatka se pravi celobrojna vrednost u format YYYYMMDD, pa tako od 29.12.2021. dobijamo broj 20211229. Pored navedene kolone, imaćemo i kolonu sa godinom, kvartalom, rednim brojem meseca, nazivom meseca i rednim brojem dana u nedelji.



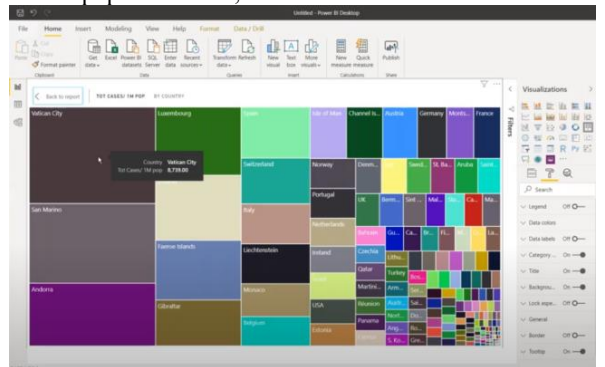
Slika 10. Prikaz vremenske dimenzije

Nakon što smo pripremili podatke, sada možemo praviti različite vizuelne prezentacije. Primer jedne takve dinamičke prezentacije podataka prikazan je na sledećoj slici.



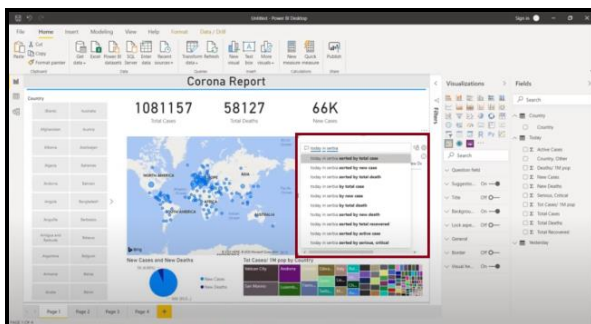
Slika 11. Dinamička prezentacija podataka

Ukoliko malo detaljnije pogledamo, možemo uočiti, da pored toga što svi govore o velikom broju zaraženih u SAD, Kina, Italija, Španija itd., procentualno, tj. ukoliko sagledamo broj zaraženih u odnosu na broj stanovnika, dolazimo do zaključka da su najviše pogođene male države poput Vatikana, San Marina...



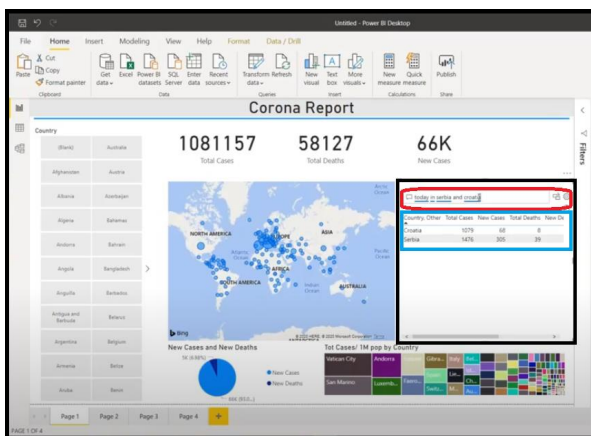
Slika 12. Udeo broja zaraženih u odnosu na broj stanovnika po državama

Jedna od jako korisnik stavki u *Power BI* je *Q&A* koja nam omogućava da poput *browsera* možemo da postavimo pitanje, na osnovu koga ćemo dobiti izgenerisani odgovor, što se može videti na sledećoj slici.



Slika 13. Korišćenje opcije Q&A

Na primer, možemo dobiti broj zaraženih na tekući dan u Republici Srbiji i u Republici Hrvatskoj.



Slika 14. Primena opcije Q&A

6. ZAKLJUČAK

U radu je analizirano trenutno stanje u području istraživanja, korišćenjem objavljenih radova u prethodnom periodu koji su fokusirani u potpunosti ili delom na elemente korišćenja programskog paketa *Power BI*.

Pri izradi i razvoju sistema poslovne inteligencije analizira se da li on olakšava rad krajnjim korisnicima, da li su podaci koji se koriste skupi i može li im se lako pristupiti, da li su informacije koje generiše skupe, da li su podaci lako dostupni i sl.

Pritom se ne sme zanemariti šta je zapravo krajnjem korisniku neophodno. Krajnji korisnik želi korišćenje "svežih" informacija, u bilo koje vreme, sa bilo koje lokacije, a da se sve to uz minimalne napore integriše u postojeći sistem. Takođe, krajnji korisnik želi jedinstven i integrisan izvor podataka, da samostalno pravi izveštaje i da ima jednostavan alat za podršku odlučivanju.

Jedan od glavnih uzroka nedovoljne uspešnosti uvođenja sistema poslovne inteligencije je ljudski faktor, tj. sposobnost krajnjih korisnika da se menjaju i prilagođavaju promenama koje donosi nova tehnologija. Iako postoje brojne metode planiranja, analiza, projektovanja, izgradnje, korišćenja i održavanja sistema

poslovne inteligencije, one još ne daju pozitivne rezultate. Neophodno je pronaći načine i metode na koji način promeniti ustaljeni način rada, i sa vođenja evidencija i pisanja izveštaja u formalizovanom obliku (sveske, izveštaji,...) preći na vođenje podataka u elektronskom obliku.

Da bi se ova problematika rešila, neophodni su pozitivni stavovi ljudi iz upravljačkih struktura sistema, zatim prihvatanje novih sistema od strane krajnjih korisnika i profesionalnost, tj. poznavanje te tehnologije i mogućnost njene primene. U radu je predložena primena programskog paketa *Power BI* u cilju unapređenja sistema poslovne inteligencije, kada su podaci predhodno učitani, transformisani i skladišteni u *Power Query*.

LITERATURA

- [1] Matteo Golfarelli and Stefano Rizzi: "Data Warehouse Design: Modern principles and technologies", 2009
- [2] Kimball, R., Ross, M., Thornthwaite, W., Mundy, J., & Becker, B. (2008). *The data warehouse lifecycle toolkit*. John Wiley & Sons.
- [3] https://github.com/CSSEGISandData/COVID-19/tree/master/csse_covid_19_data/csse_covid_19_time_series
- [4] Jatain, A., & Ranja, A. (2017). A Review Study on Big Data Analysis Using R Studio. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 6(6), 8-13.
- [5] Joseph Rickert, "Big Data Analysis with Revolution R Enterprise", 2011
- [6] Wang, J., & Gu, L. (2016). Challenges of teaching data science in a business school. *Issues in Information Systems*, 17(3).
- [7] Fotache, M., & Strimbei, C. (2015). SQL and data analysis. Some implications for data analysis and higher education. *Procedia Economics and Finance*, 20, 243-251.
- [8] Wickham, H. (2019). Data science: how is it different to statistics?. *IMS Bulletin*, 48.
- [9] Kimball, R., & Ross, M. (2016). Dimension Table Core Concepts. *The Kimball Group Reader: Relentlessly Practical Tools for Data Warehousing and Business Intelligence*, 327-384.



YU-S8-SAS

Softverski alati i simulacije

SKIP platforma – softverska platforma za upravljanje projektima u JP EPS

SKIP platform - JP EPS software platform for project management

Darko Nikolić, Aleksandar Božović
JP Elektroprivreda Srbije

***Sadržaj** - Rad prikazuje softversku platformu za upravljanje projektima, specijalno razvijenu za potrebe Sektora za ključne investicione projekte JP EPS. Realizacijom platforme obezbeđena je unifikacija i standardizacija u načinu vođenja SKIP projekata, svakodnevni uvid u trenutne aktivnosti i faze projekata, raspoloživost podataka poslovnim korisnicima, kao i real-time izveštavanje ka top menadžmentu JP EPS-a i Ministarstvu energetike.*

***Abstract** - The paper presents a software platform for project management, specially developed for the needs of the Key Investment Projects Department of JP EPS. Implementation of the platform has provided unified and standardized way of managing SKIP projects, daily insight into current activities and project phases, data availability to business users, as well as real-time reporting to the top management of JP EPS and the Ministry of Mining and Energy.*

1. UVOD

SKIP softverska platforma za upravljanje projektima, zasnovana na Microsoft tehnologijama, predstavlja centralizovano mesto za praćenje kompleksnih projekata koje se nalaze u okviru Sektora za ključne investicione projekte u JP EPS-u. Platforma daje mogućost kreiranja i praćenja aktivnosti nad projektima, finansijskog izveštavanja, praćenja realizacije i daje uvid u rizike koje se mogu javiti na projektima.

Platforma obezbeđuje krajnje jednostavno upravljanje kompleksnih i složenih projekata iz oblasti energetike, poput izgradnje termoelektrana i vetroelektrana, izgradnje pristaništa, rekonstrukcija hidroelektrana itd. Svi projekti su u trajanju od tri ili više godina, sa preko 20 članova po projektu. U ovoj iteraciji, svi projekti koji se nalaze u okviru SKIP-a, su postavljeni na platformu.

2. STRUKTURA SKIP PLATFORME

Na lokaciji <https://projekti.eps.local/sites/SKIP/>, nalazi se SKIP softverska platforma za upravljanje projektima.

IT tehnologije i aplikacije koje su korišćene pri realizaciji platforme (a sada u radu) su MS Project Server, SharePoint, SQL Reporting Services, Power BI, Teams, Azure Monitor. Projektima se može pristupiti putem Desktop MS Project-a ili MS Project-a koji se otvara u pretraživaču (Edge, Firefox, Chrome..) jer obe opcije predstavljaju klijentsku aplikaciju za pristupanje projektima.

Osnovni elementi platforme se mogu, uslovno, podeliti u tri segmenta.

Prvi segment tzv. **Tehnički segment**, se odnosi na informacije o projektu, odnosno na termin planove, rizike i projektnu dokumentaciju na projektima. Realizovan je sa Microsoft Project Server-u, gde se čuvanje podataka radi u Microsoft SQL Server-u. Praćenje projekata kroz njihovo objedinjavanje je omogućeno MS Project Server-om.

Drugi segment platforme se odnosi na **finansijski deo projekata i integralno izveštavanje** o svim parametrima koji su zabeleženi unutar platforme. Segment je razvijen na SharePoint platformi i specijalno za potrebe SKIP. Izveštavanje je omogućeno preko Microsoft Power BI alata.

Treći segment obuhvata **specijal portale** koji služe za skladištenje specifičnih informacija koje pokrivaju određene poslovne procese u SKIP-u. To su SKIP PM portal, SKIP unifikacija procesa, SKIP Baza znanja, SKIP Ugovori, SKIP nabavke i SKIP Administracija.

3. TEHNIČKI SEGMENT SKIP PLATFORME

The screenshot shows a web application interface titled 'Project Center'. It features a table with columns for 'Project Name', 'Status', and 'Dates'. The table lists various projects, some with checkboxes and status indicators. The interface includes a sidebar with navigation options and a top navigation bar.

Slika 1: SKIP projekti

Termin planovi

Dinamika svih projekata se prati putem termin planova. Svaki izvođač je u ugovornoj obavezi da dostavi termin plan realizacije ugovora u formi koja je definisana procedurama i standardima za upravljanje projektima. Termin plan se predaje u formi WBS-a, i u formatu Microsoft alata MS Project i kao takav, upload-uje se na platformu.

Svi termin planovi su podeljeni po fazama (taskovima) i mogu imati dva ili više nivoa. Predefinisana su 4 osnovna nivoa projekta, Priprema, Planiranje, Realizacija i Završetak projekta. Na slici 2. je prikazan termin plan koji se sastoji od više faza. Unutar svake faze postoje podaktivnosti, gde se realizacija prati kroz više segmenata, odnosno podtaskova i gde svaki od njih ima definisan datum početka i datum završetka, kao i stepen same realizacije.

The screenshot shows the Microsoft Project software interface. It displays a Gantt chart at the top and a task list below. The task list includes tasks such as 'TENT AS-AS ODS', 'TENT AS-AS ODS - Upgrade T81 reader', and 'TENT AS-AS ODS - Upgrade PMS'. Each task has a duration, start date, end date, and a percentage completion. The Gantt chart shows the timeline of these tasks.

Slika 2: Termin plan projekta

Na ovaj način se dolazi do standardizacije svih termin planova, kreirani su tzv. templejti za buduće projekte kao i generički taskovi za unificirano izveštavanje

svakog aktivnog projekta i budućeg projekta koji se bude nalazio na platformi.

Sva glavna i prpratna dokumentacija projekata se takođe nalazi na platformi. Dokumentacija je inicijalno importovana sa različitih lokacija na Project server i za svaki projekat se nalazi u okviru sekcije *Documents*. Razvijen je sistem za lak i efikasan pregled projektne dokumentacije (slika 3).

The screenshot shows the TEKOS B3 software interface. It displays a risk matrix with columns for risk levels (Low, Medium, High) and rows for different project phases. The matrix is used to assess and manage risks throughout the project lifecycle.

Slika 3: projektna dokumentacija

Upravljanje rizicima

Svaka nova implementacija i svaki novi projekat sa sobom povlači određene rizike, bilo da su internog tipa, poput nedostatka tehničkog ili ljudskog resursa ili eksternog tipa koji zavise od Izvođača radova ili imaoca javnih ovlašćenja. Pravovremenim delovanjem i praćenjem rizika u većini slučajeva se oni mogu predvideti i isto tako se mogu izbeći.

Za rad na platformi je usaglašena metodologija za upravljanje rizicima, koja omogućava da se na isti način identifikuju, analiziraju i tretiraju rizici - korišćenjem matrice rizika 3x3. Matrica rizika se sastoji od:

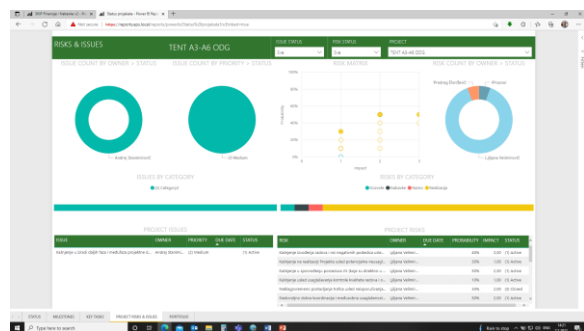
- obračunavanja vrednosti,
- verovatnoća pojave rizika i
- uticaj rizika na projekat.

Obračunavanje vrednosti rizika (R) se vrši množenjem verovatnoće pojave rizika (V) i uticaja rizika na projekat(U), formulom $R = V * U$

Formirana je lista predefinisanih rizika, koja je kreirana na osnovu iskustva i znanja u radu na projektima. Rizici iz liste predefinisanih rizika mogu se, pri unosu na platformu, prilagoditi pojedinačnim projektima od strane asistenata zaduženim za praćenje rizika na projektima. Asistent ima potpunu kontrolu nad predefinisanim rizikom, i može da ga promeni, modifikuje i prilagodi ili jednostavno obriše sa liste rizika ukoliko nije primenjiv na određeni projekat.

Kategorizacija rizika koja je podeljena na 6 kategorija:

Dozvole, Nabavke, Priprema projekta, Realizacija projekta, Završetak projekta, Razno



Slika 4: Rizici

4. SEGMENT UPRAVLJANJA FINANSIJAMA

Finansijski deo platforme je realizovan specijalno za potrebe SKIP-a (sa svim specifičnostima poslovnih procesa u JP EPS), urađen na SharePoint platformi, prati finansijske poslovne procese i podaljen je na 4 segmenta:

- 3PP
- Ugovori i aneksi
- Fature i
- Finansijski izveštaji

3PP

3PP predstavlja trogodišnji plan poslovanja, odnosno iznos koji će biti realizovan na trogodišnjem nivou na svakom od projekata unutar Sektora za ključne investicione projekte. Nakon dobijanja saglasnosti od JP EPS nadležnih službi i Vlade RS 3PP se unosi na platformu radi praćenja finansijskog dela realizacije projekta po godinama.

3PP je osnova za pravljenje jednogodišnjeg plana nabavki, pokretanje nabavki i realizacije projekata, odnosno ukoliko projekat nije naveden u 3PP-u, njegova dalja realizacija nije moguća.

Prednost platforme je da se 3PP plan koji se izvorno nalazi u eksel formatu, može jednostavno importovati i automatski uneti na platformu. Ukoliko dođe do određenih promena na projektu, svaka stavka se može posebno ažurirati.

Ugovori i aneksi

Podaci koji se unose jesu naziv projekta, opis pozicije, naziv nabavke, naziv ugovora (ili naziv aneksa) broj ugovora ili broj aneksa, datum zaključenja ugovora, lice za praćenje ugovora, dobavljač, podizvođač, ukupan iznos, vrednost ugovora, informacija o dostavljenom sredstvu finansijskog obezbeđenja, rok važenja ugovora i status ugovora.

Bitna funkcionalnost koju je potrebno napomenuti jeste ukoliko je unet rok važenja i ukoliko je status ugovora „aktivan“, 2 meseca pred istek ugovora, lice za praćenje ugovora dobija automatski generisan mejl obaveštenja o roku isteka ugovora.

Fature

Nakon zaključenja ugovora, slede fature.

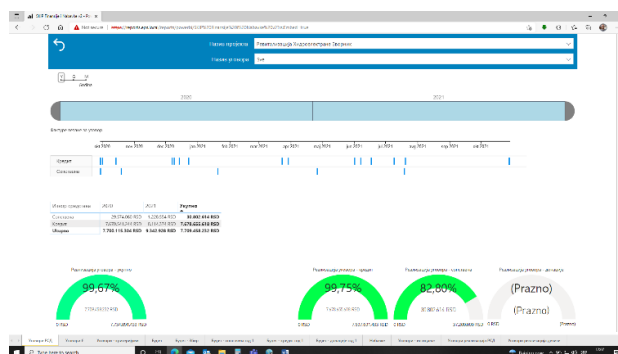
Odlaskom na segment fature omogućava se prikaz projekata, svih ugovora po projektu i lista faktura po ugovoru. Podaci koji su prikazani jesu broj fature, broj ugovora na koje se odnose, naziv dobavljača, datum dospeća, način finansiranja, status, iznos, valuta i iznos u dinarima

Finansijski izveštaji

Finansijski izveštaji su realizovani na Power BI report serveru.

U ovom delu su definisani finansijski izveštaji za 4 segmenta:

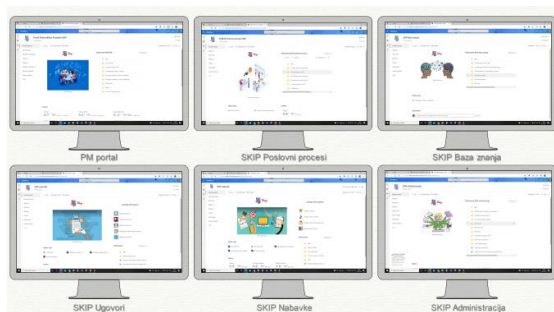
- Realizacija ugovora
- Realizacija budžeta
- Ugovori koji ističu
- Realizacija ugovora po kriterijumima



Slika 5: Finansijski izveštaji

5. SEGMENT SPECIJAL PORTALI

Specijalni portali su razvijeni u SKIP-u kao potreba za rešavanjem specifičnih poslovnih aktivnosti u SKIP-u, razmenu dokumentacije i sistematičnog skladištenja znanja i iskustva zaposlenih stručnjaka u SKIP-u. Specijal portali obuhvataju PM portal (portal za projekt-menadžere), SKIP poslovni procesi, SKIP ugovori, SKIP nabavke, SKIP administracija i SKIP baza znanja.



Slika 6: Specijal portali

SKIP specijal portali su razvijeni na SharePoint platformi i imaju ulogu da prate i skladište dokumentaciju za specifične poslovne procese Sektora za ključne investicione projekte.

Sadržaj PM portala je dokumentacija neophodna svakom prodžekt menadžeru na SKIP projektu.

SKIP poslovni procesi je mesto gde se skladište procedure i radna uputstva za poslovne procese u SKIP.

SKIP ugovori omogućavaju skladištenje/pregled svih informacija o ugovorima na SKIP projektima.

SKIP nabavke je portal koji omogućava skladištenje/pregled svih informacija o ugovorima na SKIP nabavkama.

SKIP administracija je mesto koje skladišti opšte informacije značajne za zaposlene u SKIP.

SKIP Baza znanja predstavlja prostor gde se znanje i ogromno iskustvo stručnjaka iz SKIP

kako iz oblasti inženjeringa, tako i ekonomije, prava na sistematičan način čuva i postaje transparentno za sve zaposlene u SKIP.

6. ZAKLJUČAK

Zahvaljujući softverskoj platformi SKIP za upravljanje projektima, sve informacije o 45 projekata Sektora za ključne investicione projekte JP EPS, neophodne za rad na tim projektima, dostupne su u svakom trenutku, sa bilo koje lokacije.

Relevantne informacije odnose se na termin plan projekta, rizike, tehničku dokumentaciju i praćenje kompletnih finansijskih podataka o projektu. Svi podaci o projektima se nalaze na jednom mestu i sve je standardizovano i unifikovano.

Ova platforma za upravljanje projektima, uz određene modifikacije, u zavisnosti od poslovnih procesa, primenjiva je za praćenje bilo kog projekta u JP EPS.

U toku su aktivnosti da se platforma unapredi i kompletno automatizuju poslovni procesi tako da rukovodioci projekata i menadžment na svojim pametnim telefonima mogu da, već na prvi pogled, vide najvažnije informacije vezane za SKIP projekte.



MIGRACIJA DISKUSIONOG SISTEMA HETEROGENE ARHITEKTURE ZASNOVANOG NA RANIJIM GENERACIJAMA HARDVERA I SOFTVERA U OKRUŽENJE OBLAKA PRIMENOM VIRTUALIZACIJE

MIGRATION OF THE HETEROGENOUS ON-LINE SYSTEM BASED ON LEGACY SOFTWARE TO THE CLOUD ENVIRONMENT USING VIRTUALIZATION

Srđan Simić¹, Dejan Ristanović², Jelica Protić¹

Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet, Srbija¹
PC Press, Beograd, Srbija²

Sadržaj – Virtualizacija omogućava održavanje funkcionalnosti sistema zasnovanog na ranijim generacijama hardvera i softvera. Kao primer ovakvog procesa, u radu je prikazana migracija Sezama, najvećeg diskusionog sistema bivše Jugoslavije, u niz virtuelnih mašina. Sezam je u periodu od 1989. do 2010. godine sakupio preko milion konferencijskih poruka, a radio je pod originalnim softverom pisanim u programskom jeziku C. Korišćene su Windows serverske platforme (Windows NT 4.0, Windows 2000 i Windows 2003), za skladištenje podataka korišćeni su Novell NetWare 3.11 i 3.12, kao i relacione baze podataka BTRIEVE 6.10 i 7.0 i Microsoft SQL Server u više verzija. Izvršena je tranzicija ovog heterogenog sistema na Hyper-V platformu čime je omogućen njegov dalji rad i obezbeđeno očuvanje digitalnog nasleđa i to kroz korisnički interfejs čiji su izgled i funkcionalnost identični originalnim.

Abstract - Preserving the functionality of a system based on earlier generations of hardware and software can be performed using virtualization. This paper presents the migration of Sezam, the largest discussion system in the former Yugoslavia, into a series of virtual machines. In the period from 1989 to 2010, Sezam collected over a million conference messages, and worked under the original software written in the C programming language. Multiple versions of Windows server platform (Windows NT 4.0, Windows 2000, and Windows 2003) were used, as well as Novell Netware 3.11 and 3.12 for data storage. Relational databases BTRIEVE 6.10 and 7.0 and multiple versions of Microsoft SQL Server were used for data retrieval. The transition of this heterogeneous system to the Hyper-V platform was made, which ensured its further work and preserved digital heritage through a user interface whose appearance and functionality are identical to the original.

1. UVOD

Očuvanje funkcionalnosti sistema zasnovanog na starijim generacijama hardvera i softvera je komplikovan zadatak. [1] Kompatibilnost između sukcesivnih verzija operativnog sistema i pratećeg softvera je sve slabija, a smene raznih komunikacionih tehnologija su sve brže. Sve je teže nabaviti računare sa 5.25" ili 3.5" flopi diskom, RS-232 interfejsom ili 33600 bps modemom, a softver koji se više ne održava prestaje da bude kompatibilan sa modernim

hardverom pa se, na primer, Novell NetWare ne može koristiti sa savremenim hard-diskovima jer ne postoji odgovarajući drajver.

Ukoliko želimo da omogućimo trajno funkcionisanje sistema zasnovanog na hardveru i softveru ranijih generacija, a na tom softveru više ne možemo da intervenišemo, prirodno rešenje je virtualizacija odnosno kreiranje virtuelnog okruženja koje će se, gledano sa strane softvera, ponašati kao hardver i operativni sistem za koji je pisan, ali će moći da se izvršava na bilo kom modernom okruženju, pa i u cloud-u [2]. U radu opisujemo tok procesa virtualizacije sistema za modemske komunikacije Sezam.

2. OSNOVNA HARDVERSKA I SOFTVERSKA KONCEPCIJA SEZAMA

Sezam je počeo sa radom 11. novembra 1989. godine u okviru časopisa "Računari". Bio je to BBS (bulletin board system) koji je radio na jednoj liniji i to u popodnevnom i noćnim časovima, kada je redakcijski telefon bio slobodan [3]. Hardver je bio uobičajen za tadašnje BBS-ove: IBM PC AT računar sa 1 MB memorije, hard-diskom od 80 MB i 2400 bps modemom. Sezam je koristio originalni softver koji je Zoran Životić napisao u jeziku C, dok su za neke od servisa sistema korišćeni eksterni programi koje je razvio Dejan Ristanović, u jezicima Turbo Pascal i C. Komunikacija sa Sezamom je tekla kroz komandni interfejs, nalik na tada najzastupljeniji operativni sistem MS-DOS, što je omogućavalo i off-line rad, dakle preuzimanje novih poruka kroz kratku sesiju, njihovo čitanje bez aktivne veze sa Sezamom, i slanje odgovora na privatne i konferencijske poruke pri sledećem pozivu.

Uspehu Sezam BBS-a doprinela je i koncepcija, usmerena pre svega ka diskusiji korisnika u okviru konferencija [4]. Uz podršku časopisa "Računari", objavljivanje uputstva za upotrebu i prenošenje diskusija u časopis, Sezam je brzo rastao pa su se za godinu dana stekli uslovi za prelazak na komercijalni rad, kada je trebalo obezbediti paralelni pristup sistema za više korisnika.

3. IZBOR MREŽNOG OS

Pri odlučivanju o koncepciji višelinijuskog sistema trebalo je uzeti u obzir niz zahteva. Iako je ideja sa Unix računarom

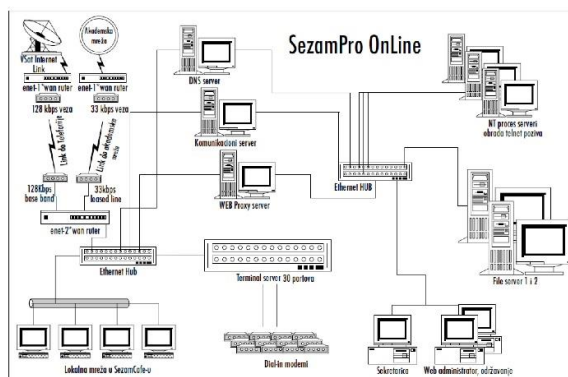
Odlučeno je da se koristi više IBM PC XT i IBM PC AT računara, pri čemu će svaki računar opsluživati po jednu telefonsku liniju. Te radne stanice bi bile umrežene, a podaci (konferencijske poruke, datoteke i sve ostalo) bi se nalazili na serveru, koji je u početku bio *Compaq DeskPro 386* računar sa diskom od 330 MB. Radne stanice su bile računari sa procesorom 80386 i dLINK mrežnim karticama, povezanim koaksijalnim kablom. Posle isprobavanja operativnog sistema dLINK *SmartLink*, prešlo se na *Novell NetWare 2.15* kako bi bio moguć rad na 15 linija radi podrške 29. Šahovskoj Olimpijadi održanoj u Novom Sadu od 16. novembra do 4. decembra 1990. godine i čiji je Sezam bio zvanični informacioni servis.



Sezam je radio na 15 linija do 1995. godine, bez uslova za dalje širenje, iako je broj korisnika i broj poruka eksponencijalno rastao. Nabavljen je još jedan server radi efikasnijeg pristupa podacima, a primenjena je i baza *Btrive* koja je obezbedila brže pretraživanje sadržaja konferencija.

Podaci su skladišteni na serverima, a softver je najvećim delom ponovo napisan, da bi se obezbedila mogućnost skladištenja većeg broja poruka u svakoj od konferencija, ozbiljan rast baza privatne pošte kao i nove komande usmerene ka automatizaciji rada. Napisan je i *off-line reader SorPro*, koji je omogućio korisnicima da komforno čitaju poruke i odgovaraju na njih dok nisu na vezi.

Prilikom prerade MS-DOS softvera za 32-bitnu platformu u potpunosti su korišćene *Microsoft* tehnologije. Sistem je reorganizovan tako da koristi nekoliko *front-end* servera pod *Windows*-om NT 4, koji obezbeđuju Internet servise (DNS, *e-mail*, *ftp*, *Web*, *proxy*), a zatim i Work servere od kojih je svaki opsluživao korisnike koji su mu pristupali koristeći *telnet* klijent. Korisnici su mogli da pokrenu *telnet* sesije bilo dolazeći sa Interneta ili povezujući se na neki od *dial-up* modema [5], koje je opsluživao komercijalni *Livinqston* terminal server.



Prvi problemi koji su najavili da će sistem morati da pretrpi još jednu tranziciju su potekli od servera na kome su se nalazile baze podataka u *Btrieve* formatu pod *Novell NetWare* operativnim sistemom. Kod tih računara je u skoro redovnim intervalima morao da se menja hard-disk, bilo zbog otkaza ili zbog sve većih zahteva za slobodnim prostorom. Na tržištu je bilo sve manje diskova velikog kapaciteta koji su bili podržani od strane instalirane verzije

operativnog sistema, a morali su da se menjaju i memorijski moduli i matične ploče. Navedeni problemi su jasno ukazali da će u vrlo kratkom roku morati da se ili promeni verzija operativnog sistema ili pređe na drugo rešenje.

Kako se nazirao kraj podrške *Novell* sistemima, izabrano je da se baze podataka migriraju na *Microsoft* rešenje sa kompatibilnim sistemom *Pervasive SQL* [7]. To je zahtevalo i izmenu u samim klijentima, ali jednom odrađena, ova migracija omogućava znatno jednostavniji sledeći korak, virtualizaciju celokupnog sistem. Naime, postojala je mogućnost i da se sam *Novell* virtualizuje, ali opet ne verzija koje je bila instalirana, čime bi sistem zavisio od softvera kome se nazirao kraj. Uz dobru dokumentaciju ovaj posao je relativno brzo završen i baze podataka sa konferencijskim i mail porukama su prebačene prostim kopiranjem fajlova.

Drugu grupu problema činili su sve češći ispadi drugih servera u mreži. Obzirom na to da su ti resursi imali redundansu, to nije predstavljalo veću smetnju u radu, ali je znatno povećalo operativne troškove u vidu radne snage i rezervnih delova. Treći i finalni razlog za migraciju je sagledan kroz analizu trajanja pojedinačnih akcija u održavanju. Sve komplikovaniji softver i hardver su doveli do toga da je vreme početne instalacije, kao i uvođenje novog servera u rad postalo nedopustivo dugo. Najzad je broj servera bio toliko veliki da više nije mogao da stane u server salu, što je bio konačni adut za tranziciju.

7. PRVI POKUŠAJI TRANZICIJE

VMware je zbog cene odmah odbačen, što je ostavilo jedino *Xen* i malo kasnije *Citrix* kao moguće rešenje. Definisani su prvo ciljevi migracije. Novi sistem je morao da bude visoko dostupan, jednostavan za proširenje, povoljan za eksploataciju i stabilan u radu [8].

Xen platforma je uspešno ispunila sva četiri zahteva, ali samo za servere sa *Linux* operativnim sistemom, kojih je u tom trenutku bilo znatno manje od *Windows* servera. Sa druge strane *Citrix* rešenje je potpuno funkcionalno moglo da podrži i *Linux* i *Windows* računare. Dodatno, za *Citrix* je postojao alat koji je mogao da virtualizuje već instaliran server pod *Windows*-om tj. da izvrši P2V (*physical to virtual conversion*) [9]. Ova konverzija je obezbedila da se izbegne ponovljena instalacija sistema i ubrzo je polovina servera migrirana. Kako je većina servisa bila realizovana na po dva servera radi pouzdanosti, jedan od svakog je migriran na *Citrix*, dok je drugi ostao nekonvertovan. Prvi testovi su prošli uspešno, čime je *SezamPro* postao prvi ISP u regionu koji radi u virtualnom okruženju.

Nije sve prošlo bez problema. Tokom prvih testiranja softvera, utvrđeno je da postoji određena nekompatibilnost *Microsoft RunTime* biblioteke funkcija sa *Citrix* platformom. Neki od tih problema su mogli da se ignorišu, neki da se reše zamenom korišćene funkcije u kodu, dok je jedna klasa problema ostala nerešena. Jedan od tih problema je mogao da dovede i do potpunog prekida rada na projektu. U pitanju je bio problem u funkciji koja sa velikom preciznošću meri proteklo vreme, što je korišćeno

za obračun potrošenih sati korisnika. Utvrđeno je da je problem do samog drajvera koji se nalazi u *Citrix* kernelu i zadužen je za izbor procesora na kom će se izvršiti funkcija virtuelnog operativnog sistema. Ovo je dovelo do situacije gde početak merenja vremena počne na jednom procesoru, a završi se na drugom, što je dovelo i do negativnih rezultata potrošenih sati. Jedino rešenje je bilo da ti server imaju jedan virtuelni procesor. Nastala situacija je signalizirala da izbor platforme za servere koji rade pod *Windows* operativnim sistemom mora da se traži i dalje.

8. HYPER-V

Sa izlaskom *Microsoft Windows 2008* operativnog sistema, i specifičnije R2 podverzije, te dodatnog relaksiranja uslova licenciranja softvera od strane samog *Microsoft*-a, stekli su se uslovi da se i ta virtualizacija isproba. Korišćenjem alata za konverziju virtualnih servera P2V i V2V (*virtual to virtual conversion*) serveri su brzo preneti u skoro neizmenjenom obliku na novu platformu. Jedini problem bila je potreba da se posle konverzije ponovo konfigurišu mrežni parametri [10].

Uvođenjem ove platforme je rešen problem korišćenja novog hardvera. Novi nodovi u grupi su dodavani po potrebi i to uvek na novoj generaciji opreme što je omogućavalo da se koristi ono što je u tom trenutku imalo najbolji odnos cene i performanse. *Microsoft* je obezbedio da se koristeći *SysPrep* alat napravi neograničen broj imidža diskova svih tipova servera u mreži. Prostim kopiranjem ovog imidža dobili bismo nov, već konfigurisan server sa svim neophodnim softverom i sistemskim zakrpama. Vreme isporuke servera sa više dana se smanjilo na desetine minuta.

Prelazak sa *Novell* na *Windows* okruženje donosio je problem sa performansama. Podaci koji su činili virtualni disk su se nalazili u fajlovima na disku hipervizora. To rešenje je davalo skromne rezultate. Kako bi se ova situacija delimično prevazišla, testiran je direktan pristup disku (*pass-through virtual drive*) [11], što je rešilo pitanje brzine, ali je uvelo novi izazov kada je u pitanju bila visoka dostupnost, jer nije bilo tako jednostavno iskopirati takav disk kao sa VHD fajlom. Zbog toga, a i zbog sve većeg korišćenja virtuelnog okruženja, postalo je jasno da je sledeći korak uvođenje mrežnog uređaja za skladištenje podataka (*Network Attached Storage – NAS*). Kako takvi uređaji imaju veći broj diskova, rešilo bi se pitanje brzine, pouzdanosti i korišćenja direktnih virtuelnih diskova.

Ovim je završena prva faza migracije sistema. Svi produkcionni serveri su bili virtualizovani, osim glavnog *Microsoft SQL* za koji je bilo neophodno obezbediti sistem sa boljim performansama diskova.

9. PRIVATNI CLOUD

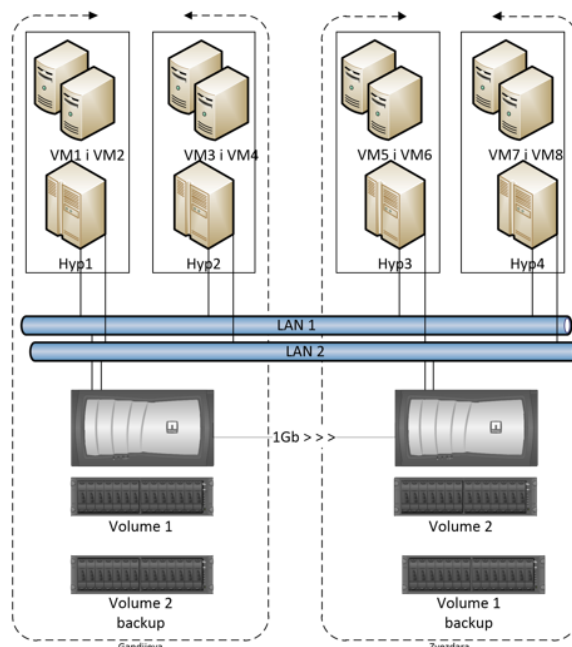
Kako se tehnologija sve više razvijala, bivala je i pristupačnija, pa je nabavka NAS uređaja postala realnost, a i ključna komponenta privatnog *cloud* sistema. U prvom koraku to su bili uređaji koji su koristili *iSCSI* protokol koji radi preko *TCP/IP* veze. Ovakvo povezivanje ne zahteva

dodatnu opremu, ali ne pruža sve napredne mogućnosti kao potpuno distribuirano mrežno okruženje za skladištenje podataka (*Storage Area Network – SAN*) za čiju upotrebu se obično koriste skupi *Fibre Channel (FC)* uređaji. Kako bi se serverima obezbedile bolje performanse prilikom pristupa podacima na disku, bilo je neophodno nabaviti jedan ovakav uređaj. Dodatno, posedovanje *NAS* uređaja omogućilo bi da se hipervizori instaliraju u režimu visoke dostupnosti (*High Availability – HA*), koristeći *Microsoft* tehnologiju pod imenom *Failover Cluster (FC)*, čime bi se obezbedilo nesmetano funkcionisanje servisa u slučaju otkaza hipervizora [12]. Posle inicijalnih proba sa *open source* iSCSI serverima, odlučeno je da se za prvu realizaciju privatnog *cloud* rešenja iskoristi *Dell MD3000* i iSCSI protokol.

Glavna funkcija koja omogućava neprekidni rad u slučaju otkaza kada se koristi *FC* su deljeni diskovi (*Cluster Shared Volume – CSV*) [13]. Koristeći *CSV* svaki hipervizor ima pristup deljenom disku i svim *VHD* fajlovima od virtualnih servera. Kada se detektuje pad jednog hipervizora, serveri koji postanu time nedostupni bivaju startovani na nekom drugom hipervizoru. *CSV* funkcionalnost nije korišćena samo za ovu namenu, već i prilikom redovnog održavanja fizičkih računara. Sada je bilo moguće da se sve virtualne mašine migriraju dok rade sa jednog hipervizora na drugi (*Live Migration – LM*). Po završetku migracije, fizički hipervizor bi mogao da se ažurira, resetuje, ili ugasi kako bi se izvršila intervencija na hardveru servera.

Sledeća novina koju je privatni *cloud* omogućio je bilo korišćenje živih replika virtualnih servera (*Microsoft Replica*) [14]. Ova funkcionalnost obezbeđuje da se u slučaju problema koji nastanu u samom virtualnom serveru, podigne rezervna kopija koja sadrži skoro u potpunosti ažurne podatke. Koristeći sistem replika, moguće je zaštititi *SQL* servere od problema koji nastanu prilikom primene neodgovarajuće sigurnosne zakrpe, ili od greške tokom rekonfiguracije samog sistema. Kako se ne garantuje potpuna ažurnost podataka (podaci mogu biti nekoliko minuta stariji od ažurne verzije), konzistentnost podataka se rešava koristeći *FC* za *SQL* ili neku drugu tehnologiju na nivou samog aplikativnog softvera. U slučaju *SezamaPro* bila je izabrana ta druga opcija i ona je realizovana korišćenjem *SQL Log Shipping*.

Sistem replika je korišćen i kada su promene na podacima bile retke, a servisi nisu bili od ključne važnosti, pa nije postojalo opravdanje da se koriste skupa rešenja (*Always On*). U ovom slučaju su replike bile podignute na drugom *FC Hyper-V* klasteru. Kako većina Internet servisa neophodnih za funkcionisanje jednog Internet servis provajdera sadrži mehanizme kojima se obezbeđuje funkcionalnost tokom havarije, ovo rešenje je omogućilo da se uz male operativne i investicione troškove napravi sistem koji zadovoljava potrebe korisnika. Jedini servisi koji nisu mogli u potpunosti da iskoriste ovo rešenje su bili serveri za hostovanje korisničkih prezentacija, serveri sa bazama podataka i serveri na kojima su se nalazili dokumenti (*File Servers*).



Slika 3. Blok šema serverske mreže

10. NETAPP

Eksploatacija sistema opisanog u prethodnom poglavlju je trajala sve do 2010. godine, kada se procenjuje da je hardver dovoljno amortizovan i da je neophodna celokupna zamena. To je iskorišćeno za dodatnu optimizaciju, pa su kupljene *Fujitsu* serverske šasije i *NetApp* sistem za skladištenje podataka.

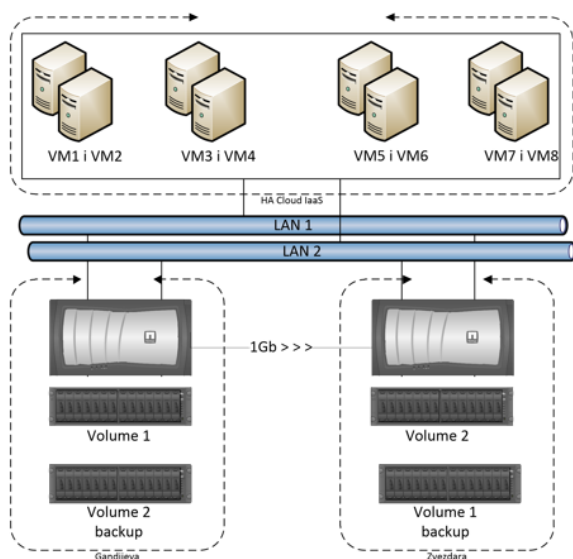
Ovom prilikom je uveden *Fibre Channel* protokol za pristup disk resursima. Glavni razlozi za ovu investiciju i migraciju podataka sa iSCSI *NAS* sistema su bile napredne funkcije koje je *NetApp* ponudio, a to su:

- Deljeni prostor na disku (*Thin provisioning*)
- Pravljenje slika diska u trenutku (*Snapshot*)
- Kopiranje slika diska (*SnapMirror*)
- Velike brzine pristupa diskovima (10 Gbps)
- Deduplikacija podataka na disku
- Kompresija podataka na disku
- Kompatibilnost sa proizvođačima hardvera i softvera
- Povezivanje više *NetApp* uređaja u visoko dostupnu mrežu (*MetroCluster*)

Osim *MetroCluster* tehnologije, sve druge su uspešno primenjene i iskorišćene tamo gde je to bilo pogodno. Deljeni prostor na disku uz *Thin provisioning* *Microsoft CSV* omogućio je da se prostor na disku višestruko rezerviše, te da sami serveri imaju na raspolaganju značajno više prostora nego što je to stvarno prisutno [15]. Naravno, kada bi svi serveri u isto vreme zauzeli 100% dodeljenih resursa to sistem ne bi bio u mogućnosti da obezbedi, ali se u praksi to pokazalo kao odlično rešenje kojim se ne samo racionalizuju troškovi, već i ubrzavaju druge funkcije u toku rada.

Korišćenje *SnapShot* tehnologije, omogućava da se bez kopiranja velikog broja fajlova ili pravljenja komplikovanih inkrementalnih backup setova, dobije gotovo neograničena mogućnost povratka podataka [16]. *SnapShot* je veoma brza akcija koja ne opterećuje *NetApp*, a rezultat je obeleživač kojim se može pristupiti slici diska u jednom trenutku u vremenu. Proširenjem ove funkcionalnosti moguće je jedan *SnapShot* iskoristiti za pravljenje nove virtualne mašine, kopiranje podataka na udaljenu lokaciju ili za povraćaj izgubljenih podataka i to u zavisnosti od korišćenog softvera do logičkog nivoa. Na primer ako se koristi sa *Microsoft Exchange* serverom, moguće je uraditi povraćaj samo jednog korisničkog mail boks.

Dalja nadgradnja kroz *SnapMirror*, omogućava da se napravljeni *SnapShot* kopira preko sporih veza, u sinhronom modu, te da se time omogući pravljenje rezervnih kopija na udaljenoj lokaciji i na potpuno drugoj opremi. Korišćena je veza brzine 1 Gbps za celokupni sistem na kojem se nalazilo više desetina terabajta podataka. Korišćenjem ove tehnologije mreža sa slike 3 je u logičkom smislu transformisana u mrežu sa slike 4.



Slika 4. Logička šema transformisane serverske mreže

Deduplikacija je proces pronalaženja identičnih blokova na diskovima [17]. Kada su oni identifikovani, svi osim jednog bi bili obrisani, a pokazivači preusmereni na taj jedan blok. U praksi se pokazalo da je ušteda prilikom korišćenja ove tehnologije različita u zavisnosti od namene diskova. Pažljivim grupisanjem diskova po CSV particijama, postalo je moguće značajno unaprediti ova funkcionalnost. Na primer, stavljanjem svim diskova na kojima se nalazi operativni sistem, *boot* particija *Windowsa*, na jedan CSV ostvarena je ušteda prostora oko 10 puta. Diskovi na kojima su se nalazile baze podataka i arhivirani podaci su donosili najmanju uštedu, oko 15%. Uključivanjem dodatne kompresije ovih podataka, finalno se moglo računati da je potreban prostor redukovao na petinu prvobitnog, za celokupni sistem. To znači da je kupovinom 10 TB prostora na disku, korisniku stavljeno na raspolaganje 50 TB.

Privatni *cloud* sačinjen od *NetApp SAN*-a uz korišćenje *Fujitsu Blade* servera i *Microsoft Hyper-V* hipervizora se pokazao izuzetno stabilnim. Problemi sa mrežnim i drugim drajverima su bili retki, a i u slučaju retkih problema proizvođači su promptno pristupali rešavanju. Pokazalo se da je podrška vendara za korišćenje jednog ovakvog složenog sistema od izuzetne važnosti.

11. DODATNI SOFTVER

Tokom celokupnog toka prikazane transformacije servera i podataka, u upotrebu su redom uvođeni i neophodni softverski paketi koji omogućavaju dodatne funkcionalnosti. Pošto je izbor u prikazanom sistemu bio na *Microsoft* hipervizorima, bilo je logično videti kakvu upotrebnu vrednost donosi paket *Microsoft System Center* [18] [19]. Glavni alati iz ovog paketa su:

- *Configuration Manager*
- *Data Protection Manager*
- *Operations Manager*
- *Orchestrator*
- *Service Manager*
- *Virtual Machine Manager*

System Center Configuration Manager (SCCM) je alat kojim administratori upravljaju uređajima i softverom u okviru *cloud*-a. Obično se koristi, ali ne isključivo, za primenu sigurnosnih i drugih zakrpa, kao i za distribuciju softvera unutar jedne kompanije.

Data Protection Manager (SCDPM) je softver kojim se obezbeđuje ručno ili automatsko kopiranje podataka, čime se obezbeđuje sigurnost u slučaju havarije. Pravljenje rezervnih kopija nije samo moguće na lokalne diskove, već DPM podržava slanje podataka u *Microsoft Azure* koristeći *Azure Backup Service*. Ovaj alat nije samo običan backup softver, već inteligentan sistem koji može da kopira od cele virtualne mašine ili samog hipervizora, do pojedinačnih fajlova. Kod određenih specifičnih implementacija, kao što je *MS SQL* server, DPM pre pristupa podacima obaveštava server da privremeno obustavi pisanje po disku, isprazni privremene bafore i time napravi konzistentne podatke na rezervnoj kopiji.

Operations Manager (SCOM) omogućava da se sa jednog centralnog mesta nadzire rad celokupnog sistema. Prati se "zdravstveno stanje" servisa, servera i drugih uređaja. Moguće je da se generišu različiti izveštaji, koji zatim mogu da se iskoriste kako bi se predvideli potencijalni budući problemi.

Orchestrator (SCO) se koristi kako bi se automatizovali razni zadaci. Ovaj proces dovodi do značajnog povećanja efikasnosti u radu jer dovodi do uvođenja standarda i primene savetovanih metoda rada.

Service Manager (SCSM) je alat kojim se dodatno podiže nivo organizovanosti rada primenom *ITIL* i drugih standarda i koristi se prilikom rešavanja incidenata i problema. Beleženjem svih promena na sistemu, SCSM

omogućava da se detaljno urade analize u takvim slučajevima (*Post Mortem Analasys*).

Za kraj, *Virtual Machine Manager (SCVMM)* je centralni alat koji celokupnu administraciju virtualnih mašina pojednostavljuje kreirajući jedno mesto odakle je moguće obaviti skoro sve administrativne zadatke. Ovo uključuje i konfiguraciju mrežnih i disk parametara.

Opisani softver nije bio deo prvobitnog plana migracije, jer su problemi koji su doveli do pokretanja ovog projekta bili drugačije prirode. Da je proces transformacije zaustavljen samo na zameni potrebnog hardvera i instalaciji *IaaS (Infrastructure as a Service)* [20] rešenja, početni ciljevi bi u potpunosti bili ispunjeni, jer oni nisu uključivali jednostavnost tokom upravljanja *cloud-a*. Tada se činilo da je taj deo posla manje obiman od drugih zadataka. Akcenat je bio na sigurnoj i brznoj transformaciji podataka kako bi se oni preneli sa fizičkih računara na virtualne.

12. ZAKLJUČAK

U okviru ovog rada prikazani su motivi i tok migracije softvera sa pojedinačnih fizičkih računara na modernu *cloud* infrastrukturu. Opisana je korišćena oprema, kao i prednosti i mane koje su otkrivene tokom projekta. Na kraju je kratko objašnjen softverski paket koji je dodatno unapredio platformu, što nije prvobitno bilo predviđeno.

Početni ciljevi su u potpunosti ispunjeni. Visoka dostupnost je postignuta koristeći *CSV* i *SnapMirror* tehnologije, uz pomoć *FailOver Cluster* rešenja za hipervizore. Korišćena su i druga softverska rešenja kako bi se dostupnost povećala, na primer replike. Od uvođenja virtualizacije sistem nije imao ni jedan prekid u radu prouzrokovan kvarom neke komponente.

Jednostavnost prilikom proširenja je takođe ovim rešena jer prostim dodavanjem hipervizora i novih diskova na *NetApp*, širili bi se svi neophodni resursi bez prekida u radu sistema. Jednom dodati, novi resursi bi se iskoristili koristeći *LiveMigration*.

Napredne funkcije hardvera i softvera prikazane u ovom radu su značajno dovele do toga da je celokupan sistem povoljan za eksploataciju jer su se havarijske intervencije skoro u potpunosti izbegle.

LITERATURA

- [1] R. W. Gehl i M. Stevenson, „The Afterlife of Software,” u *A Networked Self and Birth, Life, Death*, Z. Papacharissi, Ur., Taylor & Francis, 2019, pp. 190-208.
- [2] A. Kumar, „Research Issues in Virtualization in Cloud Computing,” *International Journal of New Innovations in Engineering and Technology*, t. 12, br. 4, pp. 150-159, 2020.
- [3] D. Ristanović, „Tri decenije Sezama,” *PC*, br. 271, 12 2019.
- [4] S. Simić, D. Ristanović i J. Protić, „Softver za parsiranje tekstualnih sadržaja diskusionog sistema i modeliranje sadržaja grafovskom bazom Neo4j,” u *Zbornik 27. konferencije YU INFO*, Kopaonik, 2021.
- [5] J. Protić, M. Prvulović i D. Ristanović, „The Effects of User Behavior and Internet Provider Policy on the Accessibility of SezamPro On-line System,” u *Proceedings of the 27th Euromicro Conference: New Frontiers of Information Technology*, Budapest, 1997.
- [6] D. Ristanović, „SezamPro danas,” *PC*, br. 21, p. 93, 1997.
- [7] Pervasive Software Inc., „Upgrading from Btrieve 6.1x to Pervasive.SQL 2000i,” Pervasive Software Inc., Austin, Texas, 2001.
- [8] R.-C. Wang, J.-P. Lin i T.-C. Wang, „Assessment Criteria of IaaS Solution in Cloud Computing,” *International Journal of Scientific Knowledge*, t. 3, br. 1, 2013.
- [9] K. Epstein, „Virtualization 2.0: where the sidewalk ends,” *Linux Journal*, p. 6, 2008.
- [10] J. Kelbley i M. Sterling, *Windows Server 2008 R2 Hyper-V: Insiders Guide to Microsoft's Hypervisor*, John Wiley & Sons, 2010.
- [11] Y. Haga, K. Imaeda i M. Jibu, „Windows server 2008 R2 hyper-V server virtualization,” *Fujitsu Sci. Tech. J.*, t. 47, br. 3, pp. 349-355, 2011.
- [12] A. Syrewicze i R. Siddaway, „Providing High Availability for Hyper-V Virtual Machines,” u *Pro Microsoft Hyper-V 2019*, Berkeley, CA, USA, Apress, 2018, pp. 149-178.
- [13] L. Yang et al., „Achieving over 1-Million IOPS from Hyper-V VMs in a Scale-Out File Server Cluster using Windows Server 2012 R2,” Microsoft White Paper, 2014.
- [14] A. Syrewicze i R. Siddaway, „Preparing for Disaster with Hyper-V Replica,” u *Pro Microsoft Hyper-V 2019*, Berkeley, CA, USA, Apress, 2018, pp. 285-299.
- [15] B. Berger, *Hyper-V Best Practices*, Packt Publishing Ltd, 2014.
- [16] Brett Battles et al., „Reducing data center power consumption through efficient storage,” Network Appliance, Inc, 2007.
- [17] K. Srinivasan, T. Bisson, G. Goodson i K. Voruganti, „iDedup: Latency-aware, inline data deduplication for primary storage,” *Fast*, t. 12, pp. 1-14, 2012.
- [18] A. Finn, H. Vredevoort, P. Lownds i D. Flynn, *Microsoft private cloud computing*, John Wiley & Sons, 2012.
- [19] C. Amaris i R. Morimoto., *Microsoft System center 2012 unleashed*, Sams Publishing, 2012.
- [20] A. Khajeh-Hosseini, D. Greenwood i I. Sommerville, „Cloud migration: A case study of migrating an enterprise it system to iaas,” u *2010 IEEE 3rd International Conference on cloud computing*, Miami, FL, USA, 2010.

UPOTREBA KEPServerEX V5, MATLAB OPC TOOLBOX i MySQL BAZE ZA TESTIRANJE SOFTVERA REALIZOVANIH PLC KONTROLERIMA

USE OF KEServerEX V5, MATLAB OPC TOOLBOX and MySQL BASE FOR TESTING SOFTWARE REALISED WITH PLC CONTROLLERS

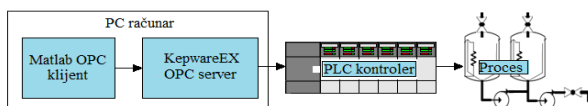
Igor Kocić¹, Zoran Jovanović¹
Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet¹,
Katedra za automatiku

Sadržaj – U radu je predložena i opisana mogućnost upotrebe KEServerEX V5 kao OPC servera, Matlab OPC ToolBox kao klijenta, MS EXCELL i MySQL baze kao alata za testiranje upravljačkih softvera napisanih u softverskim alatima RSLogix 500 i TIA Portal za programiranje Allen Bradley i Siemens PLC kontrolera.

Abstract - The paper proposes and describes the possibility of using KEServerEX V5 as an OPC server, Matlab OPC ToolBox as a client, MS EXCELL and MySQL database as tools for testing control software written in software tools RSLogix 500 and TIA Portal for Allen Bradley and Siemens PLC controllers.

1. UVOD

Uporedo sa razvojem Windows operativnih sistema razvijani su i OPC protokoli i standardi. OPC tehnologija (OLE for process control) [1-2] zasnovana na klijent server arhitekturi pruža metod za razmenu podataka između PC računara i PLC kontrolera različitih proizvođača. KepWareEX server [3] predstavlja OPC server koji komunikacione protokole proizvođača PLC kontrolera i uređaja prevodi u jedinstven zajednički OPC protokol čime je omogućeno povezivanje uređaja različitih proizvođača u automatizaciji i tako ostvaruje koncept industrijskog interneta. KepwareEx OPC serveri omogućuju trenutno praćenje velikog broja parametara i istovremeni upis u odgovarajuća polja tabela baze podataka što sa Matlab OPC Toolbox [10] omogućava pristup živim i istorijskim podacima direktno sa procesa. Na sl.1 prikazana je principiska šema veze OPC Toolbox, Kepware OPC servera i PLC kontrolera koji ujedno upravlja procesom i čini vezu između procesa i OPC servera čime je ostvarena komunikacija sa procesom u realnom vremenu.



Slika 1. Principiska šema veza KepServerEX i Matlaba sa PLC-om i procesom

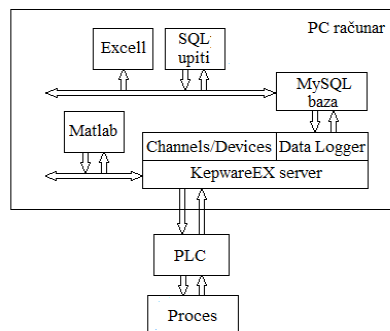
PLC se koristi kao upravljački sistem za proces [11-13] koji je preko njega povezan sa PC računarom upotrebom OPC protokola čime je ostvaren OPC DA protokol. OPC deluje kao apstraktni sloj koji se nalazi između izvora

podataka i prijemnika podataka. Dobijene vrednosti procesnih veličina upisuju se u bazu podataka, njihove vrednosti se unose u Ms Excell fajlove čime je omogućen uvid u istoriju ponašanja posmatranih veličina što predstavlja OPC HDA koncept.

2. KRATAK OPIS POSTUPKA PODEŠAVANJA KESERVEREX, MYSQL BAZE, OPC TOOLBOX I MS EXCELL

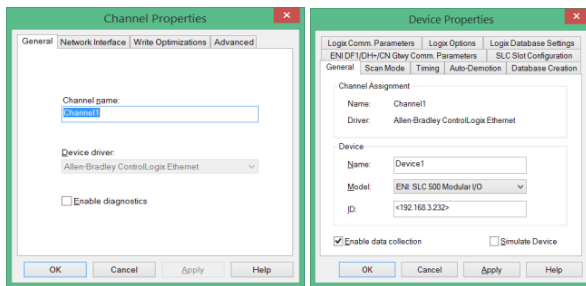
KEServerEx server [3] i odgovarajuća baza podataka su sa PLC kontrolerom (procesom) sl.2. povezani korišćenjem komponentni koje su njegov sastavni deo:

1. Channels/Devices,
2. Data Logger.

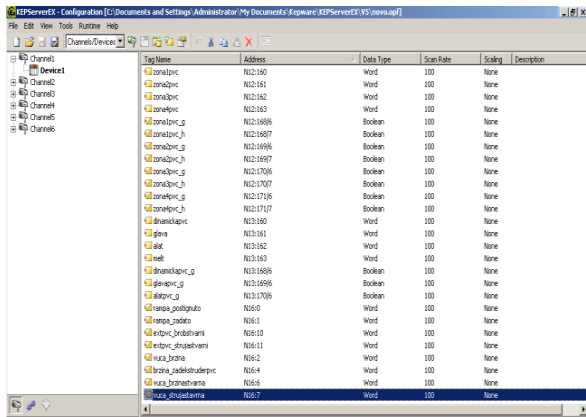


Slika 2. Principijelna blok šema veze KepServerEX, Matlaba, Simulinka, MySQL baze i Microsoft Excell

U okviru Channels/Devices konfigurišu se komunikacioni kanali, biraju modeli PLC kontrolera sa kojima se komunicira i unose adrese lokacija procesnih veličina koje se posmatraju. Konfiguracija kanala i uređaja vrši se izborom odgovarajućeg OPC drajvera koji zavisi od upotrebljenog modela PLC kontrolera. Na sl.3. prikazan je ekran konfiguracije komunikacionog kanala i modela PLC kontrolera [4-5]. Pri konfiguraciji upisuje se adresa PLC kontrolera, tip komunikacije, port, maksimalno vreme trajanja komunikacije, maksimalan broj pokušaja pre prekida veze i itd. Za svaki tag sl.4. definiše se adresa lokacije u memoriji PLC kontrolera, tip podatka, vreme uzorkovanja (osvežavanja), način skaliranja, način upotrebe taga (čitavanje ili upis) i opis taga.



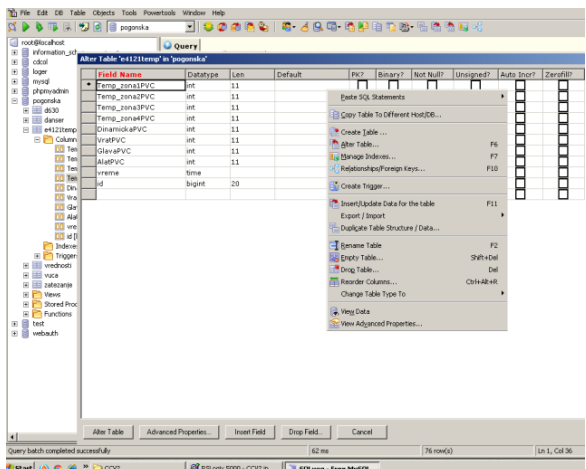
Slika 3. Izbor komunikacionog kanala i modela PLC kontrolera sa kojim KEPServerEX komunicira



Slika 4. Veza KepwareEX servera sa tagovima PLC kontrolera

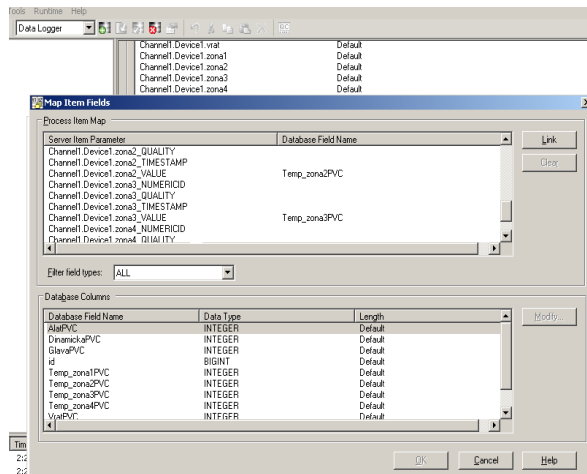
MySQL baza instalirana je primenom multiplatformskog besplatnog open source softvera XAMPP [6] namenjenog za upotrebu isključivo u lokalnoj ethernet mreži. Instalacijom XAMPP dobijeno je rešenje za brzo i efikasno podešavanje minimalnog okruženja koje zadovoljava sve potrebe po pitanju razvoja aplikacija sa bazama podataka. Baza može i ne mora biti instalirana na računaru na kom je instaliran KEPServerEX.

Kreiranje baze, tabela i polja obavljeno je besplatnim SQLyog [7] alatom. Na sl 4. prikazan je izgled polja kreirane tabele. Za svaki PLC kontroler napravljene su tabele u kojima se upisuju vrednosti posmatranih veličina.



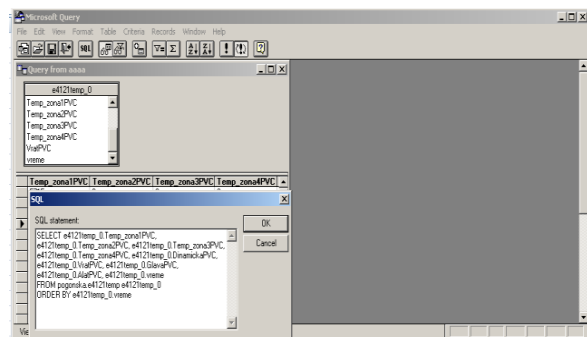
Slika 5. Postupak kreiranja polja i tabela baze upotrebom SOLyog alata

Veza između izabranih tagova PLC kontrolera i polja baze podataka ostvarena je upotrebom Data Logger koji je sa MySQL bazom povezan odogovarajućim ODBC [7] drajverom. Na sl.6. prikazan je postupak povezivanja tagova OPC servera i polja tabele baze podataka. Jednostavnim izborom polja tabele odabrane baze i taga PLC kontrolera koji je vezan sa odabranim kanalom i uređajem ostvarena je veza između procesne veličine i polja u tabeli baze. Startovanjem OPC servera, otpočinje čitanje procesnih vrednosti i njihovo upisivanje u izabrana polja tabele baze podataka.



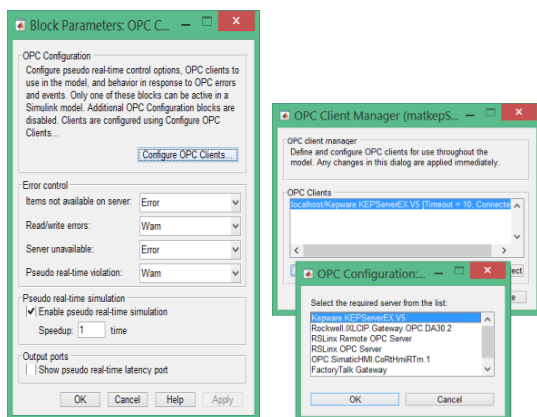
Slika 6. Veza između adresa lokacija KepwareOPC servera i polja tabele baze podataka

MySQL bazu [6] povezujemo sa MS Excell upotrebom Data Quick access toolbar [9] izborom Data Source From Microsoft Query, čine je na jednostavan način omogućen pregled odabrane tabele baze. U koliko je potrebno pregledati ili sortirati podatke iz tabele upotrebom alata Microsoft Query pišu se potrebni upiti nad bazom podataka. Na sl.7. prikazan je upit nad poljima baze podataka.



Slika 7. SQL upit nad podacima iz baze upotrebom MS Excell i alata MS Query

Za posmatranje vrednosti procesnih veličina u relanom vremenu kada nema potrebe za istorijskim podacima obavlja se povezivanje između Matlab kao OPC klijenta [10] i KepwareEx servera kao OPC servera. Na sl.8. prikazan je postupak konfiguracije Matlab OPC klijenta izborom KepServerEx V5 OPC servera.



Slika 8. Konfiguracija Matlab OPC klijenta upotrebom OPC ToolBox

3. OPIS METODE ZA TESTIRANJE

Upravljački softver kojim je relizovan upravljački algoritam razvijen je u programskim alatima za programiranje PLC kontrolera. Metodom za testiranje testiraju se istovremeno upravljački algoritmi više PLC kontrolera istovremeno. Simulinkov OPC klijent podešen je tako da komunicira sa više OPC servera istovremeno.

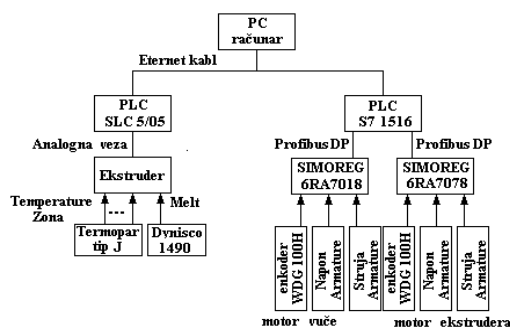
Metoda se sastoji od sledećih koraka:

1. Izaberu se adrese PLC kontrolera u kojima su smeštene trenutne i zadate vrednosti parametara kojima se upravlja,
2. Zavisno od brzine posmatranog procesa proceni se i postavi vrednost periode uzorkovanja,
3. SQLyog alatom prave se odgovarajuće tabele i polja u kojima se upisuju vrednosti posmatranih parametara,
4. KepwareEx serverom se obavi povezivanje sa PLC kontrolerom i MySql bazom,
5. OPC Tool Box kao OPC klijentom napravi se veza sa Kepware OPC serverom,
6. Upotrebom Simulink napravi se model za testiranje,
7. Posmatrani proces se nadgleda i zaustavi po potrebi,
8. Trenutna i istorijske vrednosti posmatranih parametara se upisuju u bazu i SQL upitima uvoze u MS Excell,
9. Obavi se analiza rezultata i donosi zaključak o kvalitetu regulacije i po potrebi menjaju parametri relevantni za upravljanje.

4. PRIMER TESTIRANJA SOFTVERA ZA UPRAVLJANJE RADOM UREĐAJA LINIJE I TEMPERATURNOM REGULACIJOM EKSTRUDERA

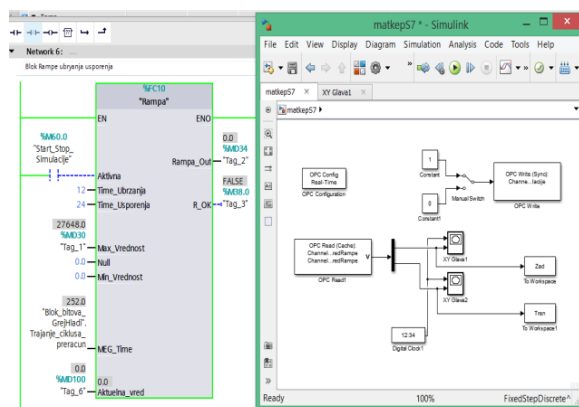
Testiranje softvera obavlja se upotrebom Matlab OPC klijenta. Uređajima na liniji upravlja se primenom Siemensovog plc kontrolera tip S7 1516, regulacijom temperature ekstrudera upravlja Allen Bradley plc kontroler tip SLC 5/05. Softver koji upravlja radom

uređaja linije napisan je u Siemensovom razvojnom alatu TIA Portal, a softver koji upravlja radom ekstrudera napisan je u Allen Bradley razvojnom alatu RSLogix 500. Blok šema za akviziciju podataka između PC računara i oba plc kontrolera prikazana je na sl.9. PC računar na kome je instaliran Matlab i KepwareEx V5 server je sa plc kontrolerima povezan pomoću ethernet veze sl.9. Primenom Simulinkove komponente OPC Config konfigurira se veza sa S7 1500 i SLC 5/05 plc preko njihovih OPC servera. Primenjena je opisana metoda za testiranje. PLC za kontrolu rada linije upravlja vučnim uređajem i ekstruderom primenom Profibus protokola. Vučni uređaj i ekstruder pogone se jednosmernim motorima, za prikupljanje vrednosti brzine koriste se tahogenerator i enkoder, dok se vrednosti napona i struje armature motora dobijaju neposredno sa regulatora pogonskih motora. Tako dobijene vrednosti se pomoću profibus protokola upisuju u memorijske lokacije Siemensovog plc kontrolera, a dalje se očitavaju OPC serverom.



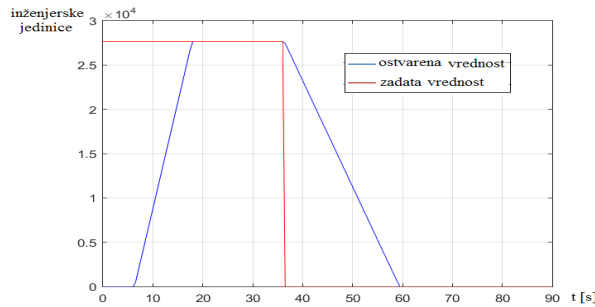
Slika 9. Blok šema veze PC računara, Kepware Ex OPC servera i Matlab OPC Tool Box za akviziciju podataka

Kao osnova softvera za ubrzanje usporenje uređaja linije napisan je softver u SCL (Structured Control Language). Testiranje ispravnosti funkcijskog bloka ubrzanja, usporenja (FC10) vrši se pomoću Simulink modela sl.10. OPC.Write blok postavlja bit M60.0 na 0 (stop) i ili 1 (start) upotrebom komponente prekidača čime se startuje ili stopira rampa, zadaje se maksimalna, minimalna vrednost vremena ubrzanja i usporenja. Jednostavnim klikom na prekidač (Manual Switch) aktivira se procedura testiranja i snimaju talasni oblici.



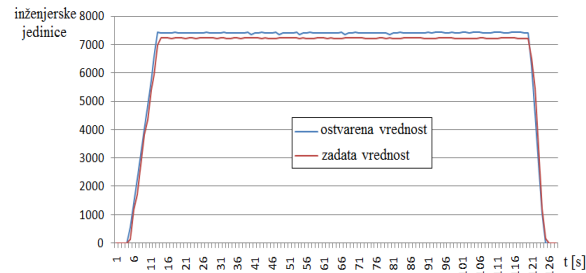
Slika 10. Funkcijski blok i Simulink model za testiranje funkcijskog bloka za ubrzanje i usporenje uređaja linije .

Na sl.11. prikazan je oblik zadate rampe za vreme ubrzanja od 12s i vreme usporenja od 24s. Vrednost od 27648 inženjerskih jedinica odgovara refernci napona od 10V.



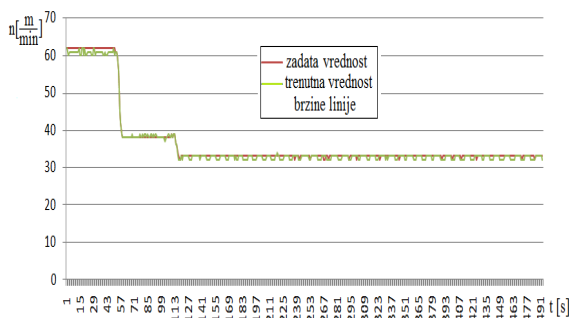
Slika 11. Oblik signala rampe, zadato vreme ubrzanja 12s, usporenja 24s, maksimalna vrednost rampe postavljena na 27648 što odgovara naponu od 10V, dobijena u Matlabu

Istim postupkom testiranja dobijen je signal realne rampe sl.12. kada je vrednost rampe postavljena na 7400 inženjerskih jedinica što odgovara refenci napona od 3,76V.

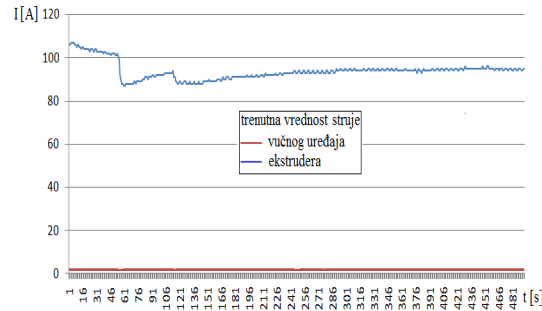


Slika 12. Oblik signala realne rampe, zadato vreme ubrzanja 12s, usporenja 24s, maksimalna vrednost rampe postavljena na 27648 što odgovara naponu od 10V

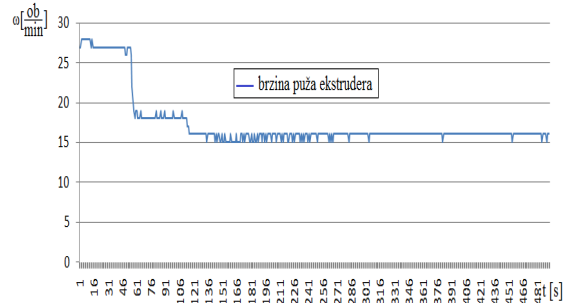
Za testiranje upravljačkog softvera za pogon ekstrudera i vučnog uređaja primenjena je navedena procedura. Dobijeni su redom talasni oblici zadate i ostvarene brzine linije sl.13a, struja ekstrudera i vučnog uređaja sl.13.b. i ostvarene brzine puža ekstrudera sl.13.c.



Slika 13a. Signal zadate i ostvarene brzine linije, pri promeni zadate brzine od 62m/min na 38m/min i potom na 34 m/min



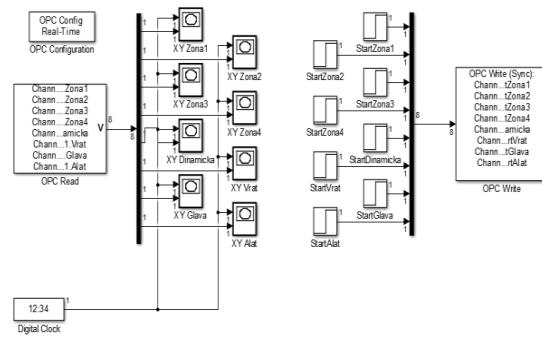
Slika 13b. Signal stvarne vrednosti struje pogonskih motora ekstrudera i vučnog uređaja pri promeni zadate brzine od 62m/min na 38m/min i potom na 34 m/min



Slika 13c. Signal stvarne vrednosti brzine puža ekstrudera pri promeni zadate brzine od 62m/min na 38m/min i potom na 34 m/min

Na osnovu dobijenih talasnih oblika izveden je zaključak da je softver za upravljanje linijom i uređajima na liniji ispravno napisan.

Testiranje razvijene autotuning procedure zona ekstrudera i izmenjivača izmenjivača toplote koji se koristi za hlađenje puža ekstrudera urađeno primenom Simulink modela sl.14.



Slika 14. Simulink model za testiranje kvaliteta regulacije temperature ekstrudera Simulink OPC Toolbox

Softver za automatsko podešavanje PID parametara je napisan u jeziku lestvičastih dijagrama upotrebom RSLogix 500 firme Rockwell Automation. Upotrebljeni PLC kontroler tip SLC 5/05 je povezan korišćenjem KepwareEx OPC servera sa Matlabom i MySQL bazom. Trenutne vrednosti temperatura zona su u registrima od N12:160 do N12:163 i od N13:160 do N13:163, a vrednosti zadatih temperatura su redom u registrima od N12:184 do N12:187 i od N13:184 do N13:187 redom za

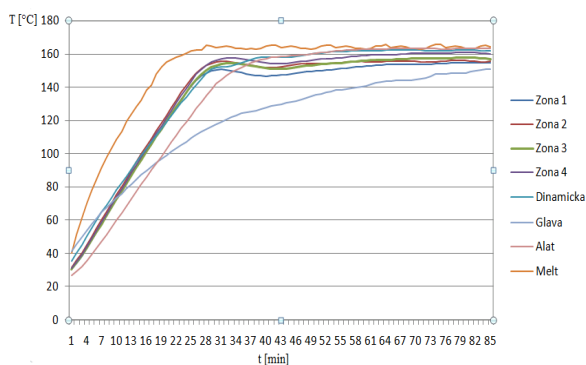
zone Zona1, Zona2, Zona3, Zona4, Dinamička, Glava i Alat.

Pri testiranju zadate su temperature zona prema tabeli.

Tabela.1 Zadati temperaturni profil ekstrudera

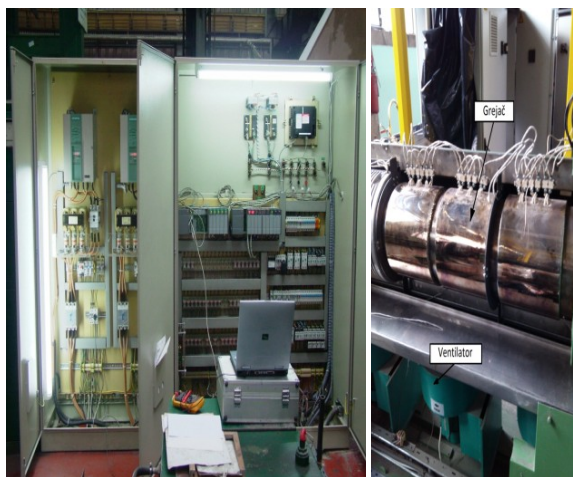
Zona 1 [°C]	Zona 2 [°C]	Zona 3 [°C]	Zona 4 [°C]	Dinamička [°C]	Glava [°C]	Alat [°C]
155	156	158	158	160	162	165

Primenom OPC ToolBox startovan je proces grejanja ekstrudera. Trenutne vrednosti temperatura zona posmatraju se uporedo pomoću Simulink modela i upisuju u MySQL bazu. Pisanjem upita u okviru MS Query dobijene su zavisnosti temperatura zona ekstrudera sl.15.



Slika 15. Karakteristika temperature svih zona ekstrudera dobijena u MS Excelu upotrebom MS Query

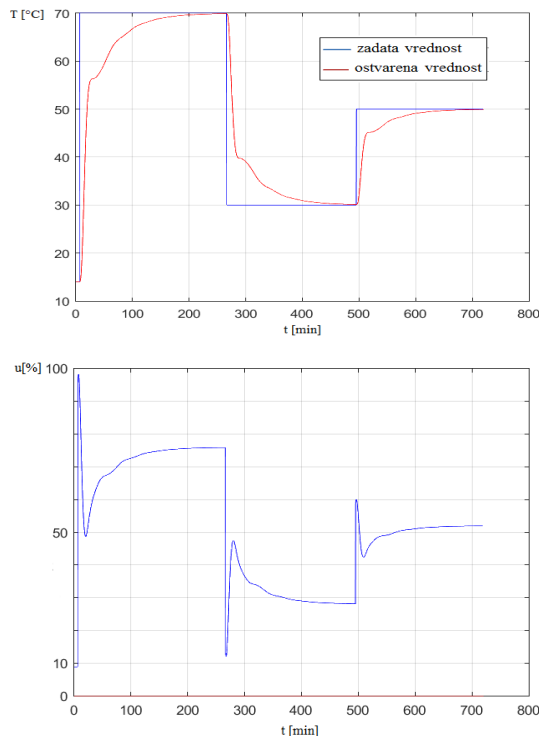
Na osnovu dobijenih karakteristika jednostavno se donosi zaključak da dinamička sekcija i vrat ekstrudera nemaju odgovarajuću tačnost regulacije. Dinamička sekcija ima veliko vreme dolaska u stacionarno stanje a alat prebrzo dostigne stacionarno stanje pa je stoga oscilatoran. Lako donosimo zaključak da je u slučaju dinamičke sekcije integralno dejstvo veliko usled čega je regulaciona petlja sporija, a u slučaju alata imamo preveliko pojačanje pa je proces oscilatoran.



Slika 16. Upravljački orman i plc za upravljanje procesom temperature regulacije ekstrudera

Na sl.16. prikazan je realni proces nad kojim je izvršeno testiranje kvaliteta regulacije temperature.

Pri testiranju rada izmenjivača toplote dobijene su karakteristike zadate i trenutne temperature i upravljačkog signala sl.17.



Slika 17. Zavisnost trenutne i zadate vrednosti temperature i upravljačkog signala izmenjivača toplote

5. ZAKLJUČAK

Kao osnovni deo današnjih sistema automatskog upravljanja koristi se jedan ili više PLC kontrolera. PC računar na kome je instaliran KEPServerEx [1], MySQL baza [2], Matlab i alati za razvoj i pisanje upravljačkih softvera čini moćno sredstvo za testiranje upravljačkih softvera i algoritama. KEPwareEX server prevashodno namenjen za akviziciju posmatranih parametara procesa u kombinaciji sa pridruženom bazom podataka predstavlja moćan alat za prikupljanje i skladištenje procesnih veličina u realnom vremenu. U zavisnosti od mašte programera moguće ga je primeniti u procesu testiranja tačnosti i funkcionalnosti komandno upravljačkih softvera za rad proizvodnih linija. Posmatranjem parametara u izabranim vremenskim intervalima lako se donose zaključci o ispravnosti rada regulacionih krugova na proizvodnim linijama. Velika prednost primene ove metode testiranja ogleda se u istovremenom praćenju velikog broja parametara čime se na osnovu grafičkog prikaza mogu donositi zaključci o uticaju parametara međusobno. Takvu primenu našao je u Fabrici Kablova u Zaječaru.

LITERATURA

- [1] OPC Systems.net Training Guide,
<https://opcfoundation.org/products/view/opcsystems-net>
(posećeno oktobra 2021).
- [2] OPC Toolbox,
<https://www.mathworks.com/help/opc/>
(posećeno oktobra 2021).
- [3] Kepserverex manual,
<https://www.kepware.com/getattachment/2745a0a9-079a-4630-b15c-8081aba1a91d/kepserverex-manual.pdf>
(posećeno oktobra 2021).
- [4] Allen-bradley-controllogix-ethernet-manual,
<https://www.kepware.com/getattachment/c7cd42b2-e3a8-403e-ac5b-ddff9cb03985/allen-bradley-controllogix-ethernet-manual.pdf>
(posećeno oktobra 2021).
- [5] Siemens TCP/IP Ethernet Driver manual,
<https://www.kepware.com/getattachment/b636f30a-8672-4169-8c9d-a7211a78990c/siemens-tcp-ip-ethernet-manual.pdf>
(posećeno oktobra 2021).
- [6] XAMPP for Windows,
<https://www.apachefriends.org/index.html>
(posećeno oktobra 2021).
- [7] Using SQLyog Enterprise to Effectively Synchronize MySQL Databases,
https://static.webyog.com/pdfs/Using_SQLyog_Enterprise_to_Effectively_Synchronize_MySQL_Databases.pdf
(posećeno oktobra 2021).
- [8] WebDevelopmentGuide2013Malveaux.pdf,
<https://viu.eng.rpi.edu/lab/2/WebDevelopmentGuide2013Malveaux.pdf>
(posećeno oktobra 2021).
- [9] Connecting to MySQL from Microsoft Excel using ODBC Driver for MySQL,
<https://www.devart.com/odbc/mysql/docs/excel.htm>
(posećeno oktobra 2021).
- [10] Matlab OPC ToolBox, Get Started with OPC Toolbox,
<https://www.mathworks.com/help/opc/getting-started-with-opc-toolbox.html>
(posećeno oktobra 2021).
- [11] М.Гузина, М.Ступар, М. Наумовић, МОГУЋНОСТИ КОМУНИКАЦИЈЕ ИЗМЕЂУ МАТЛАВ/SIMULINK ОКРУЖЕЊА И ПРОЦЕСА УПРАВЉАНИХ ПОМОЋУ ПРОГРАМАБИЛНИХ ЛОГИЧКИХ КОНТРОЛЕРА ПРИМЈЕНОМ ОРС КОНЦЕПТА, INFOTEN-JAHORINA Vol. 8, Ref. A-15, p. 66-70, March 2009.
- [12] Ikhtiander, Soekirno Santoso, Design of PLC Integrated Process Simulation Software for Steam Generator Using Matlab Simulink, E3S Web of Conferences 43, 01012 (2018).
- [13] N. Akshaz, K. U.Sravanth, R. Varanasi, and J. A. Reddy, Real Time Automated Control of Industrial Processes with PLC –LABVIEW Communication, International Journal for Research in Science & Advanced Technologies, Issue-1, Volume-1 ,035-038 [Jul-Aug 2012 Edition].

ANDROID – JAVA MOBILE APPLICATION FOR PRESENTING FINGERPRINT SCANNER RESULTS

KOMLEN LALOVIĆ¹, IVANA ŽIVIĆ²

Fakultet za projektni i inovacioni menadžment - Beograd, komlen.lalovic@pmc.edu.rs¹

Tehnički fakultet u Novom Sadu ivana@smvortex.com²

Sadržaj – U ovom radu biće prezentovana mala GUI mobilna aplikacija zasnovana na Androidu, realizovana u Java programskom jeziku. Ova aplikacija će prezentovati sve podatke dobijene u procesu skeniranja otiska prsta i obezbediće sliku minucija otiska. Tehnologije korišćene u ovom radu su popularne danas i biće interesantne različitim učesnicima konferencije.

Abstract - In this work will be presented mobile small GUI application based on Android. The small GUI application will represent all data acquired by fingerprint scanner and will provide picture of a fingerprint minutiae. The technologies used in this work are popular and will be interesting for various conference participants.

1. INTRODUCTION

Java is one of the oldest object-oriented programming languages based on all OOP concepts. It's framework, or better say set of libraries swing is one of the oldest and stable for creating GUI applications. (GUI – Graphical User Interface). Biometrics is scientific discipline and technology that measures and analyzes biological characteristics of people. It is a part of advanced security systems widely used in today's modern society and protection systems. [6]

The highest in persistence in Biometry and the lowest possibility of interrupt data is fingerprint and minutiae, so that the aim of this work and Patent device is that kind of Biometrics

2. TECHNOLOGY OVERVIEW

Overviewing all known tech devices based at fingerprint scanners which use different algorithms and SDK in their scan process to determine of person identity. Upon search is done through the national patent base of RS that similar

devices with this purpose have not found, precisely dual biometric scanners that have their own lighting, battery supply and no one of those patents deals with this idea and solution in this kind of a view, with this one dual fingerprint biometric scanner. [6] [7] [8]

Today's all devices scan only one or more fingers of exactly **one** person, we are glad to see the fact that it is only one person, because there is no fingerprint scanners that can scan fingers of two different persons at the same time using only one device, that provide us unique of our idea. Especially, there are no devices which generate unique reference id while process of scanning is made, and that unique id can be connected with the record of fingerprint scanned and stored data. [5]

If we look issued patent confirmation no. **II - 2009 / 0253**, of an International classification such is **G-07-D7 / 12 (2008 . 04)**, device with name: "Hand mobile device for checking travel and personal documents, reading biometric data and face recognition of persons which carry those documents" has been described as one function of the device that scan the finger of one person at just that moment, our is different. [8] [9] [10]

3. DISCUSSION

By overviewing issued patent with no. confirmation **13848069 . 4** dated on April 2 / 2013, with remark **W-O - 2014059761** and classification no. **G – 06 F21 / 00**, we can see one classic scanner with name: "Fingerprint identification device", which is completely described as a device which has a function of scan and provides us all data about the fingerprint of person (extractor for fingerprint *minutiae*¹). [1] [2]

¹ **minutiae** – fingerprint specific points visible on a finger image

4. Android - JAVA GUI APPLICATION

It is well known that java is one of the oldest and stable object-oriented programming language established around 1995. and has strong OOP principles with creating all kind of applications. Good knowledge of this language determined us to create GUI application in JAVA / swing

framework (set of libraries) and provide quality overview in real time. For design itself we have used GUI app builder in *NetBeans* IDE 8.2 and for source code we have override methods `OnClick` in `JButton` object and result set is shown in two panels at a same time. For main frame we used `JFrame` java class and its methods on object created with next source code and constructor class method:

```
JFrame mainWindow = new JFrame("Main Window");
```

GUI – Java swing is older and stable java framework for designing and developing good graphical applications based on classes and top level containers such is `JFrame` and its methods.

Figure 1 shows GUI builder in NetBeans 8.2 version for development of java GUI application. [13]

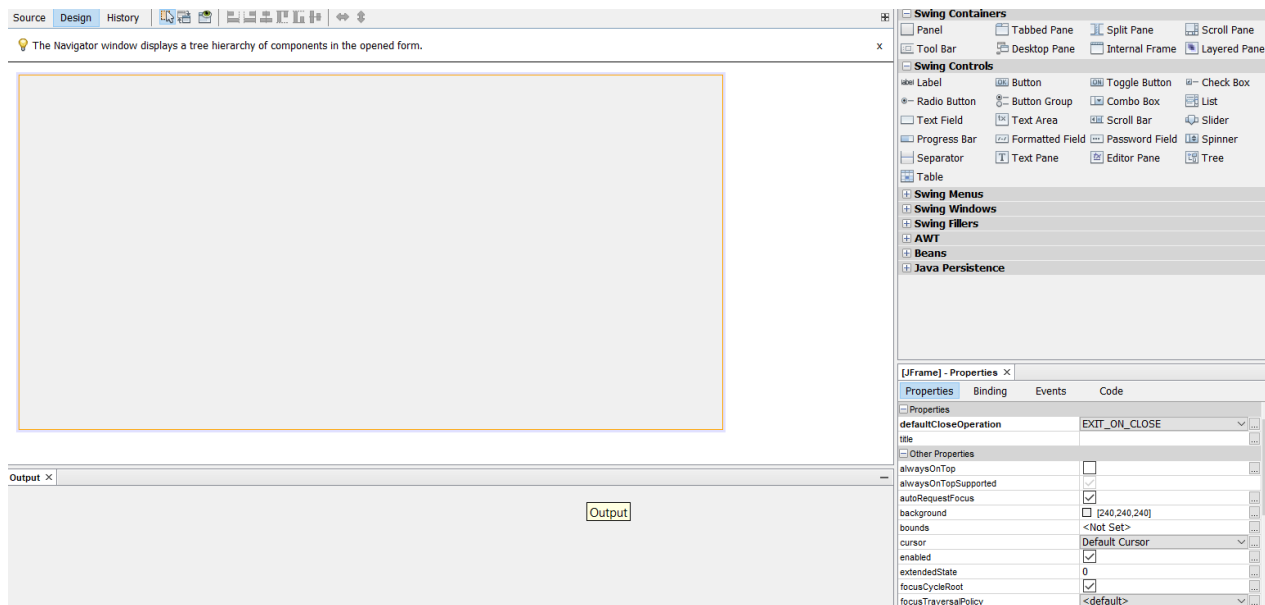


Figure 1 – GUI Builder NetBeans 8.2 IDE

5. POSSIBLE FURTHER DEVELOPMENT

Both of those biometric, iris and fingerprint have big potential in grown future. They are part on many known security systems and working today. At the moment we can say it will be a future of security systems and biometry development. Each and one of them have advantages and disadvantages and Java programming language can do any possible application made true. [7]

CONCLUSION

It is well known in research circles that main purpose beside identity guarantee and nonrepudiation each Biometrics is eager to provide minimization of **FAR**² and also to minimize **FRR**³ with purpose to become more accurate and secure. Our results with this device and GUI app are also on this mainstream. [7]

Main difference here is that fingerprint is formed at a moment of birth and iris after 4th year of life at kids.

² **FAR** – False Accept Rate

³ **FRR** – False Reject Rate

REFERENCES

- [1] Komlen Lalović, Ivan Tot, Aleksandra Arsić, Milan Škarić - Security Information System, Based on Fingerprint Biometrics, *Acta Polytechnica Hungarica*, Volume 16, Issue Number 5, 2019 DOI: 10.12700/APH.16.5.2019.5.6
- [2] Anil K. Jain-*Michigan State University, USA*, Patric Flynn-*University of Notre Dame, USA*, ARUN A. ROSS-*West Virginia University, USA* (2008): *Handbook of Biometrics* – Springer, USA
- [3] Komlen Lalović, Nemanja Maček, Milan Milosavljević, Mladen Veinović, Igor Franc, Jelena Lalović, Ivan Tot - Biometric Verification of Maternity and Identity Switch Prevention in Maternity Wards, *Acta Polytechnica Hungarica*, Volume 13, Issue Number 13, 2016 DOI: 10.12700/APH.13.5.2016.5.4
- [4] Nemanja Maček, Borislav Đorđević, Jelena Gavrilović, Komlen Lalović - An Approach to Robust Biometric Key Generation System Design, *Acta Polytechnica Hungarica*, Volume 12, Issue Number 8, 2015, DOI: 10.12700/APH.12.8.2015.8.3
- [5] Komlen Lalović, Milan Milosavljević, Ivan Tot, Nemanja Maček: Device for Biometric Verification of Maternity, *Serbian Journal of Electrical Engineering-Vol. 12, No. 3, October 2015*, DOI: 10.2298/SJEE1503293L
- [6] Komlen Lalović, Mitko Bogdanoski - Java GUI application for comparing the levels of biometric security - fingerprint vs. iris, *Military Technical Courier, Vojnotehnički glasnik, godina 2021, Vol. 69, Issue 3*, <https://doi.org/10.5937/vojtehg69-32007>.
- [7] Komlen Lalović, Ivan Tot, Svetlana Andjelić - How to Guarantee Baby Identity based on Fingerprint Biometry, *Bisec 2017 - International conference in Security ICT, October 18th-Belgrade, Serbia*
- [8] Komlen Lalović, Jasmina Nikolić, Ivan Tot, Žana Lalović - Software Algorithm of Device for biometric identification of Parenthood, *BISEC 2016 - International conference in Security ICT, October 15th-Belgrade, Serbia*
- [9] Keith Moore, T. V. N. Peraud, Mark Torchia: *Before We Are Born*, Elsevier UK, Saunders, ISBN: 9780323313377, 2014, 9th Edition.
- [10] NIST publishes compression guidance for fingerprint, *Journal Elsevier - Biometric Technology Today*, Volume 2014 Issue 4, April 2014, Pages 12
- [11] Komlen Lalović, Patent Overview: Device for Fingerprint Identity Guarantee - *Military Technical Courier*, 2018, Vol. 66, Issue 2, <http://dx.doi.org/10.5937/vojtehg66-15868>
- [12] Ivan Tot, Mladen Trikoš, Jovan Bajčetić, Komlen Lalović, Dušan Bogičević - Software Platform for Learning about Brain Wave Acquisition and Analysis, *Acta Polytechnica Hungarica*, Volume 18, Issue Number 3, 2021 DOI: 10.12700/APH.18.3.2021.3.8
- [13] Komlen Lalović, Book: *Osnove java programiranja*, Beograd 2020. Srbija, ISBN: 978-86-902148-0-8, Issuer: Golden mind llc - IT consulting
- [14] Komlen Lalović, Book: *Java programiranje 2 i uvod u baze podataka kroz MySQL*, 2021. Srbija, ISBN: ISBN 978-86-902148-1-5, Issuer: Golden mind llc - IT consulting
- [15] Komlen Lalović, book: *Biometrija otiska prsta od momenta rođenja*, Beograd 2018/2/10. Srbija, ISBN: 978-86-84531-31-7, Issuer: Golden mind llc - IT consulting

MODELIRANJE KRETANJA MATERIJALNE TAČKE POD DEJSTVOM SILE OTPORA

MODELING MATERIAL POINT'S MOTION UNDER THE ACTION OF AIR RESISTANCE

Milica Tufegdžić¹, Vladeta Jevremović¹, Zvonko Petrović¹, Veselin Bojović²

Academy of Professional Studies Šumadija, Trstenik¹

The First Technical School Kruševac, Kruševac²

Sadržaj – Mogućnosti za primenu Matlab-a pri određivanju zakona kretanja materijalne tačke za zadate početne uslove, pomoću simboličkih (dsolve) i numeričkih metoda (ODE 45 solver) prikazane su na reprezentativnim primerima pravolinijskog i krivolinijskog kretanja u otpornoj sredini. Za odabrane primere kreirani su modeli u grafičkom okruženju Simulink. Nakon procesa simulacije analizirani su uticaji pojedinih ulaznih veličina na izlazne veličine sistema, a posmatrane su i promene zakona kretanja i brzine tokom vremena.

Abstract - Possibilities for the application of Matlab in determining the law of material point's motion for given initial conditions, using symbolic (dsolve) and numerical methods (ODE 45 solver), are presented on representative examples of straight and curvilinear motion in realistic environment. Models for selected examples are created in the Simulink graphical environment. After the simulation process, the influence of individual input values on the output values of the system are analyzed. The changes of the motion and velocity over time are also observed..

1. INTRODUCTION

Determining the law of material point's motion when the forces are known, as the basic task of dynamics, requires complex mathematical calculations, especially in cases where motion is opposed by air resistance force proportional to velocity or to its square. Mathematical modeling is based on Newton's second law of motion, and the problems can be stated using ordinary differential equations (ODEs), formulated as initial value problems (IPVs), where ODEs are defined together with a specific value or values [1]. For simple problems, such as straight material point's motion under the action of the force that is irrespective of the change in time (eg. free fall in vacuum under the force of gravity), solutions are obtained by direct integration of differential equation of motion (1),

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = m\ddot{x} = \sum X_i \quad (1)$$

where m states for mass, $\frac{d^2x}{dt^2}$ and $\ddot{x}$ represents acceleration, while $\sum X_i$ states for forces acting on material point [2].

In real applications, when the material point is moving through air, there is air resistance force (R) that opposes the material's point motion. The magnitude of R depends on the point's size and shape, but also on the air density and point's velocity. R can be presented in the form of linear or quadratic model, depending on the value of point's velocity [2], [3]. Mathematical models in the forms of ODEs become nonlinear and cannot be solved analytically. They now require complex calculations, which are in most cases performed using appropriate software. There are several programming and numeric computing platforms for

finding solutions of ODEs, using symbolic and numeric approaches [4], of which Matlab is the most used in solving the engineering problems [5]. Matlab ODE suite has several ODE solvers for solving stiff and non-stiff differential equations, such as ode45, ode23, ode113, ode23t, ode23s, ode15s, and ode23tb, which implement different methods for solving ODEs. For example, ode23 and ode45 implements Runge-Kutta formula of order 2 and 3, and the Dormand-Prince method, while ode113 implements the Adams' formulas, etc. [5]. Matlab also enables solving ODEs in a symbolic manner, using dsolve function [6]. ODE solvers and dsolve function often require a bit of coding. As an alternative to coding there is a graphical environment Simulink, which is closely connected to Matlab, for solving ODEs [4], [6].

For the purpose of this study, examples of one-dimensional and two-dimensional motion under the action of air resistance force are observed. The cases include one-dimensional and two-dimensional projectile motion under the action of quadratic air resistance, as well as linear motion in horizontal direction and nonlinear simple pendulum motion encountering linear air resistance. Mathematical models of stated problems are formulated in the form of differential equations or systems of differential equations. Scripts in Matlab are written, and the results are visualized. Proper models in Simulink are created with the aim to simulate the design of different cases studies. The results of the simulations in the form of graphical representation of output values such as angles, trajectories and velocities are studied and their changes over time are analyzed.

2. MODELING MOTION UNDER THE ACTION OF LINEAR AIR RESISTANCE

At very low values of velocity, the air resistance force is approximately proportional to the velocity, represented by the expression (2):

$$R = G \cdot k \cdot v \quad (2),$$

where G (N) states for weight (gravitational force), k – constant value, and v (m/s) – velocity [2]. The cases of linear and curvilinear motion under the action of linear air resistance will be presented below.

Material point of weight G is moving in horizontal direction, under the action of air resistance R proportional to velocity, with a coefficient of proportionality k . Mathematical modeling of linear motion in horizontal direction under the action of variable force R is done using equations (1) and (2), replacing acceleration with $\frac{dv}{dt}$. After some arranging the equation (1) becomes:

$$\frac{dv}{dt} = -k \cdot g \cdot v \quad (3)$$

where the acceleration of gravity is marked as g . Taking into account the values of $k = 0.02$ and $g \approx 10 \text{ m/s}^2$, differential equation of linear motion becomes

$$\frac{dv}{dt} = -2 \cdot v \quad (4).$$

The second equation represents change of material points' distance traveled over the time:

$$\frac{dx}{dt} = v \quad (5).$$

Solving system of differential equations (4) and (5) is done in Matlab for initial conditions $x = 0$ and $v_0 = 10 \text{ m/s}$, using dsolve function. The solutions in the form of law of motion $xSol(t) = 5 - 5 \cdot \exp(-2 \cdot t)$ and low of velocity $vSol(t) = 10 \cdot \exp(-2 \cdot t)$ are plotted (Fig. 1) and the changes of their values are observed during the first 3 seconds of motion.

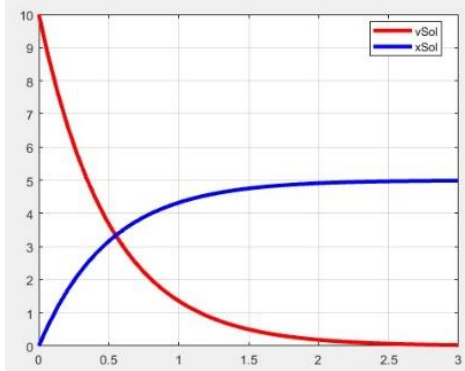


Figure 1. Changes of traveled distance and velocity against time

System of differential equations is modeled in Simulink and the solutions are plotted using Scope block. The model is presented in Fig. 2.

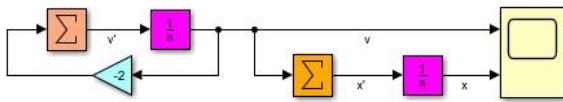


Figure 2. Model of linear motion in horizontal direction. The results presented in Fig. 1 and results from the Scope graph are compared. There was no significant difference between outputs, that is the both presented methods for solving problem of horizontal linear motion are good enough. From plot presented above it is possible to determine approximately the moment when the material point stops (about 2.6 s) and distance traveled (5 m).

Unilinear pendulum with weight G , attached to massless pendulum rod of length l under the action of force R , released from an angle φ_0 is presented in Fig. 3.

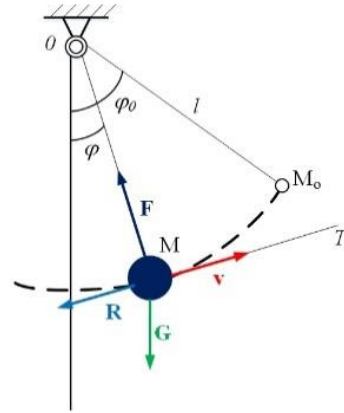


Figure 3. Unilinear pendulum (adapted from [2])

Based on Newton's Second Law of Motion, replacing G with the product of mass and the acceleration of gravity (g), and assuming that the force R is expressed by the equation (2), differential equation of unilinear pendulum motion becomes:

$$\ddot{\varphi} + kgl\dot{\varphi} + \frac{g}{l}\sin\varphi = 0. \quad (6)$$

The position of the pendulum is determined by the angle φ . The solution for this differential equation with a nonlinear term is found using Matlab ode45 solver which only accepts a set of first-order differential equations. To solve a second order ODE, it was necessary to rewrite equation (6) as a system of first-order ODEs and to write an appropriate function yp in Matlab, taking into account the values of $k = 0.01$, $l = 1 \text{ m}$, and $g = 9.81 \text{ m/s}^2$.

Equation (3) has been solved on the time interval $[0, 30]$ with initial values $[\pi/6, 0]$ and the solution for φ against t is plotted. Function for the k values of 0.025, 0.050, 0.075 and 0.100 are also written, and the solutions are plotted in the same graph (Fig. 4). In the cases when the air resistance has lower values, motion damping is small, but even such a low value gradually decreases angle φ , until it completely disappears. On the contrary, in the cases when the air resistance has higher values, the value of angle φ decreases rapidly.

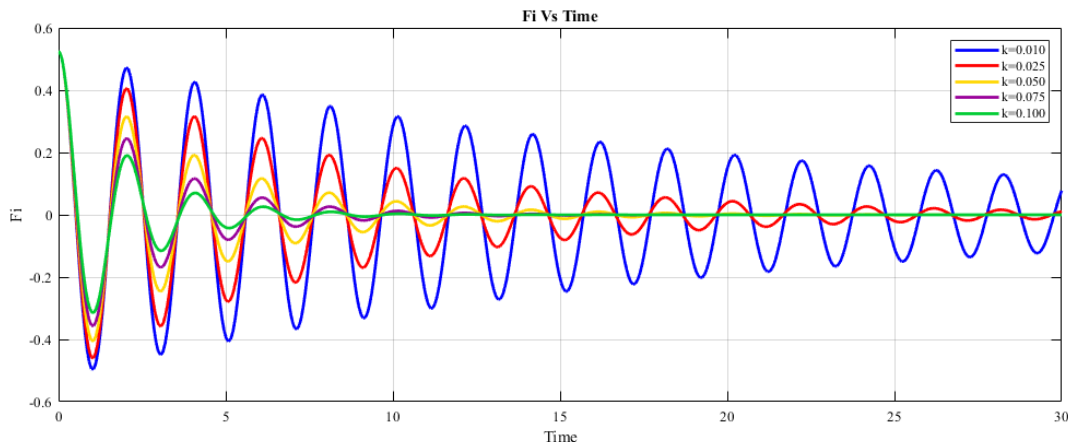


Figure 4. Changes of angle φ against time for different values of k on the time interval 0-30 s

Simulink is used for modeling the equation (6), and the model is presented in Fig. 5. Solutions are outputted to the Matlab workspace using simout blocks for angle and time in order to plot solution in Matlab. Making the plot smoother is done using the function simset in Matlab.

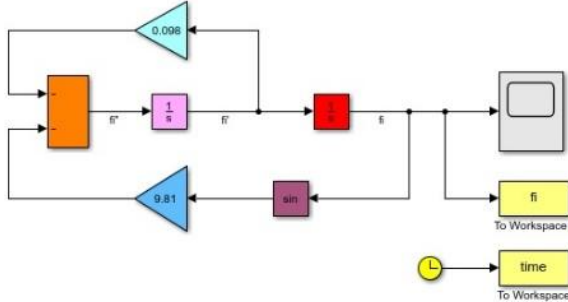


Figure 5. Unlinear pendulum model in Simulink
The solution is presented in Fig. 6, for $k = 0.01$.

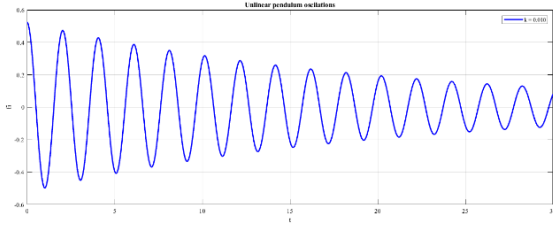


Figure 6. Changes of angle ϕ against time for $k = 0.010$

3. MODELING MOTION UNDER THE ACTION OF QUADRATIC AIR RESISTANCE

In the cases when the values of velocity are higher, but still significantly lower than the speed of sound propagation, (about 340 m/s in air), the air resistance depends on properties of the fluid and on size, shape, and square of velocity, as it is expressed in equation (4):

$$R = \frac{1}{2} \cdot c_R \cdot \rho \cdot A \cdot v^2, \quad (4)$$

where c_R represents drag coefficient (dimensionless number), ρ (kg/m³) is the density of the fluid, A (m²) is the cross sectional area, that is, the surface of the projection of the body on a plane perpendicular to the direction of body movement, and v (m/s) is velocity [2].

Using the expression

$$k^2 = \frac{c_R \cdot \rho \cdot A}{2 \cdot G}, \quad (5)$$

and replacing in (4), the expression for air resistance becomes:

$$R = G \cdot k^2 \cdot v^2, \quad (6)$$

where G represents weight of material point.

Linear and curvilinear projectile motion in the case when air resistance proportional to the square of velocity are separated and observed.

Material point of weight G is moving vertically upwards, under the action of air resistance R which is proportional to square of velocity, with a coefficient of proportionality k^2 . The direction of the initial velocity (v_0) is opposite to the direction of weight G . Using equations (1) and (6), and assuming that the Ox axis is directed vertically upwards, differential equation of vertical projectile motion under the

action of quadratic force R equation after some arrangements becomes [2]:

$$\frac{dv}{dt} = -g \cdot (1 + k^2 \cdot v^2) \quad (7).$$

Taking into account the values of $k^2 = 0.001$ and $g \approx 10$ m/s², the system of differential equations which has to be solved is

$$\frac{dv}{dt} = -10 - 0.01 \cdot v^2, \quad (8)$$

$$\frac{dx}{dt} = v. \quad (9)$$

Simple Matlab script is written for solving the system of differential equations (8) and (9), using dsolve function for initial conditions $x = 0$ and $v_0 = 20$ m/s. Solutions are in the form of complex expressions $vSol(t) = 10 \cdot 10^{1/2} \cdot \tan(10 \cdot 10^{1/2} \cdot (t/100 - (10^{1/2} \cdot \arctan(10^{1/2}/5))/100))$ and $xSol(t) = 50 \cdot \log(7/5) - 50 \cdot \log(\tan(\arctan(10^{1/2}/5) - (10^{1/2} \cdot t)/10)^2 + 1)$.

The results are visualized and the changes of traveled distance and velocity over time are presented in Fig. 7.

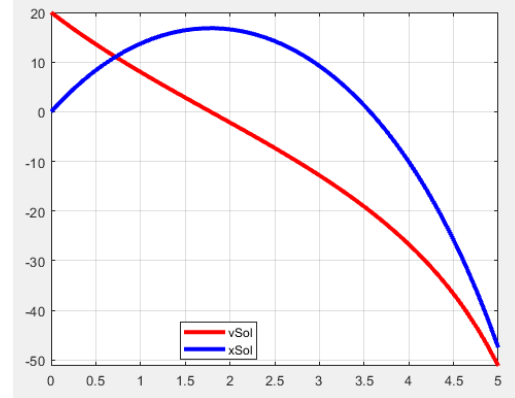


Figure 7. Changes of traveled distance and velocity against time for the first 5 s of motion

The value of the maximum height H that the material point will reach under initial conditions is read, as well as the time which is necessary for reach that height. It is important to note that the value of the velocity is equal to zero in that moment. After that, the material point begins to fall. The value of H is 18 m, for the time of 1.8 s. These values can be read from the diagram without even knowing the law of motion.

Model which allows simulation and graphical representation of law of motion and law of velocity is created in Simulink and presented in Fig. 8.

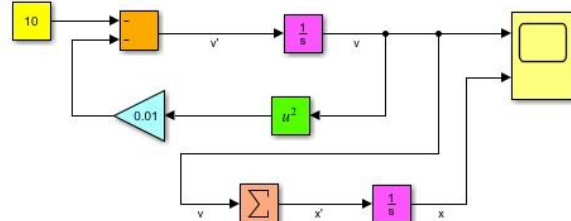


Figure 8. Linear projectile motion model in Simulink
The solutions are plotted using Scope block. Simple changes of initial values, as well as the values of k^2 , allow comparing and observing different solutions.

One more complex example is projectile motion thrown at an angle to the horizon, under quadratic air resistance described by equation (6), modeled with system of 4

differential equations which are commonly used in ballistics [7]:

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= v \cdot \cos\theta \\ \frac{dy}{dt} &= v \cdot \sin\theta \\ \frac{dv}{dt} &= -g \cdot \sin\theta - gkv^2 \\ \frac{d\theta}{dt} &= -\frac{g \cdot \cos\theta}{v}\end{aligned}\quad (10)$$

Cartesian coordinates of the projectile are denoted as x and y , v is the velocity of the projectile, and θ is the angle between the tangent to the trajectory of the projectile and the horizon, as it is presented in Fig. 9. Maximum height of a projectile is denoted with H , while L represents the range.

To solve the system (10), it was necessary to write an appropriate function `my_ode` in Matlab, taking into account the values of $k = 0.00325$, and $g = 9.81 \text{ m/s}^2$. Integrating equations of first order is done using `ode45` solver, for initial values of $x_0 = y_0 = 0$, $v_0 = 50 \text{ m/s}$ and

different initial values of launching angles θ_0 ($\pi/9$, $\pi/6$, $\pi/5$, $\pi/4$ and $\pi/3$) for time span $[0 \ 10]$.

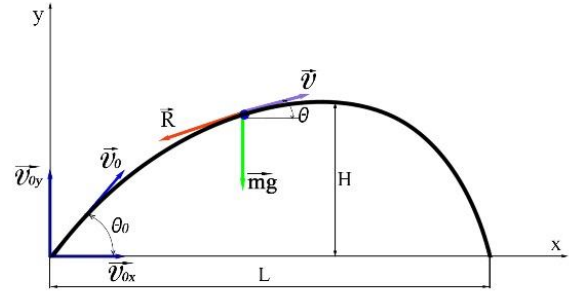


Figure 9. Basic parameters of projectile motion (modified from [7])

Proper trajectories, known as ballistic curves, are plotted (Fig. 10). It is possible to determine the values for H and L for different launching angles.

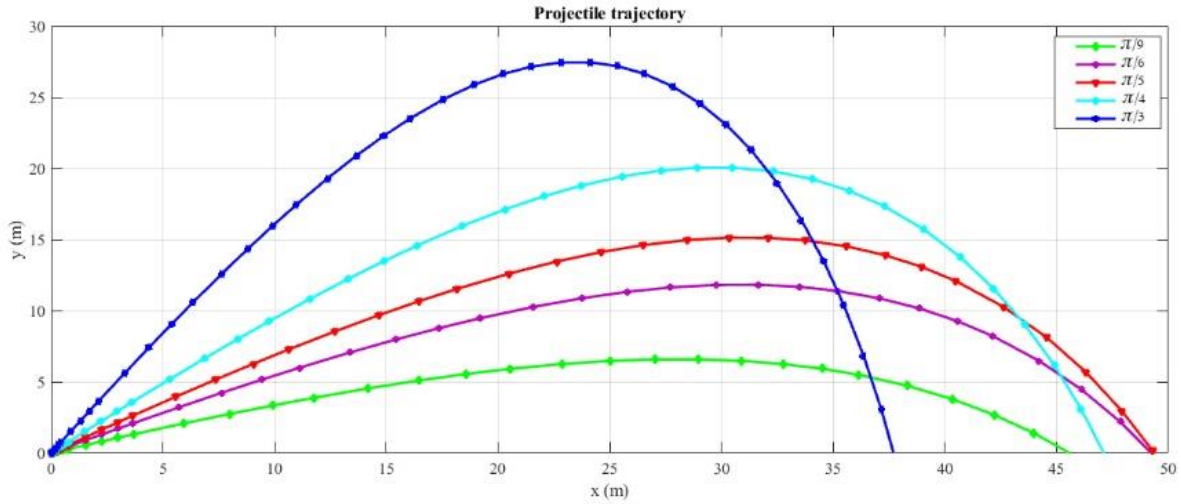


Figure 10. Ballistic curves for different values of launching angles

System (10) is modeled in Simulink, using the initial values $x_0 = y_0 = 0$, $v_0 = 50 \text{ m/s}$, $\theta_0 = \pi/4$ and the model is presented in Fig. 11. Model includes XY graph block with two inputs

x and y in order to automatically plot the ballistic curve as an asymmetric parabola when the simulation is running (Fig. 12).

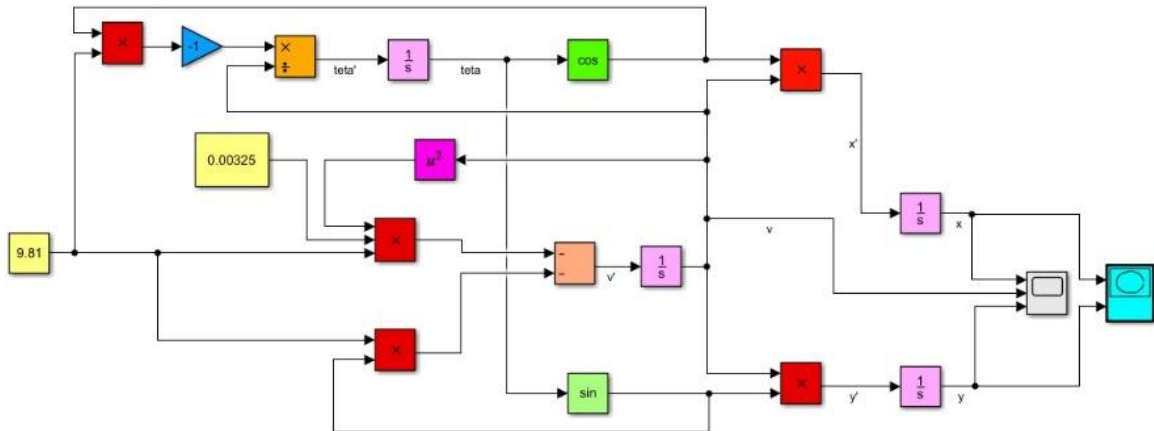


Figure 11. Projectile motion model in Simulink

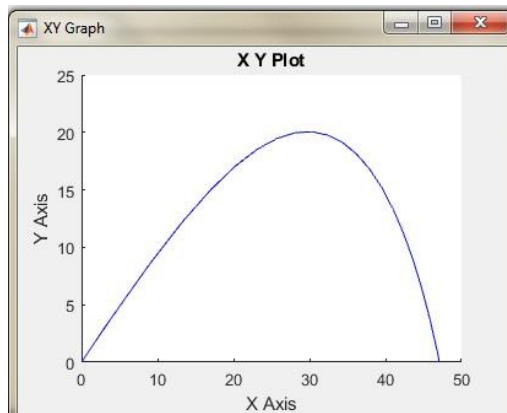


Figure 12. XY Graph output for launching angle of $\pi/4$. The outputs from Scope block for projectile motion model allows observing the values of x, y and v over the time.

4. CONCLUSION

Modeling and simulation of linear and curvilinear motion is presented using different methods in Matlab/Simulink to solve differential equation of the second order, as well as systems of 2 or 4 differential equations of the first order. In the cases of linear motion in horizontal and vertical direction under the action of linear and quadratic air resistance systems of 2 linear differential equations are solved using dsolve function in Matlab. More complex problems such as unlinear pendulum motion under the action of linear air resistance and projectile motion under the action of quadratic air resistance required using ode45 solver. Comparison of the results from both methods shows excellent matching in the results obtained using Matlab scr-

ipt and block diagram programming languages Simulink, allowing visualisation of results. These complex cases of linear and curvilinear motion under the action of different forces.

LITERATURA

- [1] Eshkabilov, S. MATLAB(R)/Simulink(R) Essentials: MATLAB(R)/Simulink(R) for Engineering Problem Solving and Numerical Analysis, Lulu Publishing Services, September 30th 2016.
- [2] Pivko, S. Mehanika III – Dinamika, Drugo izdanje, Naučna knjiga, Beograd, 1974.
- [3] Dynamics, Mathematical methods, models and modelling, The Open University, Walton Hall, Milton Keynes, 2014.
- [4] Herman, R. Solving differential equations using Simulink, July 1, 2019.
- [5] Emagbetere, E., Oluwole, O. and Salau, T.A.O., "Comparative Study of Matlab ODE Solvers for the Korakianitis and Shi Model", Bulletin of Mathematical Sciences and Applications, Vol. 19, pp 31-44, 2017.
- [6] Pietryga, F. "Solving Differential Equations Using Matlab/Simulink". 2005 Annual Conference, Portland, Oregon, 2005, 12. -15. June. ASEE Conferences, 2005. 10.18260/1-2-14300.
- [7] Chudinov, P., Eltyshev, V. and Barykin, Y. "Analytical Investigation of Projectile Motion in Midair", Journal of Advances in Physics, Vol. 13, No. 6, pp 4919 - 4926, June 2017.

Izazovi digitalne transformacija malih i srednjih preduzeća u uslovima „nove normalnosti“

Challenges of digital transformation of small and medium enterprises in the conditions of "new normality"

Željko Bolbotinović, Stefan Radojičić, Nebojša Dragović, Dragan Vukmirović

Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka

Sadržaj - Generalno, mala i srednja preduzeća (MSP) zaostaju u procesu digitalne transformacije u odnosu na velike kompanije. Makrotehnoške sile, u kombinaciji sa COVID-19 pandemijom, ostavljaju MSP van domašaja funkcionalne digitalizacije. U radu se razmatraju stanje i uslovi digitalizacije MSP koji uzimaju u obzir promene izazvane pandemijom i daje predlog mera koje mogu doprineti potencijalnom ublažavanju digitalnog jaza između velikih i malih kompanija.

Abstract - In general, small and medium-sized enterprises (SMEs) are lagging behind in the process of digital transformation compared to large companies. Macro-technological forces, combined with the COVID-19 pandemic, leave SMEs out of reach of functional digitization. The paper discusses the state and conditions of digitalization of SMEs that take into account the changes caused by the pandemic and proposes measures that can contribute to the potential alleviation of the digital divide between large and small companies.

1. UVOD

Svet je danas pred ozbiljnim izazovom. Ne samo ekonomija, kompletno društvo je uzdrmano. Bolnice, škole, vlade, preduzeća, polako postaju svesni da moraju da funkcionišu drugačije nego što je to bilo do samo pre par godina. Spremnost za drugačijim pristupom podrazumeva razbijanje stereotipa i zahteva korenite promene, novine koje proizvode više elastičnosti i doprinose robustnosti procesa i funkcionisanja, uopšte. Krajnji cilj je razvoj sposobnosti da se apsorbuju šokovi i izađe iz kriza pre nego što do njih (ponovo) dođe.

Novi poslovni modeli su postali imperativ. Uspeh jedne kompanije se meri brzinom adaptacije na promene, više nego ikad pre. Koliko brzo? Brže (i bolje) od konkurencije.

Osnovni cilj rada je predstavljanje jedne vizije kako mala i srednja preduzeća u Srbiji mogu da se pretvore u inovativne, efikasne i održive kompanije budućnosti primenom koncepta veštačke inteligencije i nauke o podacima - stvaranjem vrednosti kroz podatke

Polazne hipoteze

H₁: Svetska ekonomska kriza izazvana KOVID-19 pandemijom, koja je dovela do globalnog zatvaranja (*lock-down*), i rat u Ukrajini, koji je osim političke, izazvao energetska i sirovinsku krizu, predstavljaju samo vrh ledenog brega, koji se odvalio i izazvao tektonske promene e ekonomiji i društvu neslučenih razmera.

H₂: Digitalni modeli poslovanja postaju neminovnost

H₂₁: Velike kompanije lakše se snalaze u uslovima „nove normalnosti“, za razliku od MSP, koji se teže prilagođavaju krupnijim promenama u poslovanju.

H₂₂: Teret globalne krize se prebacio na MSP i građane

2. METODOLOGIJA

U radu smo izvršili analizu dostupnih (sekundarnih) izvora, prvenstveno analiza i studija koje se odnose na predmet istraživanja. U analizi primarnih izvora koristili smo istraživanje o upotrebi informaciono-komunikacionih tehnologija (IKT) u Republiki Srbiji 2021. godine (istraživanje). Istraživanje je sprovedeno standardizovanoj metodologiji EUROSTAT-a što omogućava uporedivost rezultatima sa zemaljama koje sprovode ovo istraživanje (EU i zemlje kandidati za članstvo). Istraživanje je sprovedeno od 15. marta do 31. marta 2021. godine, na reprezentativnom stratifikovanom uzorku od 1.573 preduzeća sa 10 i više zaposlenih, sa teritorije Republike Srbije, bez A.P Kosovo i Metohija. Osim veličine preduzeća, prema broju zaposlenih, izvršena je teritorijalna disagregacija u odnosu su na NSTJ-2 (Beograd, Vojvodina, Šumadija i Zapadna Srbija i Južna i istočna Srbija. Stopa odgovora bila je 82,6% [1].

3. INDUSTRIJA 4.0 I „NOVA NORMALNOST“

Brajan Solis, analitičar digitalne industrije, da je sledeću definiciju digitalne transformacije:

„Digitalna transformacija predstavlja preusmeravanje ili nova ulaganja u tehnologiju, biznis model i procese kako bi se dobila nova vrednost za klijente i zaposlene i još

efikasnije takmičilo u digitalnoj ekonomiji koja se neprestano menja“ [2].

Ova definicija je nastala pre KOVID-19 pandemije i teži da obuhvati korisnost od digitalne transformacije, imajući prvenstveno u vidu, promene u digitalnoj ekonomiji. Promene su se i desile ali ne samo u digitalnim delatnostima, nego u celokupnoj ekonomiji i društvu u ceini. „Nova normalnost“ („*new normal*“) se prvi put pominje u izveštajima konslutanske kuće Mekinzi, kao stanje u kome smo se globalno našli, usled posledica KOVID-19 pandemije. Kasnije je ovaj termin zamenjen sa „sledeća normalnost“ („*next normal*“), upravo da bi se podvukao značaj brzine nastajanja i zastarevanja promena u društveno-ekonomskom okruženju [3].

Sve veći broj kompanija vrši modernizaciju (reinženjering) postojećih poslovnih platformi, kako bi smanjili tehničko-tehnološki zaostatak koga su naprasno postali svesni. KOVID-19 je bio samo akcelerator ovih promena, kao posledica ne prvenstvo tekstonskih „poremećaja“, izazvanih zatvaranjem, radom, školovanjem, kupovinom i „zabavom“ od kuće, već „remetalačkih tehnologija, na prvom mestu [4] [5].

3. SITUACIONA ANALIZA

Čini se uzalud su se izučavala ciklična kretanja, opet je poslovni svet nespreman dočekao nove tehnologije. Ciklična kretanja u razvoju društva i ekonomije postali su predmet naučnih izučavanja i istraživanja pre jednog veka. Početkom 20. veka ekonomska nauka u Sjedinjenim Državama i Velikoj Britaniji razvijala se po statičkim i matematički orijentisanim modelima opšte ravnoteže. Većina klasičnih ekonomista iz tog vremena tehnološke inovacije je posmatrala kao „egzogeni faktor“ poput zemljotresa, koji imaju dubok uticaj na ekonomiju u celini ali nisu deo ekonomije kao nauke [6].



Slika 1. Egzogeni faktori razvoja ekonomije i društva

Sada je jasno da osim remetilačkih IKT i KOVID-19 pandemija utiče na društve i ekonomije (slika 1.) u Srbiji.

Tokom 2020. pod uticajem pandemije Kovid-19, nešto preko 9% preduzeća je započelo ili povećalo angažovanje za internet prodaju robe ili usluga (putem veb-sajta ili aplikacije, sajtova za preprodaju robe) u Srbiji. Od toga je najmanje malih (8,2%), zatim srednjih (12,7%) i najviše (20,0%) velikih preduzeća (tabela 1). Praktično sva trgovina se obavljala na teritoriji Srbije [1].

Nije iznenađenje da je najviše MSP iz delatnosti usluga smeštaja i ishrane i trgovine na veliko i malo učestvovalo u internet prodaji, obzirom na svetske trendove rada i učenja od kuće [7].

Tokom 2020. godine 30,1% preduzeća u Republici Srbiji je povećalo broj zaposlenih koji imaju daljinski (remote) pristup imejlu preduzeća, dok je 25,4% preduzeća povećalo broj zaposlenih koji imaju daljinski (remote) pristup IKT sistemu preduzeća (25,7% malih, 42,2% srednjih i 59,7% velikih preduzeća). Broj preduzeća koja su povećala obim on-lajn sastanaka, uz pomoć Skype-a, Zoom-a ili Teams-a, iznosio je 37,7% (31,1% malih, 56,8% srednjih i 78,0 % velikih preduzeća) [1].

Tabela 1. Internet prodaja u Srbiji (%) [1]

Preduzeća	Velicina			Region				Ukupno
	malu (10-49)	srednje (50-249)	veliko (250+)	Beogradski	Voivodine	Šumadije i Zapadne Srbije	Lujke i Istocne Srbije	
Prepravljanje industrija	6,4	11,1	21,1	11,2	7,5	7,6	7,5	8,4
Snabdevanje električnom energijom, gasom, parom i vodom; Upravljanje otpadnim vodama	-	-	-	-	-	-	-	-
Gradjevinarstvo	1,6	11,2	9,7	0,7	3,5	3,6	12,5	3,5
Trgovina na veliko i malo	13,0	24,4	52,6	8,8	23,5	19,8	16,2	15,5
Saobraćaj i skladištenje	2,7	6,9	25,5	0,7	0,3	4,3	20,5	4,1
Usluge smeštaja i ishrane	11,6	31,4	33,3	15,6	8,3	14,2	19,6	14,2
Informisanje i komunikacije	12,3	13,1	5,0	14,0	-	18,1	17,8	12,2
Poslovanje nekretnostima; Stručne, naučne i tehničke delatnosti	4,5	3,2	-	-	11,7	14,3	4,5	4,3
Administrativne i pomoćne usluge delatnosti; Popravke kompjutera	17,2	6,6	-	8,8	34,3	4,8	2,0	13,4
Ukupno	8,2	12,7	20,0	7,5	11,4	10,0	11,5	9,5

Razmišljanja o korišćenju remetalačkih tehnologija idu u pravcu očekivanja da će uvođenje digitalnih finansija, lanaca snabdevanja u realnom vremenu, upravljanje odnosima sa kupcima i sl. u većoj meri uticati na ključne poslovne procese, nego što je to bilo do sada.

U Srbiji, prema istraživanju o upotrebi IKT među preduzećima 13,7% malih i 35,2% srednjih u odnosu na 54.7% velikih preduzeća koristi ERP (tabela 2).

Slično je sa CRM softverom za Prikupljanja, čuvanja i objavljivanja informacija o kupcima na različitim poslovnim funkcijama, gde 11,6% malih i 15,2% srednjih i 18,0% velikih preduzeća koristi CRM sisteme [1].

Usluge klad servisa plaća 25,0% malih 40,6% srednjih i 50,7% velikih preduzeća u Srbiji [1].

Kada je reč o korišćenju tehnologija veštačke inteligencije, u preduzećima u Srbiji su one ispod nivoa statističke greške (tabela 3), tako da je i komparacija između velikih i MSP nerelavantna ali uveliko pokazuju njihov položaj na globalnom tržištu.

U svetu, 53 posto kompanija trenutno uvodi ERP sisteme nove generacije, inteligentni ERP, koji uključuje veštačku inteligenciju, mašinsko učenje, blokčejn tehnologije i Big data, sa fokusom na korisničko iskustvo, računarstvo u oblaku i internet inteligentnih uređaja. Pri tome je 33 posto kompanija već u tom procesu, dok je samo 4 posto implementiralo takvo rešenje [8].

Tabela 2. Korišćenje ERP-a u Srbiji (%) [1]

Предузећа	Величина		
	мало (10–49)	средње (50–249)	велико (250+)
Делатност			
Прерађивачка индустрија	11,0	37,6	50,8
Снабдевање електричном енергијом, гасом, паром и водом; Управљање отпадним водама	12,3	22,6	50,4
Грађевинарство	-	22,7	53,9
Трговина на велико и мало	26,0	46,9	64,5
Саобраћај и складиштење	10,3	32,7	74,5
Услуге смештаја и исхране	21,0	29,3	66,7
Информисање и комуникације	33,0	39,8	82,5
Пословање некретностима; Стручне, научне и техничке делатности	29,5	32,6	40,0
Административне и помоћне услужне делатности; Поправке компјутера	13,7	22,1	43,1
Укупно	17,6	35,2	54,7

Tabela 3. Korišćenje tehnologija veštačke inteligencije, u preduzećima u Srbiji 2021 [1].

AI tehnologije / preduzeća	Mala (10–49)	Srednja (10–49)	Velika (> 250)	Ukupno
Text mining	-	0.7	1.9	0.2
Speech recognition	0.0	0.6	2.6	0.2
Natural language generation	0.1	0.4	2.3	0.2
Image recognition, image processing	0.1	0.7	0.4	0.2
Machine learning (deep learning)	0.1	1.5	1.4	0.4
AI - based software	0.1	1.9	1.0	0.5
Autonomous robots, self-driving vehicles, autonomous drones	0.0	0.7	0.6	0.2

Još gore od neuvođenja novih tehnologije je da kompanije nespremne krenu u digitalizaciju (poslovnu transformaciju) imajući u vidu faktora uspeha i procenat neuspeha digitalizacije preduzeća [9].

4. DISKUSIJA

U velikim kompanijama u svetu se uveliko radi na novim arhitekturama koje će koristiti savremene IKT platforme koje će dovesti do povećanja agilnosti, višeg stepena automatizacije, sigurnosti i dodatne skalabilnosti poslovanja.

Takođe, krizu izazvanu COVID-109 pandemijom nisu ostetile, čak su i profitirale iz nove normalnosti, tehnološki giganti poput Amazona, Google-a, itd.

Ne ulazeći u genezu ovih tehnoloških giganata, za razliku od dosadašnje teorije i prakse koje ukazuju na veliku fleksibilnost MSP sektora, na osnovu rezultata istraživanja možemo zaključiti da se velike kompanije (koje nisu u državnom vlasništvu) lakše snalaze u novim uslovima „tektonskih“ poremećaja u društvu i ekonomiji. Najveći razlog leži u tome što velike (uspešne) kompanije raspolažu sa dovoljno akumuliranog ljudskog i finansijskog kapitala, koji im omogućava ulaganja u digitalne tehnologije. Neretko, velike kompanije u Srbiji su manje-više u monopolskom položaju na tržištu i/ili predstavljaju deo međunarodnog lanca ili kompanije što im omogućava korišćenje već usvojenih tehnologija na kompanijskom nivou.

MSP u Srbiji su manje inovativna, uglavnom su tehnološki sledbenici (osim ako nisu iz IKT sektora) i ozbiljno zaostaju u integraciji digitalnih alata potrebnih za povećanje produktivnosti i skalabilnog poslovanja, dok su im visoko tehnološke inovacije, praktično nedostupne. Takođe, MSP se nerado odlučuju za skupa IKT rešenja i ERP, koja su dostupna velikim kompanijama. Iz tog razloga su uglavnom izloženi ozbiljnim rizicima usled tehnološkog zaostajanja ili još gore, neuspešne digitalne transformacije.

4. ZAKLJUČAK I PREPORUKE

Da je globalna ekonomija (i društvo u celini) bila zdrava, korona virus ne bi tako ubitačno delovao na nju (kao na čoveka). Bolesni i naizgled zdravi su prvi platili cenu. Neke naizgled uspešne delatnosti pri tome su stradale više od drugih (turizam, ugostiteljstvo, saobraćaj, prvenstveno) ali one su posledice opšte slabosti sistema (organizma) i kao tercijarne (nezaslužno) prve su se našle na udaru.

Smatramo da je zakasnela digitalizacija ekonomije (Industrija 4.0) nije pratila modernizaciju društva (Society 5.0). Čak i u slučajevima kada je izvršena digitalizacija, nju nije pratila, odnosno prethodila istinska transformacija i kompletan reinženjering poslovnih procesa u skladu sa izazovima okruženja.

U MSP kompanijama u Srbiji su brzo postali svesni „nove normalnosti“ u kojoj okruženje diktirano razvojem Industrije 4.0 samo dodatno pojačava pritisak na MSP da se prilagode novim trendovima. MSP ne mogu premostiti digitalnu podelu bez odgovarajuće podrške, počev od zakonodavno-strateškog okvira od strane države, do prihvatljivih tehnoloških rešenja.

LITERATURA

- [1] RZS (2021). Upotreba informaciono-komunikacionih tehnologija (2021). Republički zavod za statistiku. ISSN 1820=9084. Beograd. Dostupno na <https://www.stat.gov.rs/sr-latn/vesti/20211022-godisnje-istrazivanje-o-ikt/?a=27&s=> (pristupljeno 21. aprila, 2022).
- [2] Marković, M. (2018). Da li je digitalna transformacija šansa za malu i srednju privredu u Srbiji? Startit Zajednica. Dostupno na <https://startit.rs/da-li-je-digitalna-transformacija-sansa-za-malu-i-srednju-privredu-u-srbiji/> (pristupljeno 21. aprila, 2022).
- [3] Mugayar-Baldocchi, M., Schaninger, B. and Sharma, K. (2021). The future of work: Seizing the opportunities of the new normal. McKinsey & Company. Dostupno na <https://www.mckinsey.com/business-functions/people-and-organizational-performance/our-insights/the-organization-blog/the-future-of-work-seizing-the-opportunities-of-the-new-normal>. (pristupljeno 22. aprila, 2022).
- [4] Tech Trends (2022). Deloitte's 13th annual Tech Trends report. Deloitte Development LLC. Dostupno na <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/tech-trends.html>. (pristupljeno 28. aprila, 2022).
- [5] Rupeika-Apoga, Ramona, Larisa Bule, and Kristine Petrovska (2022). Digital Transformation of Small and Medium Enterprises: Aspects of Public Support. Journal of Risk and Financial Management 15: 45. <https://doi.org/10.3390/jrfm15020045>
- [6] Michaelidesm P.G, J., Milios, A. Vouldis, S. Lapatsiora (2009). Emil Lederer and Joseph Schumpeteron Economic Growth, Technology and Business Cycles. For Soc Econ 39:17118 DOI 10.1007/s12143-009-9032-2
- [7] Raza, S.A. and Khan, K.A. (2021), "Corona fear and e-commerce adoption in an emerging economy: paradigm shift of consumer intention", Foresight, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/FS-02-2021-0034>
- [8] eGovernment Benchmark 2021 (2021). Capgemini, Sogeti, IDC and Politecnico di Milano for EC. Dostupno na <https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2021/10/eGovernment-Benchmark-2021-Insight-Report.pdf> (pristupljeno 21. aprila, 2022).
- [9] Digital transformation: 4 pillars for success
- [10] The key to digital transformation success is delivering a compelling customer experience. Let these four essential pillars guide your strategy
- [11] D'Onofrio, M (2022). Digital transformation: 4 pillars for success. The Enterprises Project. Dostupno na <https://enterpriseproject.com/article/2022/3/digital-transformation-4-pillars-success> (pristupljeno 21. aprila, 2022).

Digitalno pismena populacija kao osnova društvenog i ekonomskog razvoja - primer Republike Srbije

Digitally literate population as the basis of social and economic development - the example of the Republic of Serbia

Stefan Radojičić, Željko Bolbotinović, Nebojša Dragović, Nebojša Stanojević, Dragan Vukmirović

Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka

Sadržaj - Digitalno pismena populacija predstavlja osnovu razvoja društva u celini. U Indeksu digitalne ekonomije i društva (DESI) dimenzija ljudski kapital, koja se odnosi na digitalne veštine neophodne za aktivno učešće građana u digitalnom društvu se nalazi na drugom mestu, odmah posle širokopojasne internet infrastrukture. U radu se daje pregled stanja digitalne pismenosti građana u Republici Srbiji, vrši poređenje sa okruženjem i zemljama Evropske unije i predlaže niz mera za unapređenje.

Abstract -

1. UVOD

Digitalizacija predstavlja fundamentalnu transformaciju u pravcu društva 5.0 i industrije 5.0 [1]. Mnogi analitičari su još pre krize izazvane KOVID-19 pandemijom najavljivali rapidno skaliranje digitalnih inicijativa širom različitih industrija. Jedan od njih je Stiv Hol, partner i predsednik golbalne kompanije za istraživanje i savetovanje o tehnologijama, ISG koji navodi: "u mnogim domenima, kompanije su pripremile svoju organizaciju za promene ali nisu načinile ceo iskorak ka transformisanju svoje kulture kako bi u potpunosti usvojili promene" [2]. Globalna pandemija je samo ubrzala tokove digitalizacije, i dovela do spoznaje u glavama ljudi o njenoj nužnosti. Upravo su ljudi predmet istraživanja ovog rada koji ima za cilj da sagleda stanje i ukaže na akcije u pravcu daljeg digitalnog opismenjivanja populacije, bez kojih digitalna transformacija ne može biti sprovedena u potpunosti u skladu sa osnovnim principima održivog razvoja: „*Leave no one behind*“ [3].

Polazne hipoteze

U radu polazimo od pretpostavke da je za uspešnu digitalizaciju neophodno savladati tri osnovne barijere:

- 1) Zakonske i regulatorne barijere,
- 2) Finansijske barijere i
- 3) Digitalni jaz.

Digitalni jaz predstavlja složen fenomen koja ima društvene, političke, ekonomske, tehnološke i obrazovne

dimenzije. U početku digitalni podela je definisana kao jaz između ljudi koji imaju pristup digitalnim informaciono-komunikacionim tehnologijama (IKT) i onih koji ga nemaju [4].

U radu se digitalno pismena populacija posmatra u kontekstu smanjenja digitalne podele, odnosno jaza između pojedinaca, domaćinstava, preduzeća i geografskih oblasti na različitim socio-ekonomskim nivoima s obzirom na njihove mogućnosti da pristupe IKT i koriste Internet i društvene medije za širok spektar aktivnosti" [5].

2. METODOLOGIJA

U radu smo izvršili analizu obilne stručne i naučne literature koja se bavi izučavanjem problematike digitalne nejednakosti. U analizi studije slučaja, koristili smo istraživanje o upotrebi informaciono-komunikacionih tehnologija (IKT) u domaćinstvima u Republici Srbiji 2021. godine (istraživanje). Istraživanje je sprovedeno standardizovanoj metodologiji EUROSTAT-a što omogućava uporedivost rezultatima sa zemljama koje sprovode ovo istraživanja (EU i zemlje kandidati za članstvo).

Anketa za domaćinstva sprovedena je na dvofaznom uzorku, stratifikovanom po kriterijumu urbanosti. Uzorak je alokirao na područja centralne Srbije (bez Beograda), AP Vojvodine i Beograda, proporcionalno broju domaćinstava. Obim uzorka iznosio je 2.800 domaćinstava i 2.800 pojedinaca. Ispitivanje je sprovedeno telefonskim putem, a bilo je dozvoljeno i posredno anketiranje (davanje odgovora umesto odsutnog lica). Stopa odgovora iznosila je 89,8% (2.513 domaćinstva). [6].

Takođe, korišćeni su rezultati iz pregleda tržišta telekomunikacija i poštanskih usluga u Republici Srbiji u 2020. godini, publikovani od strane Regulatorna agencija za elektronske komunikacije i poštanske usluge (RATEL) [7], kao i istraživanje NALED-a u okviru projekta izrade lokalnog indeksa eUprave (LEI).

3. DIGITALNI JAZ

Generalno, faktori koji utiču na digitalni jaz su [8]:

Kulturološki faktor: Jednak pristup ljudima podrazumeva i jednak pristup IKT bez obzira na njihovo društveno, kulturno, političko, rasno ili bilo koje drugo poreklo. Ipak, iskustva sa korišćenjem savremenih tehnologija, pre svega u domaćinstvima, ukazuju da kulturno nasleđe i etička pripadnost može uticati na način na koji se koristi internet. U Republici Srbiji se važnost ovog faktora najbolje vidi na Romskoj populaciji koja živi u romskim naseljima, koji su isključeni po mnogim kategorijama, pa i u korišćenju interneta.

Faktor funkcionalne računarske pismenosti: Sposobnost dekodiranja informacija dostupnih na internetu je od najveće važnosti za pristup i korišćenje digitalnih tehnologija i servisa e-uprave. Sposobnost čitanja i pisanja na maternjem jeziku nije dovoljna za demistifikaciju mnoštva informacija dostupnih na internetu. Veštine digitalne pismenosti uključuju širok spektar procesa kao što su pretraživanje, filtriranje, provera autentičnosti i verodostojnosti i korišćenje relevantnih informacija od hiljada alternativa dostupnih na webu. Engleski, kao dominantan jezik, čini većinu sadržaja dostupnog na Internetu, što je prepreka za većinu korisnika interneta kojima to nije maternji jezik.

Prostorni faktor: Step en urbanizacije koji se odnosi na neujednačene društvene structure u urbanim, mešovitim i ruralnim sredinama je glavna determinanta skalabilnosti upotrebe interneta. Stope usvajanja interneta značajno koreliraju sa stepenom urbanizacije. Slabo naseljena ruralna i gusto naseljena urbana područja predstavljaju krajnosti.

Regulatorni okvir. Strategije i višedimenzionalne, participativne politike koje pokrivaju široki spektar društvenog života predstavljaju važan faktor za smanjenje digitalne podele.

Materijalni status domaćinstva i pojedinca (nekada iskazani kroz prihod ili životni standard) je u direktnoj koralaciji sa upotrebom interneta. Uz nivo obrazovanja, ova varijble su identifikovane kao najznačajniji objašnjavajući faktori pristupu i korišćenju IKT. Sa druge strane spektra digitalnog jaza su već pomenute marginalizovane grupe čije prisustvo na internetu je najniže u populaciji.

Marginalizovane (ranjive) grupe. U kategoriju ranjivih grupa, zavisno od ciljeva istraživanja (i konkretne države) se ubrajaju osobe sa posebnim potrebama, žene, deca i mlađi, starije osobe, osobe sa mentalnim hendikepom, beskućnici, narkomani, izbeglice, žrtve nasilja, pojedine etičke grupe, itd.

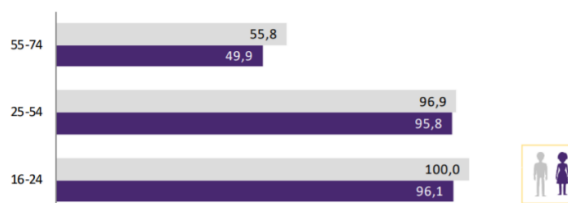
U poslednje vreme dosta pažnje je usmereno ka **razlikama u polu**, što je takođe važan faktor koji treba uzeti u obzir prilikom istraživanja digitalnih podela.

Iako je za koncept e-uprave baziran na smanjivanju troškova i povećanju efikasnosti javne uprave, on je pre svega usmeren na poboljšanje života običnih ljudi. To implicira da je održivost e-uprave značajno korelisan sa stepenom participacije građana i uloženi napor da se građani podstaknu na učešće u procesima upravljanja. Države, međunarodne organizacije i civilni sektor, moraju da ulože dodatni napor kroz različite interventne politike i programe u cilju premošćavanja neravnoteže u pristupu i kontroli IKT-a.

4. SITUACIONA ANALIZA

Za pregled literature iz predmetne oblasti korišćen je rad (*Literature Review*) *Digital Divide: Alarming Agenda of Marxism on the Digital Education Sector* [9].

Na osnovu rezultata istraživanja o upotrebi IKT u Srbiji, odredili smo 4 kategorije digitalne podele (nezavisni faktori: pol, starost, nivo obrazovanja i radni status), u odnosu na internet pristup (zavisna varijabla) (Slika 1.0) [6].



Slika 1. Udeo korisnika interneta u Republici Srbiji, 2021 prema polu i starosti [6]

Preko 91% domaćinstava koja u Srbiji imaju internet poseduje fiksnu širokopojasnu konekciju koja predstavlja jedan od osnovnih pokazatelja razvijenosti upotrebe IKT-a u Evropskoj uniji od 2005. U Srbiji 81,4% domaćinstava ima širokopojasnu internet konekciju, najviše je u Beogradu (92,9%), u Vojvodini je 77,8%, u Šumadiji i Zapadnoj Srbiji 79,2% i u Južnoj i Istočnoj Srbiji najmanje (75,7%) što ukazuje na značajan teritorijalni (prostorni) jaz.

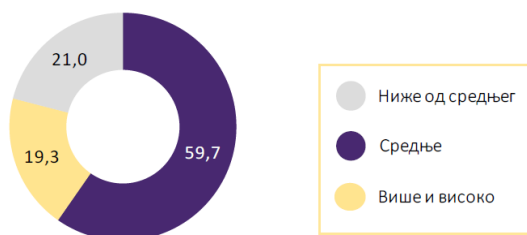
Još značajniji jaz postoji u zastupljenosti fiksne širokopojasne konekciju u gradskim i ostalim naseljima u 85,6% naspram 74,5%. U Srbiji ne postoji definicija sela, ali je realno očekivati da je u seoskim sredinama ova razlika još izraženija

Polna diskrepanca je najviše zastupljena kod najmlađe i najstarije populacije u Srbiji. Najstariji (od 55 do 74 godine) su i najmanje prisutni na internetu.

Udeo korisnika interneta (u poslednja tri meseca), prema nivou obrazovanja:

- 91,1% lica s višim i visokim obrazovanjem;
- 91,2% lica sa srednjim obrazovanjem;
- 57,4% lica sa obrazovanjem nižim od srednjeg obrazovanja

Profil korisnika interneta u Srbiji prema strukturi obrazovanja prikazana je na slici 2.



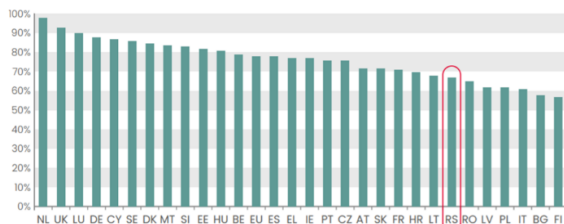
Slika 2. Profil korisnika interneta u Srbiji, 2021. godine prema strukturi obrazovanja (%) [6]

Ovi rezultati ukazuje na veliki jaz između niže obrazovanih i ostatka populacije u Srbiji.

Udeo korisnika interneta prema radnom statusu:

- 99,9% studenata;
- 97,2% zaposlenih lica;
- 90,1% nezaposlenih lica;
- 57,8% ostalih (pensioneri, pre svih).

Digitalni jaz se može meriti i na globalnom nivou (između zemalja). Poređenje broja pretplatnika fiksnog i mobilnog širokopojsnog pristupa internetu na 100 domaćinstava Srbije sa zemljama članicama Evropske unije (EU) prikazano je na slikama 3. i 4 (Izvor za države EU: Evropska komisija – Komitet za komunikacije (Communications Committee – COCOM, za Republiku Srbiju Ratel na dan 03.08.2020. godine [7]).

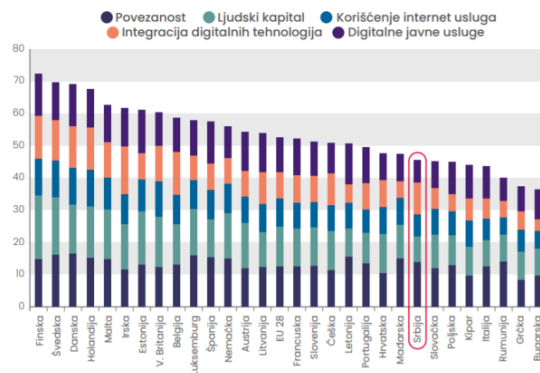


Slika 3. Broj pretplatnika fiksnog širokopojsnog pristupa internetu na 100 domaćinstava EU i Srbije na dan 03.08.2020. godine [7]

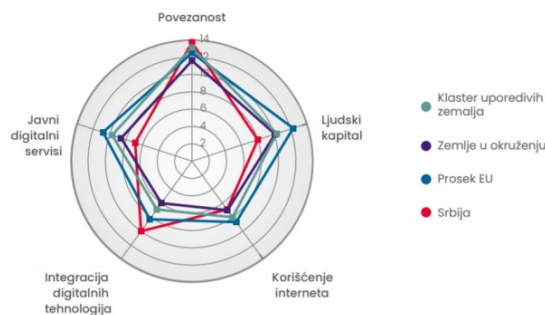
Za kvantifikaciju digitalne podele ekonomije i društva, na nivou EU koristi se Indeks digitalne ekonomije i društva (*International Digital Economy and Society Index (I-DESI)*), koji sumira relevantne indikatore digitalnih performansi i prati razvoj 45 zemalja (EU-27 zemalja članica i 18 drugih zemalja, uključujući i Republiku Srbiju) u cilju ocene i praćenja digitalne konkurentnosti [10].

Indeks pruža uvid u opšte performanse zemlje i omogućava jednostavno identifikovanje oblasti u kojima bi performanse mogle biti poboljšane. Indeks digitalne ekonomije (I-DESI 2020) obuhvata 5 dimenzija i 24 indikatora. Dimenzije su Povezanost, Ljudski kapital, Korišćenje internet usluga, Integracija digitalnih tehnologija i Digitalne javne usluge sa akcentom na e-upravu [10].

Vrednosti I-DESI za sve zemlje Evropske unije, kao i za Srbiju, po dimenzijama, prikazan je na slici 4. a prosečne vrednosti kategorija DESI na slici 5.



Slika 4. Vrednosti I-DESI za zemlje Evropske unije za 2019. godinu [7]



Slika 5. Prosečne vrednosti DESI dimenzija za 2019. godinu [7]

Svaka od pet DESI dimenzija obuhvata više podkategorija sa svojim indikatorima čije su vrednosti obračunske komponente DESI. Indeks predstavlja zbir ponderisanih vrednosti svih pet kategorija. Podkategorije takođe imaju određene pondere, dok pojedinačni indikatori u okviru podkategorija imaju jednaku važnost, odnosno imaju jednake pondere. Ponderi se menjaju svake godinu i posebno se prikazuju u izveštaju [10].

5. ZAKLJUČAK I PREPORUKE

Na osnovu predstavljenih rezultata istraživanja može se zaključiti da postoji statistički značajan digitalni jaz u više dimenzija (faktora) koji predstavljaju remetalčki faktor u digitalnoj transformaciji ekonomije i društva u Srbiji.

Populacija jedne polovine zemlje se ne može digitalno opismeniti u kratkom vremenskom roku. Za to je potrebna podrška šire društvene zajednice, države, pre svega. Istraživanje koje je sprovedeno među građanima, privredom i lokalnim samoupravama ukazalo je na neujednačen razvoj digitalizacije u Srbiji. Iako većina ispitanika smatra da država dovoljno ulaže u elektronske usluge, primetno je da se stanovnici ruralnih sredina manje koriste usluge e-uprave. Istraživači kao osnovni problem vide u nedovoljna informatička pismenost građana i javnih službenika, pogotovo među starijom populacijom. Zabrinjavajuće i upozoravajuće deluje podataka da otovo 40% građana nije i nema nameru da koristi usluge na portalu eUprava (subjektivna isključenost) [11].

W1x1de32 cbfw

- Predlažemo višestruku javnu politiku koja će pomoći da što više domaćinstava dobije širokopojasnu vezu, sa akcentom na eliminisanje evidentiranog digitalnog jaza. Budući razvoj treba da ide u pravcu pametnih gradova koji će omogućiti širokopojasni pristup internetu građanima i razvoj servisa lokalne uprave u skladu sa lokalnim specifičnostima i prioritetima
- Za uključivanje građana koji iz subjektivnih razloga nemaju pristup internetu, neophodno je spremati edukativne i promotivne programe, kao što je akcija „Karavan Digitalna ekspedicija“.
- Praćenje i evaluacija državnih politika treba da bude kontinuirano i bazirano na indikatorima prikazanim u radu.

Deloitova analiza iz 2017. pokazala je da 67 procenata svih američkih federalnih propisa nikada nije uređivano od kada su prvobitno kreirani [12].

LITERATURA

- [1] Maddikunta et al (2022). Industry 5.0: A survey on enabling technologies and potential applications, Journal of Industrial Information Integration, Volume 26, ISSN 2452-414X, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100257>.
- [2] Prodanović, N. (2020). Trendovi ključni za digitalnu transformaciju u 2020. WISO. <https://wiso.rs/2020/02/13/trendovi-kljucni-za-digitalnu-transformaciju-u-2020/>
- [3] UN (n.d). Leave No One Behind. UN Sustainable Development Group. <https://unsdg.un.org/2030-agenda/universal-values/leave-no-one-behind>
- [4] Kovačić, Z., D. Vukmirović (2008), ICT adoption and the digital divide in Serbia: Factors and policy implications, Proceedings of the Informing Science & IT Education Conference (InSITE) 2008. <https://www.researchgate.net/publication/320663>

- 717 ICT Adoption and the Digital Divide in Serbia Factors and Policy Implications
- [5] OECD (2001). Understanding the Digital Divide (pp. 32). Paris: OECD Publications
- [6] RZS (2021). Upotreba informaciono-komunikacionih tehnologija (2021). Republički zavod za statistiku. ISSN 1820=9084. Beograd. Dostupno na <https://www.stat.gov.rs/sr-latn/vesti/20211022-godisnje-istrazivanje-o-ikt/?a=27&s=> (pristupljeno 21. aprila, 2022).
- [7] Ratel (2020). Pregled tržišta telekomunikacija i poštanskih usluga u Republici Srbiji u 2019. godini. Regulatorna agencija za elektronske komunikacije i poštanske usluge – RATEL. Beograd. Pristupljeno 27.10.2021. https://www.ratel.rs/uploads/documents/empire_plugin/Pregled%20trzista%202019%20web_final.pdf
- [8] Dhungana, T. (2021). Digital Divide: An Overarching Issue. DOI: 10.13140/RG.2.2.17241.03684 . licenseCC BY-SA 4.0
- [9] Jerrin, N. B., & G, B. (2021). (Literature Review) Digital Divide: Alarming Agenda of Marxism on the Digital Education Sector. International Journal of Asian Education, 2(3), 327–332. <https://doi.org/10.46966/ijae.v2i3.191>
- [10] DESI (2021). The Digital Economy and Society Index (DESI). European Commission. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi>
- [11] NALED (2021). Privreda tri puta više koristi e-upravu od građana. NALED. <https://naled.rs/vest-privreda-tri-puta-vise-koristi-e-upravu-od-gradjana-5585>
- [12] Signé, L. Almond S. (2021). A blueprint for technology governance in the post-pandemic world. Brookings. <https://www.brookings.edu/research/a-blueprint-for-technology-governance-in-the-post-pandemic-world/>

Industrija 4.0 i IoT rešenje za male solarne elektrane

Dejan Vidojević¹, Vojkan Nikolić¹

¹ Kriminalističko-policijski univerzitet, Cara Dušana 196, 11080 Zemun, Srbija

Apstrakt: Razvoj tehnologija koje su zastupljene u Internet of Things (IoT) uređajima obezbedio je širok spektar potencijalnih mogućnosti primene u raznim oblastima, dok su tehnološke inovacije koje je donela Industrija 4.0 obezbedile nadogradnju postojećih sistema, pre svega proizvodne procese, a potom i povezivanje kompletnog poslovanja. Male solarne elektrane (MSE) predstavljaju sisteme koji pretvaraju sunčevu energiju u električnu, korišćenjem fotonaponskih uređaja. U ovakvim sistemima se implementiraju tehnološka rešenja Industrije 4.0, gde je jedno od najznačajnijih IoT. U radu je predstavljeno rešenje za Male solarne elektrane, povezano sa IoT platformom pomoću koje se vrši nadgledanje i upravljanje.

Cljučne reči: IoT, Industrija 4.0, Male solarne elektrane, SSE Key4S

I. UVOD

Promena zakonske regulative u oblasti elektroenergetike, liberalizacija tržišta električne energije, ekološki zahtevi, program energetske efikasnosti i racionalnog korišćenja energije, kao i zahtevi za samoodrživost nacionalnih energetskih sistema pogodovali su pojavi distribuirane proizvodnje. Pod distribuiranom proizvodnjom podrazumevaju se grupe modularnih uređaja za proizvodnju električne energije u blizini potrošača. [1]

Digitalna transformacija predstavlja proces koji započinje sa preliminarnim razmatranjima o mogućnostima primene digitalnih tehnologija u automatizovanju poslovanja (poslovnih procesa), a završava se sa potpunom automatizacijom i integracijom. Integrisane digitalne tehnologije treba da omoguće najviši stepen automatizacije poslovanja bazirane na savremenim pristupima i paradigmatima Industrije 4.0 i Internet of Things (IoT). [2]

Koncept IoT u najširem smislu predstavlja mogućnosti povezivanja bilo kog uređaja, koji se može nalaziti na bilo kom mestu, sve vreme. IoT predstavlja mrežu uređaja iz realnog sveta, povezanih preko interneta, nad kojima je obezbeđen monitoring i upravljanje pomoću Cloud-a. U ove uređaje najčešće spadaju uređaji bazirani na nanotehnologiji, potrošačka elektronika, kućni aparati, senzori svih vrsta, ugrađeni sistemi i lični mobilni uređaji. Osnovne karakteristike IoT uređaja

su fizički uređaji koji u sebi sadrže elektronska kola, softver, senzore i mogućnost povezivanja sa drugim uređajima radi razmene podataka. [3,4]

IoT objedinjuje više tehnologija, a jedne od najznačajnijih su internet tehnologije i ipv6 protokol, kao i različiti oblici bežičnih komunikacija. Pored ovih tehnologija, podjednako su važne i analitika podataka u realnom vremenu, BIG data i Mašinsko učenje, koje se realizuju u Cloud-u. Sve ove tehnologije obezbeđuju Machine to Machine (M2M) komunikaciju.

U industriji je danas prisutan koncept potpune digitalizacije poslova. Ovaj pristup je definisan u okviru paradigme Industry 4.0. Digitalne tehnologije: IoT, robotika, računarstvo u oblacima, sajber – fizički sistemi i skalabilna analitika (engl. big data) su ključni u primeni koncepta Industrija 4.0. Industrija 4.0 podrazumeva potpunu digitalizaciju svih procesa proizvodnje i primenu pomenutih digitalnih tehnologija prilikom kreiranja ideje o nekom proizvodu, inženjeringu proizvoda, organizaciji proizvodnje, realizaciji proizvodnje, kontroli procesa i pružanju industrijskih usluga.”. [2]

Male solarne elektrane (MSE) predstavljaju sisteme za direktno dobijanje električne energije na osnovu sunčeve energije pomoću fotoelektričnog efekta. Savremene MSE se projektuju i grade u skladu sa savremenim tehničko-tehnološkim trendovima, a na bazi IoT i Industri 4.0 koncepata.

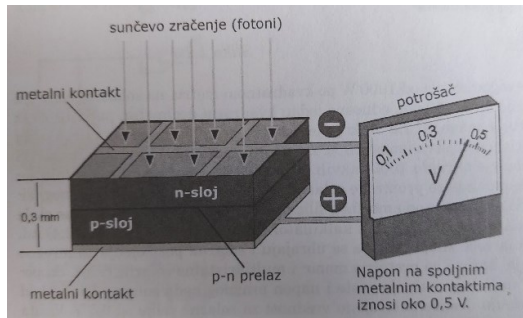
Velika potreba za električnom energijom i još veća potreba za očuvanjem čiste životne sredine dovele su do povećanja potreba za izgradnjom MSE, kao jednog od oblika obnovljivih izvora proizvodnje električne energije. U Republici Srbiji se tek počelo sa izgradnjom MSE, dok postoji veliki potencijal s obzirom na broj sunčanih dana.

U radu je predstavljeno jedno rešenje MSE pod nazivom “EM 1” izgrađeno na krovu zdrade etnografskog muzeja u Beogradu, koje je realizovala firma Key4S doo iz Beograda [5]. Pored toga, ova firma je razvila softversko rešenje SSE Key4S za monitoring i upravljanje solarnim elektranama. U ovom softveru se sakupljaju očitani podaci sa invertora svih MSE koje je firma Key4S projektovala i izgradila.

II. MALE SOLARNE ELEKTRANE

MSE u Republici Srbiji imaju veliku perspektivu zbog broja sunčanih dana, a samim tim i koeficijenta iskorišćenja solarne energije.

Ovde razmatramo fotonaponske MSE koje realizuju pretvaranje sunčeve energije u električnu energiju pomoću fotonaponskih solarnih panela. Osnovna jedinica za ovo pretvaranje energije je solarna ćelija, predstavljena na Slici 1.

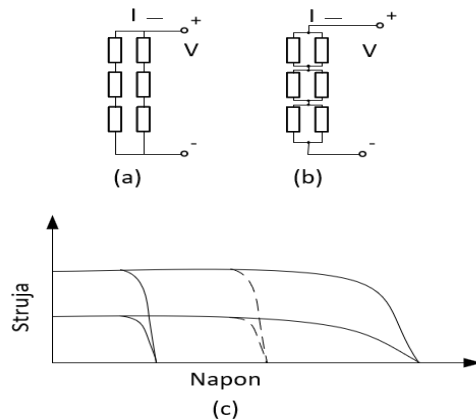


Slika 1. Struktura jedne fotonaponske ćelije [6]

Fotonaponske ćelije se realizuju kao:

- konvencionalne “tanke” ćelije, gde je debljina pluprovodnika od 200 do 500 μm ,
- fotonaponske ćelije od tankih filmova pluprovodnika debljine od 1 do 10 μm .

Tehnologija tankih filmova se pojavila kasnije i još uvek ima lošije performance od konvencionalne tehnologije.

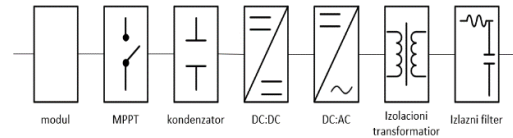


Slika 2. Način sprezanja modula i strujno-naponska karakteristika panela [1]

Solarni moduli se u osnovi sastoje od više povezanih ćelija i mogu se međusobno povezivati na dva načina kako bi formirali panel. Prvi način povezivanja je da se moduli povežu serijski u cilju dobijanja željenog izlaznog napona, a nakon toga se ovako kreirani nizovi povezuju paralelno u cilju dobijanja željene izlazne struje. Drugi način je da se

moduli povežu paralelno da bi se dobila potrebna struja, a nakon toga se povezuju serijski da bi se postigao željeni napon. Oba načina su prikazana na Slici 2. [1]

Paneli, na izlazu daju jednosmernu struju, a u koliko je potrebno povezivanje sa elektrodistributivnom mrežom, potrebno je koristiti inverter. Inverter ima zadatak da jednosmernu struju pretvori u naizmeničnu struju od 50 Hz. Funkcionalna šema invertora je data na slici 3.



Slika 3. Šema funkcionalnog invertora [1]

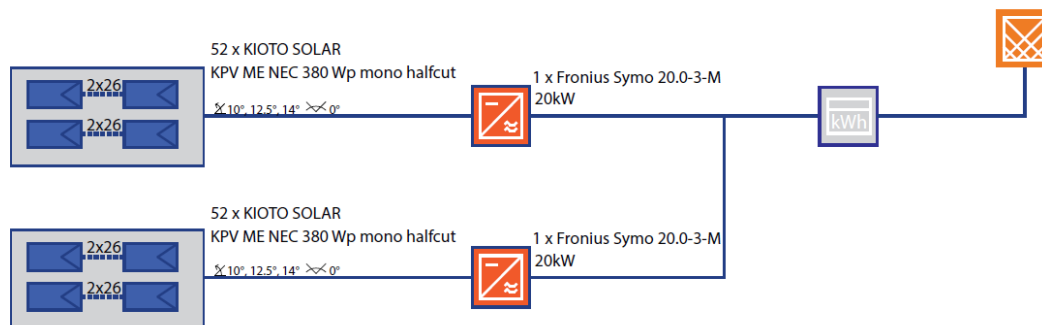
Za svaku vrstu panela i invertora postoje definisane tehničke karakteristike od strane proizvođača. Prilikom povezivanja panela na inverter treba voditi računa o mogućnostima konkretnog invertora, tj o njegovim performansama.

III. Tehničko rešenje za “EM 1”

Osnovne karakteristike MSE “EM 1” za proizvodnju električne energije su:

Instalirana snaga (AC strana): 40 kW,
 Instalirana snaga (DC strana) : 39,52 kWp,
 Ukupna energija proizvedena sa PV (AC): 50.140,20kWh,
 Ukupno pušteno u elektro distributivnu mrežu: 50.140,20kWh,
 Broj fotonaponskih panela: 104,
 Tip fotonaponskih panela: KPV ME NEC 380 Wp mono halfcut,
 Broj invertora: 2,
 Tip invertora: Fronius Symo 20.0-3-M.

Na Slici 4. je predstavljena blok šema MSE “EM 1”.



Slika 4. Blok dijagram MSE "EM I"

Fotonaponski paneli: KPV ME NEC 380 Wp mono halfcut

Svaki solarni panel se sastoji od 120 fotonaponskih ćelija, postavljenih u kućištu od eloksiranog aluminijuma, koji su povezani u kombinaciji serijski i paralelno kako bi se dobio prikladan napon, odnosno snaga. Ove ćelije su testirane u smislu kvaliteta u svim koracima proizvodnje i sa garancijom od min 10 godina. Njihove osnovne karakteristike su: dugačak period eksploatacije, veliki stepen efikasnosti, kao i velika otpornost na mehanička i atmosferska dejstva. Najvažniji faktor koji utiče na proizvodnju električne energije svakog modula je njegova snaga. Snaga svakog panela se povećava sa smanjenjem temperature i obratno, smanjuje se sa povećanjem temperature.

Izabrani paneli pri radijaciji od 1000 W/m² imaju spektralnu raspodelu AM 1.5 na temperature 25°C (u saglasnosti sa EN 60904 - 3). Pretvaranje jednosmerne električne energije iz panela u naizmeničnu električnu energiju ostvareno je rednom vezom panela (formiranje tzv. stringova) pomoću DC kablova preseka 4mm² (crveni kabl se vodi za „+“ polaritet, a crni kabl za „-“ polaritet).

SPECIFIKACIJA MODULA

P_{mpp} [Wp]: 380
 U_{mpp} [V]: 34,32
 I_{mpp} [A]: 11,08
 U_{oc} [V]: 41,40
 I_{sc} [A]: 11,60
 Stopa efikasnosti: 20,86%
 Površina po kWp: 4,79m²

ELEKTRIČNI PODACI

120 kristalnih ćelija: 166 mm x 83 mm
 Sistem za povezivanje: Original Stäubli MC4 EVO2 connectors
 Maks. sistemski napon: 1500V DC
 Tolerancija moći: (+ 5W / - 0 W) Merenje: STC (standardni uslovi ispitivanja)
 Temperaturni koeficijenti: P_{mpp} -0,350 %/K U_{oc} - 0,270%/K I_{sc} +0,048%/K

Maks. obrnuta struja: 15 A

Radna temperatura: +85 °C up to -40 °C

Dužina kabla: 2 x 1.150 mm

Zaobilazne diode: 3 kom.

Garancija efikasnosti: min. 97% u prvoj godini, a zatim smanjenje od 0,7% p.g. - do 25 godina

TEHNIČKI PODACI

Dimenzija modula: 1755 mm x 1038 mm x 40 (+/- 3 mm)

Težina: 20 kg

Specifikacija stakla: 3,2 mm ESG - solarno staklo sa antirefleksnim premazom (solarni prolaz AM1,5 min. 94%)

Sertifikat: IEC 61215, Ed. 2 uklj. mehaničko ispitivanje opterećenja do 5400 Pa, IEC 61730 od TÜV Süd

Prošireni sertifikat: Visoka solna magla i amonijum otpornost, sertifikovano u TÜV Nord.

Invertori: Fronius Symo 20.0-3-M

ULAZ:

Maks. ulazna struja (I_{dc} max 1 / I_{dc} max 2): 33 A / 27 A

Maks. kratki spoj, niz modula (MPP1/MPP2): 49,5 A / 40,5 A

Min ulazni napon (U_{dc} min): 200 V

Napon pokretanja napajanja (U_{dc} start): 200 V

Nominalni ulazni napon (U_{dc,r}): 600 V

Maks ulazni napon (U_{dc} max): 1.000 V

MPP opseg naponae (U_{mpp} min – U_{mpp} max): 420 - 800 V

Broj MPP trackera: 2

Broj DC priključaka: 3 + 3

IZLAZ

AC nominalni izlaz (P_{ac,r}): 20.000 W

Maks. Izlazna snaga: 20.000 VA

AC izlazna struja (I_{ac} nom): 28,9 A

Mrežna veza (raspon napona): 3~NPE 400 V / 230 V or 3~NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)

Frekvencija (frekvencijski opseg): 50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)

Ukupna harmonična distorzija: 1,3 %

Faktor snage (cos φ_{ac,r}): 0 - 1 ind. / cap.

GENERALNI PODACI

Dimenzije (visina x širina x dubina): 725 x 510 x 225 mm

Težina: 43,4 kg

Stepen zaštite: IP 65

Klasa zaštite: 1

Prenaponska kategorija (DC / AC): 2 / 3

Noćna potrošnja: < 1 W

Dizajn invertera: Bez transformatora (Transformerless)

Hlađenje: Regulisano hlađenje vazduha

Instalacija: Unutrašnja i spoljašnja instalacija

Temperatura okoline: -40 +60 °C

Dozvoljena vlažnost: 0 - 100 %

Maks. visina: 2,000 m / 3,400 m (neograničen / ograničen raspon napona)

DC tehnologija povezivanja: 6 x DC+ i 6 x DC – šrafno vezivanje 2.5 - 16 mm2

AC tehnologija povezivanja: 5-polni AC šrafno vezivanje 2,5 - 16 mm2

EFIKASNOST

Maks. efikasnosti: 98,1 %

Evropska efikasnost: 97,9 %

Efikasnost adaptacije MPP: 98 %

Na 2 invertora, snage 20kW, vezuju se 104 panela. Izabrani su monokristalni moduli (paneli) proizvođača "KIOTO SOLAR" tipa KPV ME NEC 380 Wp mono halfcut snage od 380W, koji se montiraju na podkonstrukciju preko odgovarajućeg montažnog pribora.



Slika 5. Izgled MSE "EM 1"

Na slici 5. je dat izgled MSE "EM 1" na krovu Etnografskog muzeja u Beogradu.

IV. Tehnički uslovi za povezivanje MSE "EM 1" sa distributivnom mrežom

Tehnički uslovi za priključenje fotonaponske solarne elektrane na javnu elektroenergetsku mrežu, definisani su Pravilima o radu distributivnog sistema

Elektroprivrede Srbije. Pravila detaljno obrađuju uslove za priključenje objekta snage do 1MW i u njima se male elektrane klasifikuju prema instalisanoj snazi, vrsti generatora i načinu rada generatora, kao i prema naponskom nivou generatora i naponskom nivou priključka.

Prema instalisanoj snazi male elektrane se dele na 6 grupa, bez obzira na broj ugrađenih generatora. MSE "EM 1" spada u grupu malih elektrana čija je snaga do 1MW.

Prema vrsti generatora koji se koriste male elektrane se dele na 4 grupe. MSE "EM 1" spada u grupu malih elektrana koja koristi jednosmerni generator sa naponskim inverterom, jednosmernog napona ili naizmeničnog pretvarača.

Prema načinu rada generatora male elektrane mogu raditi u 4 različita režima rada. MSE "EM 1" po svom režimu je svrstana u grupu koja predviđa da generator male elektrane može biti u „Paralelnom radu sa distributivnim sistemom sa stalnom ili povremenom predajom energije u sistem, koji se odnosi na generatore koji stalno rade paralelno sa distributivnim sistemom, a proizvedenu električnu energiju predaju u distributivni sistem u celini ili delimično upotrebljavaju za sopstvene potrebe, a delimično (višak) predaje sistemu“.

Prema naponskom nivou generatora male elektrane se dele u dve grupe. MSE "EM 1" spada u grupu malih elektrana sa niskonaponskim generatorom sa nazivnim međufaznim naponom do 1 kV (po pravilu 0,4kV, a za vetrogeneratore po pravilu 0,69kV).

Prema naponskom nivou priključka na distributivnu elektroenergetsku mrežu, male elektrane se dele na:

- Elektrane na niskonaponskoj mreži sa nazivnim međufaznim naponom 0,4kV.
- Elektrane na srednje naponskoj mreži sa nazivnim međufaznim naponom 10kV, 20kV ili 35kV.

Za solarnu elektranu "EM 1" predviđeno je priključenje fotonaponske elektrane na niskonaponsku mrežu sa nazivnim međufaznim naponom do 0,4kV.

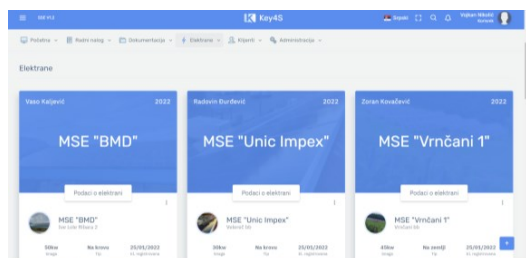
Za priključenje i bezbedan paralelan rad male elektrane sa distributivnim elektroenergetskim sistemom, MSE mora da zadovolji 4 osnovna kriterijuma:

- Kriterijum dozvoljene snage MSE,
- Kriterijum flikera,
- Kriterijum dozvoljene struje viših harmonika,

- Kriterijum snage kratkog spoja.

V. Monitoring i upravljanje MSE “EM 1”

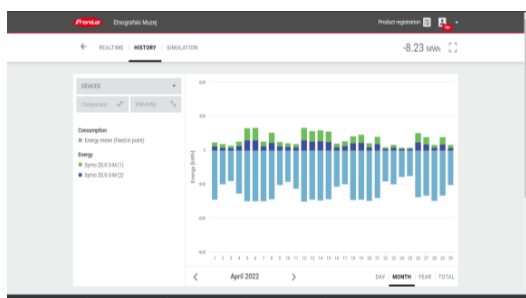
Softver za solarne elektrane (SSE Key4S) je razvila firma Key4S doo u skladu sa potrebom za vođenje evidencija o projektovanim i izgrađenim MSE, kao potrebom za monitoring i upravljanje izgrađenih MSE. Izgled SSE Key4S softvera je prikazan na Slici 6.



Slika 6. Izgled SSE Key4S

SSE Key4S softver ima mogućnost pristupa preko interneta svakoj od MSE koju je realizovala firma Key4S doo. Ovim softverom je moguće u realnom vremenu nadgledati rad svake MSE, kao i rad svakog od ugrađenih invertora.

Softver SSE Key4S prikuplja i pamti skoro sve parameter koje beleži svaki od invertora svake MSE. Softver ima mogućnost grafičkog prikazivanja proizvedene električne energije po invertoru, po MSE i zbirno za sve MSE koje je realizovala firma Key4S doo i to po danima, mesecima i godinama. Jedan od prikaza proizvodnje električne energije MSE “EM 1” za mesec april 2022. godine predstavljen je na Slici 7.



Slika 7. Grafički prikaz proizvodnje električne energije u SSE Key4S softveru

Iz samog softvera moguće je uključiti i isključiti rad MSE i uključiti i isključiti bilo koji inverter. Pored toga, moguće je direktno menjati i određene parametre samog invertora.

S obzirom da je firma Key4S doo realizovala devet MSE, količina podataka u bazi softvera SSE Key4S se svakodnevno povećava. Već sada je moguće izvoditi zaključke (pronazati zakonitosti) na

osnovu prikupljenih podataka primenom analitičkih algoritama i algoritama mašinskog učenja.

VI. Zaključak

MSE imaju veliku perspektivu kod nas zbog velikog broja sunčanih dana koje imamo, kao i zbog toga što je sama potreba za električnom energijom velika. Zbog zaštite životne sredine neophodno je proizvoditi što veću količinu električne energije iz obnovljivih izvora energije, gde spadaju i MSE.

MSE “EM 1” je u produkciji od 20.12.2021. godine i predstavlja dobar primer proizvodnje električne energije na osnovu IoT i Industry 4.0 koncepata, gde se u potpunosti void računa o životnoj sredini da ostane čista.

Zbog svakodnevnog prikupljanja velike količine podataka otvara se mogućnost primene analitičkih algoritama i algoritama mašinskog učenja za otkrivanje zakonitosti u prikupljenim podacima. To je neophodno zbog automatizacije upravljanja svake MSE koju je realizovala firma Key4S doo i svakog invertora bilo koje MSE. Time bi se povećao stepen iskorišćenja solarne energije, što bi se odrazilo na povećanje proizvodnje električne energije.

VII. Literatura

- [1] Rajaković N, Tasić D., Distributivne i industrijske mreže, Akademski misao, Beograd, 2008.
- [2] Janković, J., PRIMENA KONCEPTA INDUSTRIJA 4.0 U REPUBLICI SRBIJI, Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu, 2020.
- [3] Brech B., Jamison J., Shao L., Wightwick G., The Interconnecting of Everything, IBM Redbooks, 2013.
- [4] Executive Summary: The Internet of Things, International Telecommunication Union, 2005
- [5] www.key4s.eu
- [6] Geist H.-J., Fotonaponska postrojenja, Agencija Eho, 2015.

Indeks svih autora konferencije “YU INFO 2022”

Aimene, Charif	[YU-S7-VPS], rad 7.5.	
Aleksandrov, Radica	[YU-S4-ISR], rad 4.3.	
Aleksandrov, Slobodan	[YU-S4-ISR], rad 4.3.	
Anastasov, Jelena	[YU-S2-RMTZ], rad 2.7.	
Andrić, Ana	[YU-S5-EBP], rad 5.3.	[YU-S7-VPS], rad 7.1.
Andrijević, Nebojša	[YU-S4-ISR], rad 4.9.	
Antić, Slobodan	[YU-S3-EDR], rad 3.3.	[YU-S3-EDR], rad 3.7.
Atanasijević, Jordan	[YU-S7-VPS], rad 7.9.	
Banjac, Goran	[YU-S7-VPS], rad 7.8.	
Bautista Toapanta, Cesar	[YU-S6-AUT], rad 6.2.	
Bojović, Veselin	[YU-S8-SAS], rad 8.5.	
Bolbotinović, Željko	[YU-S8-SAS], rad 8.6.	[YU-S8-SAS], rad 8.7.
Bondžulić, Boban	[YU-S7-VPS], rad 7.6.	
Bošković, Sara	[YU-S2-RMTZ], rad 2.6.	
Božović, Aleksandar	[YU-S8-SAS], rad 8.1.	
Branković, Milica	[YU-S3-EDR], rad 3.4.	
Bujaković, Dimitrije	[YU-S7-VPS], rad 7.5.	
Čabarkapa, Danijel	[YU-S2-RMTZ], rad 2.5.	
Cen, Yigang	[YU-S4-ISR], rad 4.5.	
Ćoso, Nemanja	[YU-S1-VI], rad 1.9.	
Cvetković, Milica	[YU-S4-ISR], rad 4.6.	
Delibašić, Boris	[YU-S1-VI], rad 1.3.	[YU-S1-VI], rad 1.4.
Delilovic, Namik	[YU-S6-AUT], rad 6.3.	
Đerić, Biljana	[YU-S3-EDR], rad 3.4.	
Dimitrijević, Dejan	[YU-S4-ISR], rad 4.6.	
Dimitrijević, Sonja	[YU-S3-EDR], rad 3.2.	
Dobrodolac, Momčilo	[YU-S2-RMTZ], rad 2.6.	
Dodevska, Zorica	[YU-S1-VI], rad 1.4.	
Đorđević-Milutinović, Lena	[YU-S3-EDR], rad 3.7.	
Dragović, Nebojša	[YU-S8-SAS], rad 8.6.	[YU-S8-SAS], rad 8.7.
Drajić, Dejan	[YU-S2-RMTZ], rad 2.7.	
Drašković, Dražen	[YU-S1-VI], rad 1.2.	[YU-S1-VI], rad 1.5.
Đukanović, Slaviša	[YU-S4-ISR], rad 4.2.	
Đurić, Mladen	[YU-S3-EDR], rad 3.3.	
Eddine Daikh, Taki	[YU-S7-VPS], rad 7.7.	
Erić-Obućin, Jelena	[YU-S4-ISR], rad 4.3.	
Gačić, Gordana	[YU-S3-EDR], rad 3.8.	
Gajić, Tamara	[YU-S5-EBP], rad 5.3.	[YU-S7-VPS], rad 7.1.
Gajin, Slavko	[YU-S2-RMTZ], rad 2.3.	
Grozdanović, Predrag	[YU-S5-EBP], rad 5.4.	
Hadžić, Filip	[YU-S5-EBP], rad 5.2.	

Ilić, Luka	[YU-S5-EBP], rad 5.5.	[YU-S5-EBP], rad 5.8.
Ivanković, Zdravko	[YU-S5-EBP], rad 5.1.	
Janković, Marko	[YU-S4-ISRP], rad 4.6.	
Janković, Slađana	[YU-S5-EBP], rad 5.4.	
Jevremović, Vladeta	[YU-S4-ISRP], rad 4.7.	[YU-S8-SAS], rad 8.5.
Jocović, Vladimir	[YU-S1-VI], rad 1.5.	
Jovanović, Maja	[YU-S3-EDR], rad 3.7.	
Jovanović, Miloš	[YU-S1-VI], rad 1.3.	
Jovanović, Zoran	[YU-S8-SAS], rad 8.3.	
Karabašević, Darjan	[YU-S5-EBP], rad 5.5.	[YU-S5-EBP], rad 5.8.
Karić, Katarina	[YU-S4-ISRP], rad 4.10.	
Knežević, Maša	[YU-S1-VI], rad 1.7.	
Kocić, Igor	[YU-S8-SAS], rad 8.3.	
Kojić, Nenad	[YU-S2-RMTZ], rad 2.4.	
Kolarević, Ivan	[YU-S4-ISRP], rad 4.7.	
Kolavčić, Ivan	[YU-S4-ISRP], rad 4.2.	
Košanin, Ivan	[YU-S4-ISRP], rad 4.2.	
Kosanović, Biljana	[YU-S4-ISRP], rad 4.8.	
Kővári, Attila	[YU-S5-EBP], rad 5.6.	
Kvašček, Goran	[YU-S1-VI], rad 1.6.	
Lalović, Komlen	[YU-S8-SAS], rad 8.4.	
Lazović, Danilo	[YU-S7-VPS], rad 7.9.	
Liu, Ming	[YU-S4-ISRP], rad 4.5.	
Manojlović, Stojadin	[YU-S7-VPS], rad 7.7.	
Maravić Cisar, Sanja	[YU-S1-VI], rad 1.9.	[YU-S5-EBP], rad 5.6.
Maričić, Srđan	[YU-S2-RMTZ], rad 2.7.	
Marinkov, Siniša	[YU-S3-EDR], rad 3.8.	
Marinković, Milan	[YU-S1-VI], rad 1.6.	
Marinković, Veljko	[YU-S4-ISRP], rad 4.2.	
Marković, Aleksandar	[YU-S1-VI], rad 1.4.	
Marković, Vidan	[YU-S3-EDR], rad 3.8.	
Mester, Gyula	[YU-S6-AUT], rad 6.1.	
Mićović, Marko	[YU-S1-VI], rad 1.5.	
Mihailović, Anđela	[YU-S3-EDR], rad 3.3.	
Milaković, Adrian	[YU-S1-VI], rad 1.5.	
Milić, Dejan	[YU-S2-RMTZ], rad 2.7.	
Milićević, Raica	[YU-S4-ISRP], rad 4.6.	
Miljković, Katarina	[YU-S7-VPS], rad 7.2.	
Miljković, Milan	[YU-S7-VPS], rad 7.2.	
Milosavljević, Borivoje	[YU-S3-EDR], rad 3.8.	
Milošević, Danijela	[YU-S5-EBP], rad 5.7.	
Milošević, Nenad	[YU-S2-RMTZ], rad 2.7.	
Milovanović, Aleksandar	[YU-S5-EBP], rad 5.7.	

Milovanović, Dragorad	[YU-S2-RMTZ], rad 2.1.	
Milunović, Milica	[YU-S4-ISR], rad 4.2.	
Miodragović, Goran	[YU-S4-ISR], rad 4.3.	
Mišković, Žarko	[YU-S3-EDR], rad 3.2.	
Mitrović, Katarina	[YU-S4-ISR], rad 4.5.	[YU-S4-ISR], rad 4.10.
Mitrović, Radivoje	[YU-S3-EDR], rad 3.2.	
Mladenović, Snežana	[YU-S5-EBP], rad 5.4.	
Murić, Milorad	[YU-S5-EBP], rad 5.7.	
Nikačević, Vladan	[YU-S7-VPS], rad 7.1.	
Nikolić, Boško	[YU-S1-VI], rad 1.6.	
Nikolić, Darko	[YU-S8-SAS], rad 8.1.	
Nikolić, Vojkan	[YU-S4-ISR], rad 4.1.	[YU-S8-SAS], rad 8.8.
Otašević, Vladimir	[YU-S4-ISR], rad 4.8.	
Pantelić, Ivan	[YU-S4-ISR], rad 4.4.	
Pantelić, Snežana	[YU-S3-EDR], rad 3.2.	
Pavićević, Anja	[YU-S3-EDR], rad 3.6.	
Pavlović, Rade	[YU-S7-VPS], rad 7.4.	
Pejčić, Bogdan	[YU-S4-ISR], rad 4.2.	
Petrović, Đorđe	[YU-S4-ISR], rad 4.4.	
Petrović, Petar	[YU-S1-VI], rad 1.9.	
Petrović, Vladimir	[YU-S7-VPS], rad 7.4.	
Petrović, Zvonko	[YU-S4-ISR], rad 4.7.	[YU-S8-SAS], rad 8.5.
Petrović, Anđelina	[YU-S3-EDR], rad 3.1.	
Pinter, Robert	[YU-S1-VI], rad 1.9.	[YU-S5-EBP], rad 5.6.
Póth Miklós	[YU-S5-EBP], rad 5.6.	
Predić, Bratislav	[YU-S5-EBP], rad 5.5.	[YU-S5-EBP], rad 5.8.
Prodanović, Radomir	[YU-S3-EDR], rad 3.5.	
Pronić-Rančić Olivera	[YU-S2-RMTZ], rad 2.5.	[YU-S3-EDR], rad 3.5.
Protić, Jelica	[YU-S8-SAS], rad 8.2.	
Radenković, Uroš	[YU-S1-VI], rad 1.5.	
Radojičić, Dragana	[YU-S1-VI], rad 1.1.	
Radojičić, Stefan	[YU-S8-SAS], rad 8.6.	[YU-S8-SAS], rad 8.7.
Radonjić Đogatović, Vesna	[YU-S2-RMTZ], rad 2.6.	
Radovanović, Sandro	[YU-S1-VI], rad 1.3.	[YU-S1-VI], rad 1.4.
Rančić, Dejan	[YU-S2-RMTZ], rad 2.5.	[YU-S3-EDR], rad 3.5.
Ristanović, Dejan	[YU-S8-SAS], rad 8.2.	
Ristić, Vladimir	[YU-S7-VPS], rad 7.6.	
Romić, Uroš	[YU-S1-VI], rad 1.6.	
Ruso, Jelena	[YU-S3-EDR], rad 3.3.	
Ružičić, Vesna	[YU-S4-ISR], rad 4.5.	
Savićević, Dejan	[YU-S5-EBP], rad 5.1.	
Šekularac, Tamara	[YU-S5-EBP], rad 5.2.	
Šijan, Aleksandar	[YU-S5-EBP], rad 5.8.	

Šijan, Aleksandra	[YU-S5-EBP], rad 5.5.		
Simeunović, Vladimir	[YU-S3-EDR], rad 3.2.		
Simić, Dimitrije	[YU-S7-VPS], rad 7.6.		
Simić, Srđan	[YU-S8-SAS], rad 8.2.		
Soković, Saša	[YU-S3-EDR], rad 3.8.		
Špengler, Jelena	[YU-S3-EDR], rad 3.8.		
Stanišević, Ilja	[YU-S4-ISR], rad 4.4.		
Stanković, Milutin	[YU-S3-EDR], rad 3.8.		
Stanković, Momir	[YU-S7-VPS], rad 7.7.	[YU-S7-VPS], rad 7.8.	
Stanojević, Nebojša	[YU-S8-SAS], rad 8.7.		
Stevanović, Lazar	[YU-S5-EBP], rad 5.3.	[YU-S7-VPS], rad 7.1.	
Stojanović, Boban	[YU-S7-VPS], rad 7.3.		
Stojanović, Jelena	[YU-S3-EDR], rad 3.8.		
Stojanović, Nenad	[YU-S7-VPS], rad 7.6.		
Stošić, Dragan	[YU-S3-EDR], rad 3.2.		
Sudar, Saša	[YU-S5-EBP], rad 5.1.		
Suknović, Milija	[YU-S1-VI], rad 1.3.	[YU-S1-VI], rad 1.4.	
Terzić, Rajko	[YU-S2-RMTZ], rad 2.1.		
Timčenko, Valentina	[YU-S2-RMTZ], rad 2.3.		
Todorović, Filip	[YU-S3-EDR], rad 3.2.		
Tubić, Stefan	[YU-S5-EBP], rad 5.2.		
Tufegdžić, Milica	[YU-S4-ISR], rad 4.7.	[YU-S8-SAS], rad 8.5.	
Urošević, Vlade	[YU-S4-ISR], rad 4.9.		
Uzelac, Ana	[YU-S5-EBP], rad 5.4.		
Vidojević, Dejan	[YU-S4-ISR], rad 4.1.	[YU-S8-SAS], rad 8.8.	
Vugdelija, Jana	[YU-S2-RMTZ], rad 2.4.		
Vugdelija, Natalija	[YU-S2-RMTZ], rad 2.4.		
Vukasović, Maja	[YU-S5-EBP], rad 5.2.		
Vukmirović, Aleksandra	[YU-S3-EDR], rad 3.4.		
Vukmirović, Jovanka	[YU-S3-EDR], rad 3.4.		
Vukumirović, Dragan	[YU-S3-EDR], rad 3.1.	[YU-S8-SAS], rad 8.6.	[YU-S8-SAS], rad 8.7.
Vulić, Ivan	[YU-S3-EDR], rad 3.5.		
Žarković, Mileta	[YU-S7-VPS], rad 7.5.		
Zekavica, Ana	[YU-S3-EDR], rad 3.4.		
Živadinović, Miloš	[YU-S2-RMTZ], rad 2.2.		
Živić, Ivana	[YU-S8-SAS], rad 8.4.		
Živković, Aleksandar	[YU-S3-EDR], rad 3.8.		