

YU INFO 2017

ZBORNİK RADOVA



GODINA

YU | **20**
INFO | **17**

23rd CONFERENCE AND EXHIBITION
Kopaonik | 12-15. mart 2017.



YU INFO 2017
ZBORNIK RADOVA

Izdavač:

Društvo za informacione sisteme i računarske mreže

Urednik:

Prof. dr Miodrag Ivković

Mesto i godina izdanja:

Beograd, 2017.

ISBN:

978-86-85525-20-9

YU INFO 2017

PROGRAMSKI ODBOR

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

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

Chairman konferencije:

- Prof. dr Miodrag Ivković

SADRŽAJ

E-SOCIETY

EGOVERNMENT PORTAL – REPUBLIC OF SERBIA
Milan Paroški, Nikola Maksimović **1**

THE IMPACT OF DIGITAL LITERACY ON THE PERFORMANCE AND PRODUCTIVITY OF
EMPLOYEES
Dejan Dimitrijević, Saša Tasić, Zorica Tasić, Marko Janković, Dejan Andrejević **6**

TEACHING WITH WIKIS AND BLOGS IN HIGHER EDUCATION
Dragan Cvetković, Branko Medić, Marko Mijatović **13**

MOBILNE APLIKACIJE KAO EDUKATIVNI I PRAKTIČNI ALATI ZA KORISNIKE ZAŠTIĆENIH
PODRUČJA / MOBILE APPLICATIONS AS AN EDUCATIONAL AND PRACTICAL TOOLS FOR
USERS OF PROTECTED AREAS
Dejan Pavlović **18**

THE QUALITY AND DETERMINANTS OF INTERNET FINANCIAL REPORTING IN SERBIA
Kristina Mijić **23**

PROJEKTNO ORIJENTISANO OBRAZOVANJE – STUDIJA SLUČAJA
Robert Pinter, Mikloš Pot, Sanja Maravić Čisar, Igor Fürstner **29**

STATISTIČKA ISTRAŽIVANJA U OBLASTI INFORMACIONOG DRUŠTVA
Stefan Grujičić, Aleksandra Vukmirović, Jovanka Vukmirović, Marina Jovanović
Milenković **35**

IMPLEMENTACIJA ELEKTRONSKIH SERVISA VEZANIH ZA OSPOSOBLJAVANJE
KANDIDATA ZA VOZAČE U REPUBLICI SRBIJI
Duško Sivčević, Vojkan Nikolić, Predrag Đikanović **40**

RAČUNARSKE PRIMENE

INŽENJERING KARAKTERISTIKA U KONTEKSTU PREDIKCIJE KORIŠTENJEM BINARNE
KLASIFIKACIJE
Olivera Janković **46**

DATA VERIFICATION SOFTWARE ALGORITHM OF MINUTIAE FINGERPRINT NEWBORN
BABIES
Komlen Lalović, Aleksandar Lugonja, Ivana Kekić, Jelena Lalović, Miodrag Brzaković,
Filip Karaičić, Vuk Popović **52**

VIZELNI PRIKAZ RADA JEDNOTAKTNOG PROCESORA
Vladimir Stanković, Filip Klain **56**

VIZUELNI PRIKAZ RADA PROTOČNOG PROCESORA
Nemanja Petrašinović, Vladimir Stanković **62**

SISTEM ZA NAVOĐENJE U ZATVORENOM PROSTORU Saša Stojanović, Zaharije Radivojević, Bojan Bogojević, Miloš Cvetanović	68
APPLICATION OF OPEN SOURCE GIS ALGORITHMS FOR THE CALCULATION OF THE SLOPE FOR EROSION MAPPING Marko Urošević, Nikola Zlatanović, Aleksandar Drobnjak, Milutin Stefanović	74
PROMENLJIVI TROŠKOVI RESURSA U VREMENU PROJEKTA KAO ZNAČAJNA KARAKTERISTIKA U GRAĐEVINARSTVU Nenad Nikolić, Zvonimir Božilović	78
IMPLEMENTACIJA MODELA PREDIKTIVNOG ODRŽAVANJA KORIŠTENJEM REGRESIJE Olivera Janković	82
PRIMENA AUTODESK KOMPONENTE SUBASSEMBLY COMPOSER ZA PROJEKTOVANJE NASIPA Nevena Cvijanović, Boris Krunic	88
VERIFIKACIJA SATELITSKI OSMOTRENIH PADAVINA NA TERITORIJI REPUBLIKE SRBIJE Nikola Zlatanović, Aleksandar Drobnjak, Milutin Stefanović, Mileta Milojević	92
HEAT TRANSMISSION COEFFICIENT THROUGH WALLS OF EXISTING BUILDINGS Aleksandra Pavlović, Žarko Barbarić	96
REALIZACIJA VEB SISTEMA ZA UPRAVLJANJE I NADGLEDANJE SOFTVERSKIH PROJEKATA Dražen Drašković, Marko Micović, Uroš Radenković, Maja Vukasović, Sanja Delčev, Vladimir Jocović, Živojin Sustran, Boško Nikolić	99
PRIMENA VIRTUELNE STVARNOSTI U OKVIRU MEDICINSKIH TRETMANA Maja Vukasović, Dražen Drašković, Marko Micović, Uroš Radenković, Vladimir Jocović	105
FLEKSIBILAN OKVIR ZA OBRADU I VIZUELIZACIJU PODATAKA O PADAVINAMA Vladan Mihajlović, Marko Kovačević, Aleksandar Milosavljević, Dejan Rančić, Uwe Siart	111
CONTROLLING RPI ROBOT WITH PYTHON CODE Filip Ilić	117
INFORMATIČKO PRAVNA KARAKTERIZACIJA UPOTREBE DRONOVA U POLJOPRIVREDI Miloš Ilić, Žaklina Spalević, Petar Spalević, Mladen Veinović, Aleksandra Stojnev	121
FAKTORI KOJI UTIČU NA DIFUZIJU NOVIH SERVISA/PROIZVODA Stevan Veličković, Silvana Veličković	127
KOMPARATIVNA ANALIZA PRETPROCESORA ZA CASCADING STYLESHEETS (CSS)#Dušan Rajčević, Goran Jocić	133
FIVE COMPARTMENT MODEL FOR DOTATOC THERAPY Dragoslav Nikezić, Marija Jeremić, Dragana Krstić	137

ANALIZA PODATAKA POMOĆU HISTOGRAMA Višnja Ognjenović, Vladimir Brtka, Ivana Berković, Eleonora Brtka, Mila Kavalić	140
VERSION CONTROL SYSTEMS Eleonora Brtka, Vesna Jevtić, Vladimir Brtka, Višnja Ognjenović	144
ULOGA INFORMACIONO TELEKOMUNIKACIONIH TEHNOLOGIJA U TRANSPORTU Dragica Jovanović, Zoran Bundalo, Marko Bursać	148
QUESTION ANSWERING SISTEMI Vojkan Nikolić, Momčilo Bjelica, Branko Markoski, Sanja Stanisavljev, Dejan Madić	154
RAČUNARSKE MREŽE I KOMUNIKACIJE	
UNAPREĐENJE DINAMIČKOG PROTOKOLA ZA RUTIRANJE PRIMENOM NEURALNIH MREŽA Nenad Kojić, Milan Pavlović, Natalija Vugdelja, Irini Reljin	161
UTICAJ NEIDEALNE ESTIMACIJE KANALA NA PERFORMANSE VIRTUELNIH QOSTBC SISTEMA U D2D KOMUNIKACIJAMA Uglješa Urošević, Zoran Veljović	167
MODELI INTEGRACIJE SISTEMA REGISTROVANE ELEKTRONSKE I HIBRIDNE POŠTE Mihailo Jovanović, Dragan Đokić	171
IEC 61850 STANDARD FOR COMMUNICATION NETWORK IN POWER SYSTEMS – INTRODUCTION REASONS AND BASIC CONCEPTS Dejan Nemec, Ivan Gavrić	177
GSM sistem za kontrolu pristupa parking prostoru Nedeljko Lekić, Zoran Mijanović	182
WEB TEHNOLOGIJE ZA POVEZIVANJE SENZORSKIH ČVOROVA Mirko Kosanović, Miloš Kosanović	186
5G ARCHITECTURE TO SUPPORT BUSINESS REQUIREMENTS FOR NEXT GENERATION BUSINESS TRANSFORMATION Aleksandar Tudžarov, Sašo Gelev	192
RAZVOJ SOFTVERA I ALATI	
TECHNIQUES OF SOFTWARE ENGINEERING IN WEB APPLICATIONS Nikola Dinkić, Nikola Džaković, Dejan Rančić, Leonid Stoimenov, Olivera Pronić-Rančić, Uwe Siart	197
ARHITEKTURALNA ANALIZA U AGILNOM RAZVOJU KOMPLEKSNIH SISTEMA Mirjana Marić, Predrag Matković, Pere Tumbas	202

XHTML – PROŠLOST ILI BUDUĆNOST Dušan Rajčević, Goran Jocić, Stevan Ivanović	208
VEŠTAČKA INTELIGENCIJA I SIMULACIJA	
DEVELOPMENT MODEL AND SIMULATION OF POWER TRANSFORMER MAINTENANCE COST USING VENSIM PLE SOFTWARE Olga Ristić, Vlade Urošević	214
EQUILIBRIUM IN A MARKET WITH ASYMMETRIC INFORMATION – NETLOGO SIMULATION Sandrina Dimitrijević	219
RAČUNARSKE PRIMENE U VOJSCI	
OBJEKTIVNA PROCENA SLIKA SA POBOLJŠANJEM KVALITETA Boban Bondžulić, Vladimir Petrović, Momir Stanković	223
SUBJEKTIVNA PROCENA USPEŠNOSTI SJEDINJAVANJA VIDEO SEKVENCI Rade Pavlović, Vladimir Petrović	229
MODEL OF SIMETRIC PHASE REGULATOR IN MATLAB PROGRAM ENVIRONMENT Goran Dikić, Jelena Janković, Stojadin Manojlović	234
SQL SERVER 2016 ALATI ZA POBOLJŠAVANJE PERFORMANSI UPITA Ivana Tot, Komlen Lalović, Miodrag Brzaković, Dušan Bogičević, Ivana Kekić	238
REMOTE CONTROL AND SUPERVISION OF THE DEVICES THROUGH INTERNET Stefan Božanić, Mladen Antić	242
SIMULACIJA KONVERGENCIJE AD HOC ALGORITAMA RUTIRANJA U MANET MREŽAMA UPOTREBOM RIVERBED MODELERA Boban Pavlović, Vladimir Suša, Olja Jerkić	248
PROPAGATION PREDICTION AND SIMULATION OF THE PHYSICAL LAYER OF THE DVB- T2 STANDARD FOR DIGITAL TELEVISION TRANSMISSION Danilo Lazović, Sima Keresević, Jovan Bajčetić	252
ANALIZA ESTIMACIJE OBELEŽJA CILJEVA VIŠEKOMPONENTNOG MODELOVANOG RADARSKOG SIGNALA PRIMENOM ČESTIČNOG FILTERA I METODA DIGITALNE OBRAD SLIKE Davorin Mikluc, Milenko Andrić, Dimitrije Bujaković	258
AUTOMATISATION OF THYRISTOR CIRCUIT WORK FOR DC MOTOR CONTROL USING SOFTWARE LABVIEW Aleksandar Nikolić, Davorin Mikluc	264
SIMPLE DEVICE FOR SENDING AND RECEIVING CRYPTED SMS MESSAGES Stefan Sretenović, Mladen Antić	269

CONTEXT OF USE ANALYSIS: A KEY FACTOR IN THE USABILITY EVALUATION OF WEB APPLICATION Nebojša D. Đorđević, Dejan Rančić, Petar Spalević	274
ZAŠTITA I SIGURNOST PODATAKA	
PRINCIPLES TWO-FACTOR AUTHENTICATION Predrag Živić	280
SISTEM ZA IDENTIFIKACIJU I KONTROLU PRISTUPA BAZIRAN NA ARDUINO PLATFORMI Vlade Urošević, Dušan Urošević, Biljana Savić	286
LINIJE ODBRANE IKT SISTEMA Dejan Janković, Srđan Borožan, Branko Krsmanović	291
ZAŠTITA VIDEO SADRŽAJA SKREMBLOVANIM VODENIM ŽIGOM PRE PUBLIKOVANJA NA INTRNETU Zoran Veličković, Zoran Milivojević, Marko Veličković	297
INFORMATION PROTECTION OF CALL LOGGER AND RECORDER SYSTEMS Željko Vuković, Nikola Luburić, Goran Sladić, Branko Milosavljević, Jelena Zorić	303
KONTROLA SENZORA ALARMNOG SISTEMA KORIŠĆENJEM SOFTVERSKOG PAKETA MATLAB Slavimir Stošović, Filip Stepanović, Dušan Stefanović	307
BEZBEDNA SERVISNA TRANSFORMACIJA U ULOZI MEHANIZMA INTEROPERABILNE INTEGRACIJE TEHNOLOŠKI RAZNOVRJNIH SISTEMA Miladin Ivanović, Duško Batočanin, Tanja Baković	312
MODELI ADAPTIBILNIH I ADAPTIVNIH DISTRIBUIRANIH INFORMACIONIH SISTEMA Ljubica Kazi, Biljana Radulović, Zoltan Kazi	318

PORTAL EUPRAVE REPUBLIKE SRBIJE E-GOVERNMENT PORTAL – REPUBLIC OF SERBIA

Milan Paroški, Nikola Maksimović
Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad

Sadržaj – U radu je detaljno analiziran portal eUprave Republike Srbije i izvršeno je poređenje sa portalima 2 države regiona koje imaju veći indeks razvoja eUprave od Srbije. Razmatran je uticaj portala eUprave na indeks razvoja eUprave po istraživanju UN za 2016. godinu.

Abstract - The paper detailed analysis of eGovernment portal of the Republic of Serbia and compared with portals 2 countries in the region that have a higher index of eGovernment development of Serbia. The influence of the eGovernment portal on the eGovernment development index, research by the UN for 2016.

1. UVOD

Portal eUprave Republike Srbije ima za cilj da se građanima i privredi obezbede servisi da više ne moraju da čekaju u redovima kao i da se državnim organima olakša razmena podataka uvođenjem Government Service Bus (GSB) koji predstavlja centralnu magistralu servisa državnih organa pomoću kojih se obavlja interoperabilna komunikacija. Portal je objavljen na adresi www.euprava.gov.rs juna 2010. godine.

Broj naloga na nacionalnom Portalu eUprava u poslednjih jedanaest meseci gotovo je utrostručen – sa više od 300.000 novih, pa ovaj sajt trenutno ima više od 516.000 aktivnih korisnika. Zamena stare zdravstvene knjižice za novu karticu zdravstvenog osiguranja, onlajn upis dece u predškolske ustanove na teritoriji grada Beograda, zakazivanje termina za ličnu kartu i pasoš, poručivanje izvoda iz matične knjige rođenih i uverenja o državljanstvu, kao i registracija vozila na ovlašćenim tehničkim pregledima i zamena vozačke dozvole su trenutno najpopularnije od 300 različitih elektronskih usluga koje postavljaju 104 državna organa. Za šest godina postojanja, na nacionalni Portal eUprava pristiglo je više od četiri miliona zahteva građana. [1]

2. OBJAVLJENE USLUGE PORTALA EUPRAVA

U razmaku od 2 godine, izvršen je pregled usluga portala eUprave.

Datum pregleda	18.05.2014		01.12.2016	
Objavljiivač	broj	%	broj	%
Građani	156	71	215	73
Privreda	64	29	80	27
Ukupno	220	100	295	100

Tabela 1. – Broj objavljenih eUsluga za građane i privredu

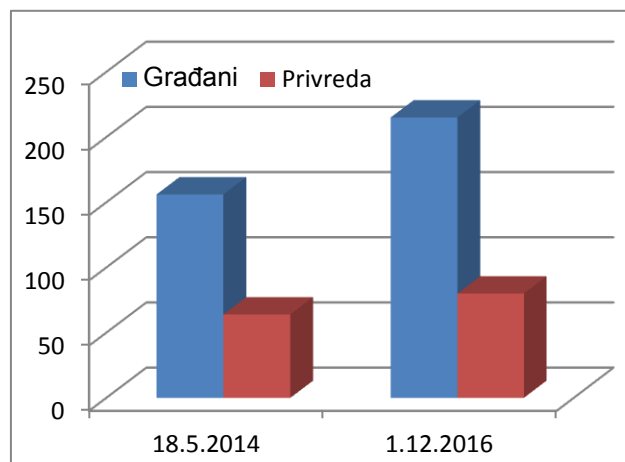
U tabeli 1. je dat prikaz broja objavljenih eUsluga za građane i privredu koje se mogu izvršiti elektronskim pute.

U tabeli T 2. Je dat ukupan broj objavnjenih usluga po nadležnom organu (ministarstva, lokalne samouprave i ostale institucije)

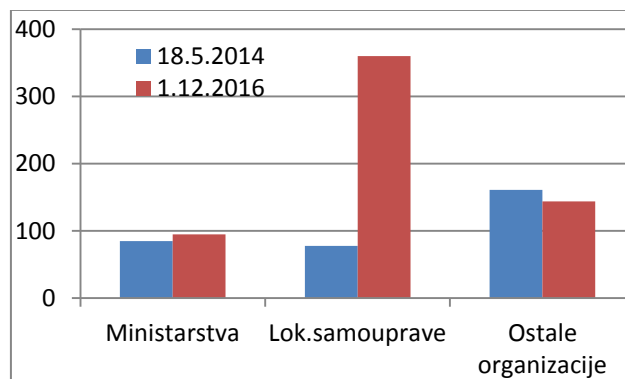
Datum pregleda	18.05.2014		01.12.2016	
Objavljiivač	broj	%	broj	%
Ministarstva	85	26	95	16
Lok.samouprave	78	24	360	60
Ostale organizacije	161	50	144	24
Ukupno	324	100	599	100

Tabela 2.– Broj objavljenih eUsluga po nadležnom organu

Na slikama 1 i 2 su grafički prikazi navedeni rezultati.



Slika 1. Grafički prikaz broja objavljenih usluga za građane i privredu



Slika 2. . Grafički prikaz broja objavljenih usluga po nadležnom organu

Građani	18.05.2014		01.12.2016	
Životna oblast	Broj	%	Broj	%
Porodica	0	0	19	8.84
Zdravlje	11	7.05	6	2.79
Saobraćaj	33	21.15	5	2.33
Stanovanje i životna sredina	23	14.74	38	17.67
Poslovanje	13	8.33	6	2.79
Sport i omladina	0	0	0	0
Katastar	2	1.28	4	1.86
Vanredni događaji	0	0	2	0.93
Poljoprivreda, vodprivreda	0	0	0	0
Obrazovanje	8	5.12	2	0.93
Dokumenta	43	27.56	70	32.56
Rad	5	3.20	3	1.39
Finansije	1	0.64	3	1.39
Javni red i mir	7	4.48	21	9.76
Osobe sa invaliditetom	7	4.48	9	4.18
Ljudska prava	3	1.92	6	2.79
Turizam	0	0	0	0
Grad Beograd	0	0	21	9.76
Ukupno:	156	100	215	100

Tabela 3. Broj objavljenih usluga po životnim oblastima za građane

Privreda	18.05.2014		01.12.2016	
Životna oblast	Broj	%	Broj	%
Poslovanje	7	14,00%	12	15,00%
Životna sredina i prostorno planiranje	6	12,00%	10	12.50%
Uvoz-Izvoz	4	8,00%	2	2.50%
Saobraćaj	5	10,00%	3	3.75%
Zdravlje	1	2,00%	20	25,00%
Katastar	4	8,00%	4	5,00%
Rudarstvo	6	12,00%	0	0,00%
Grad Beograd	0	0,00%	14	17.50%
Javne nabavke	8	16,00%	7	8.75%
Finansije	5	10,00%	6	7.50%
Obrazovanje	0	0,00%	1	1.25%
Statistika	4	8,00%	1	1.25%
Sport i omladina	0	0,00%	0	0,00%
Energija	0	0,00%	0	0,00%
Turizam	0	0,00%	0	0,00%
Ukupno:	50	100,00%	80	100,00%

Tabela 4. Broj objavljenih usluga po životnim oblastima za privredu

U tabelama 3 i 4 je dat broj objavljenih usluga po životnim oblastima. Postoji 18 životnih oblasti za građane i 16 životnih oblasti za privredu. Za neke od životnih oblasti još uvek nema eUsluga.

U Republici Srbiji, nalazi se ukupno 174 gradova i opština. Od toga trenutno na portalu eUprava, elektronske usluge pruža 59 gradova i opština, što čini ukupno 34% gradova i opština Republike Srbije.

Od 174 gradova i opština Republike Srbije, u Vojvodini se nalazi njih 45. Samo 16 gradova i opština pruža elektronske usluge, što čini ukupno 36% gradova i opština Vojvodine. [2]

U tabeli 5. je dat prikaz broja objavljenih usluga u Vojvodini.

Gradovi i opštine	Broj eUsluga
Vršac	4
Zrenjanin	21
Pančevo	4
Sombor	3
Sremska Mitrovica	23
Apatin	1
Bač	1
Bački Petrovac	3
Bečej	3
Irig	1
Kikinda	6
Kovačica	4
Novi Bečej	6
Ruma	5
Stara Pazova	1
Šid	6
Ukupno	92

Tabela 5. - Prikaz broja objavljenih usluga u Vojvodini.

U tabeli 6. je dat prikaz javnih rasprava i broj objavljenih informatora o radu u Republici Srbiji

	18.05.2014	05.12.2016
Broj objavljenih javnih rasprava	47	149
Broj objavljenih informatora o radu	83	104

Tabela 6. - Prikaz broja javnih rasprava i broj objavljenih informatora o radu.

3. POREĐENJE PORTALA ELEKTRONSKE UPRAVE REPUBLIKE SRBIJE SA PORTALIMA REPUBLIKE HRVATSKE I REPUBLIKE SLOVENIJE

U cilju sagledavanja mogućnosti sličnih portala u regionu odabarani su portali Republike Slovenije i Republike Hrvatske i izvršeno je poređenje ova tri portala.

3.1 Prednosti portala Republike Srbije u odnosu na Portal Republike Hrvatske i Republike Slovenije

- Portal eUprave Republike Srbije je moguće koristiti na ćirilici, latinici, i još šest jezika nacionalnih manjina, dok je Hrvatski portal dostupan samo na Hrvatskom jeziku, a Slovenački na ukupno četiri jezika.
- Portal Republike Srbije pruža ukupno 215 elektronskih usluga vezanih za građane, dok portal Hrvatske pruža svega 92 usluge.
- Republika Srbija je razvila sistem ePlaćanje, koje omogućava direktno plaćanje usluga uz pomoć DINA karice.
- Republika Srbija je omogućila zamenu starih zdravstvenih knjižica za nove
- Značajna stavka je svakako mogućnost „e-Zakazivanja“ za pojedine usluge.
- Portal eUprava je dao mogućnost izvršavanja elektronskih usluga vezanih za čak 59 gradova i opština u Republici Srbiji. [3]

3.2. Prednosti portala Republike Hrvatske (<https://www.gov.hr>)

- Portal Republike Hrvatske je prilagođen slepim i slabovidim osobama. Prilagođava im se samo jednim klikom, na opciju „Prilagodba pristupačnosti“.
- Kreirana je mobilna aplikacija „mPretinac“ za pristup Portalu i komunikaciju sa javnom upravom. Preuzimanje i korišćenje aplikacije je dostupno korisnicima svih smart telefona, bez obzira na operativni sistem (android, iOS, windows)
- U meniju Portala se nalazi opcija „e-Dnevnik za roditelje“ uz čiju pomoć roditelji dece koji pohađaju škole koje koriste e-Dnevnik u svakom trenutku mogu da provere ocene njihovog deteta u tekućoj školskoj godini, izostanke, beleške i ostale podatke.
- Portal Republike Hrvatske daje mogućnost korisniku da ima uvid u podatke o propisanim i izdatim lekovima, različitim nalazima i otpusnim listama itd. Sve to je omogućeno uz pomoć eKartona.

- Mogućnost pregleda pojedinih statističkih podataka koji su javno dostupni, kao što je npr. broj korisnika usluga portala, broj korisnika usluga vezanih za e-Građane itd. [4]

3.3. Prednosti portala Republike Slovenije (<https://e-uprava.gov.si>)

- Odabirom opcije “Dostopnost”, otvara nam se stranica na kojoj možemo da odaberemo kako želimo da Portal izgleda. Mogući su odabiri fontova, njihovih veličina, kao i određene teme koje mogu da se prilagode i slepim i slabovidim osobama u potpunosti.
- Još jedna od bitnih stvari koja utiče na ocenu kvaliteta Portala Republike Slovenije je da je portal prilagođen i osobama sa oštećenim sluhom, što je ogromna prednost u odnosu na portale Republika Srbije i Hrvatske.
- Portal omogućava pregled i informacije o nekretninama koje poseduje ulogovana osoba.
- Jedna od prednosti portala Republike Slovenije je svakako mogućnost korisnika da oceni portal kao celinu, i ostavi svoj komentar, predlog ili mišljenje, koje će biti pročitano i razmotreno pri daljem razvoju portala.
- Na Portalu Republike Slovenije postoji onlajn vodič, koji korisniku postavlja pitanja na koja treba da odgovori, i na osnovu odgovora, program kreira prezentaciju procedura i aktivnosti koje korisnik treba da uradi, kako bi pronašao ono što mu je potrebno.
- Omogućen je pristup mnogobrojnim statistikama vezanim za korišćenje elektronskih usluga. Sve statistike se obnavljaju na dnevnom nivou.
- Mogućnost slanja prijave kao anonimne osobe (prijava ekstremnog nasilja, prijava korupcije, prijava organizovanog kriminala itd.). [5]

4. OCENJIVANJE, POREĐENJE EUPRAVE REPUBLIKE SRBIJE SA REGIONOM

Srbija je imala najbrži rast elektronske uprave u poslednje dve godine u Evropi i na globalnoj listi UN-a po tom kriterijumu je napredovala 30 mesta. Po ukupnom indeksu razvoja eUprave, Srbija je 2014. godine bila na 69-om a ove godine nalazi se na 39-oj poziciji rang liste prema istraživanju UN-a.

Matematički, indeks razvoja e-uprave (EDGI) predstavlja srednju procenjenju vrednost procenjenih rezultata tri najvažnije dimenzije e-uprave :

1.OSI - *Indeks onlajn servisa* (eng. Online Service Index) predstavlja obim i kvalitet onlajn usluga

2.TII - *Indeks telekomunikacione infrastrukture* (eng. Telecommunication Infrastructure Index) označava status razvoja telekomunikacione infrastrukture

3.HCI —*Indeks ljudskog kapitala* (eng. Human Capital Index)

Izvršena je analiza samo onih kriterijuma na koje utiče opisani portal eUprave, a to su eParticipacija i Onlajn servis indeks.

4.1. eParticipacija

Studija UN-a o razvoju elektronskih uprava njenih članica pokazala je da se Srbija nalazi na prvom mestu u regionu po osnovu ocene **e-participacije**. Srbija prema tom kriterijumu zauzima 17. od ukupno 193 mesta. Ukoliko kao kriterijum uzmemo razvoj eServisa (njihov kvalitet), zauzimamo 24. mesto od 193 zemlje, dok smo u Evropi od 43 države zauzeli 14. mesto.

Nešto razvijenije sisteme eUprave od Srbije imaju Slovenija, pozicionirana na 21-om mestu i Hrvatska koja je na 37-om mestu rang liste UN-a. Manje razvijene su Crna Gora koja je na 47-oj, Makedonija na 69-oj i BIH na 92-oj poziciji.

4.2. Onlajn servis indeks (OSI)

Da bi se došlo do procene „indeksa onlajn servisa“ (OSI) i njihovih vrednosti, ukupno 111 istraživača, uključujući eksperte UN, onlajn volontere UN iz preko 60 zemalja sa pokrivenošću od 66 jezika, ocenjuje nacionalni sajt svake zemlje koji je na njihovom maternjem jeziku, uključujući i nacionalni portal, e-usluge portala i e-učesća portala, kao i sajtove ministarstava vezanih za obrazovanje, rad, socijalne službe, zdravstvo, finansije i životnu sredinu i njihovu primenljivost. Po ovom kriterijumu, Republika Srbija zauzima drugo mesto u regionu, odmah iza Slovenije. U ovom delu, Srbija je ostvarila ogroman napredak u odnosu na 2014. godinu kada je ostvarila učinak od 0.3937. U poslednjem ocenjivanju, 2016. godine, Republika Srbija je dobila rejting 0.8188 i ostavila Hrvatsku, Mađarsku, Crnu Goru i ostale države regiona iza sebe. U tabeli 7, su date ocene HCI, TII, OSI i finalna ocenu EDGI, njihove vrednosti iz 2014. i 2016. godine, i tako možemo utvrditi napredak Republike Srbije i država u regionu u protekle dve godine. Polja država sa najboljim rezultatima u kategoriji obojena su žutom bojom.[6][7]

5. ZAKLJUČAK

Upoređujući istraživanja u razmaku od 2 godine, evidentan je vrlo mali porast broja objavljenih usluga za privredu (40% je veći broj usluga za građane a 25% za privredu). Neophodno je u budućem periodu omogućiti veće uključivanje privrednih subjekata u onlajn servise.

Takodje, broj objavljenih eUsluga za ministratsva i ostale institucije je samo neznatno povećan, dok je uključivanje onlajn servisa lokalnih samouprava znatno u protekle 2 godine. Lokalne samouprave su i nosioci potreba za gradjane i privredu i treba maksimalno uključiti i podsticati sve lokalne samouprave. Na primeru Vojvodine se vidi neujednačenost broja servisa. Sremska Mitrovica ima više objavljenih eUsluga nego Kikinda, Sombor, Vršac, Ruma i Pančevo zajedno.

Država	EDGI		OSI		TII		HCI	
	2014	2016	2014	2016	2014	2016	2014	2016
Srbija	0.547	0.713	0.393	0.818	0.468	0.543	0.779	0.776
Albanija	0.504	0.533	0.448	0.594	0.354	0.353	0.710	0.652
Hrvatska	0.628	0.716	0.464	0.746	0.627	0.597	0.792	0.805
Mađarska	0.663	0.674	0.559	0.630	0.565	0.561	0.866	0.831
Crna Gora	0.634	0.673	0.527	0.681	0.548	0.522	0.827	0.816
Rumunija	0.563	0.561	0.440	0.456	0.438	0.453	0.810	0.773
Slovenija	0.650	0.776	0.425	0.847	0.619	0.587	0.907	0.895
BIH	0.470	0.511	0.283	0.449	0.399	0.404	0.728	0.681
Makedonija	0.472	0.588	0.244	0.608	0.452	0.469	0.719	0.687

Tabela 7. Prikaz ocena za HCI, TII, OSI kao i finalnih ocena EDGI, iz 2014. i 2016. godine

Osim toga 2/3 lokalnih samouprava nema objavljenu ni jednu eUslugu.

Porast broja objavljenih eUsluga za životne oblasti za gradjane i privredu nije veliki i prilično je nesrazmeran.

Broj objavljenih javnih rasprava je tri puta veći dok stagnacija objavljivanja informatora o radu nagoveštava da su svi državni organi ispunili tu svoju obavezu.

Portal Republike Srbije ima niz prednosti u odnosu na portale Slovenije i Hrvatske. Za neka unapredjenja portala ne treba uložiti puno truda i sredstava i tome se treba posvetiti, dok se neke dobre prakse analiziranih portala takodje mogu primeniti.

Napredak Republike Srbije na globalnoj rang listi UN po pitanju razvoje eUprave, treba da bude stimulans za dalaj unapredjenja i podsticaj za dalji napredaku u ovoj oblasti.

6. LITERATURA

[1] Nikola Maksimović, “eUprava u Republici Srbiji, portal eUprava”, diplomski rad, 2016

[2] Zoran Kalinić, Vladimir Ranković, „Razvoj e-uprave na lokalnom nivou – ocena sadašnjeg stanja i mogućnosti unapređenja“, 2014

[3] Portal eUprava Republike Srbije: <http://www.euprava.gov.rs>, 2016

[4] Portal elektronske uprave Republike Hrvatske: <https://www.gov.hr>, 2016

[5] Portal elektronske uprave Republike Slovenije: <https://e-uprava.gov.si>, 2016

[6] UN, E-Government Survey 2016: <https://publicadministration.un.org/egovkb/en-us/Reports/UN-E-Government-Survey-2016>, 2016

[7] UN, E-Government Survey 2014: <https://publicadministration.un.org/egovkb/en-us/Reports/UN-E-Government-Survey-2014>, 2014

[8] Milan Paroški, “Modeliranje i implementacija ubrzanog razvoja elektronske uprave”, doktorska disertacija, 2012

УТИЦАЈ ДИГИТАЛНЕ ПИСМЕНОСТИ НА УСПЕШНОСТ И ПРОДУКТИВНОСТ ЗАПОСЛЕНИХ

THE IMPACT OF DIGITAL LITERACY ON THE PERFORMANCE AND PRODUCTIVITY OF EMPLOYEES

Дејан Димитријевић¹, Саша Тасић², Зорица Тасић³, Марко Јанковић¹, Дејан Андрејевић⁴
 ЈКП "Паркинг сервис" Ниш¹
 Техничка школа Неготин²
 ОШ „Вера Радосављевић“ Неготин³
 ЈКП „Наиссус“ Ниш⁴

Апстракт: Информационо-комуникацијске технологије базиране на дигиталној информацији су створиле нов поглед на свет и драстично промениле начин на који сазнајемо, учимо, комуницирамо, организујемо своје приватне обавезе и проводимо слободно време али и начин на који организујемо и реализујемо посао. Успешност запослених у све већој мери зависи од њихове дигиталне писмености. Самим тим, јавља се велика веза између дигиталне писмености и ефикасности запослених. Запослени који у свом раду користе рачунар без већих потешкоћа уједно су и успешнији, са више самопоуздања и вере у своје радне способности. Запослени који у свом раду не користе рачунар, било зато што не познају рад на рачунару или зато што сматрају да је за обављање њиховог посла непотребна употреба рачунара, постижу далеко мање успеха у раду и често заостају у реализацији радних задатака, а неретко и ометају у раду друге запослене који познају рад на рачунару.

Овим истраживањем покушали смо да откријемо колики је утицај познавања рада на рачунару на продуктивност запослених.

Истраживањем смо дошли до закључка да је утицај дигиталне писмености на продуктивност и успешност запослених велика и да одређени број запослених у свом раду тражи помоћ приликом рада на рачунару што додатно смањује њихову продуктивност.

Кључне речи: познавање рада на рачунару, ефикасност запослених, информационе технологије, самопоуздање запослених.

Abstract: Information and communications technology based on digital information created a new view on the world and drastically changed the way we perceive, learn, communicate, organize our private obligations and spend free time and the way in which we organize and perform our job. Performance of employees starts increasingly to be dependent on their digital literacy. Therefore, there is a close connection between digital literacy and efficiency of employees. Employees who at work use computers without major difficulties are successful, with more self-confidence and faith in their work capacity. Employees who do not use computers at work, either because they are not able to use it or because they find that their jobs do not require use of computers, achieve far less success in work and often lag behind in

the implementation of work tasks, and often disturb other employees who are familiar with computer work.

In this research we have tried to discover the impact of computer literacy on employees' productivity. The study came to the conclusion that the impact of digital literacy on productivity and performance of employees is significant and that a certain number of employees in their work ask for help in computer work, which further reduces their productivity.

Keywords: computer skills, employees efficiency, information technology, employees self-confidence.

1. УВОД

У данашњем друштву употреба информационо-комуникацијских технологија постала је саставни део живота и рада друштва у целини. Све говори у прилог томе да ће се друштвени развој и даље кретати у правцу све веће дигитализације друштва - у погледу организације и функционисања тржишта роба и услуга, јавног сектора, у погледу продукције и дистрибуције сервисних и других информација, у погледу организације и реализације друштвених односа... Чињеница да се друштво све више дигитализује истовремено значи да један део популације у друштву све мање партиципира. Процес дигитализације друштва је истовремено процес маргинализације оног дела популације који овом свету дигиталних инфомација и услуга не зна да приступи. Ово раслојавање додатно убрзавају могућности које информационо-комуникацијске мреже пружају реализацији концепта свеживотног учења. Практично они који имају приступа овом дигиталном свету у прилици су да своју свеколику егзистенцију осетно унапреде, а они који немају могу сутра изгубити и оно што су до јуче веровали да им је неотуђиво (Снежана Медић, 2011.)

Дигитална писменост представља способност особе да ефективно користи рачунар у свом раду и ван радног места. У широком опсегу занимања неопходна је дигитална писменост за обављање стручних задатака, али је дигитална писменост постала и важан фактор социјализације сваког грађанина, јер у свакодневном животу грађани имају потребу да направе молбу и електронском поштом је пошаљу некој државној служби или да плате своје рачуне „преко интернета“. (са сајта

<http://www.microsoft.com/serbia/obrazovanje/pil/materija/li/default.aspx> 15.01.2015.)

Интернет је данас један од најважнијих алата савременог пословања који омогућује повећање ефикасности и оптимализације самог процеса пословања, као и адвертајзинга и промоција (Доц. др Ванче Бојков).

Неопходност познавања рада на рачунару више се и не доводи у питање, сада се само поставља питање до које мере познавање или непознавање рада на рачунару утиче на продуктивност запослених. Главни циљ овог истраживања је испитивање утицаја познавања рада на рачунару и уопште дигиталне писмености на продуктивност запослених.

Квалитет обављања већине делатности данашњице у великој мери условљен је познавањем рада на рачунару и дигиталне писмености уопште. Непостојање основне дигиталне писмености код одређеног, не тако малог броја запосленог становништва у великој мери отежава и успорава обављање послова. Непознавање рада на рачунару посредно умањује квалитет обављања посла и утицањем на самопоуздање запослених, веру у сопствене могућности и капацитете. Запослени који се континуирано стручно усавршавају, прате развој науке и технике, раде на надограђивању својих професионалних капацитета, далеко су успешнији од запослених који се упорно „боре“ против новина уопште а посебно против новина везаних за област информационо-технолозија. „Информационе и комуникационе технологије су довеле до промена и оне људима и компанијама које се налазе на удаљеним локацијама олакшавају комуникацију и пословање. Великом броју људи, без обзира где живе, отварају се невероватне могућности да постану део глобалне економије.“ (са сајта <http://www.microsoft.com/serbia/obrazovanje/pil/default.aspx> 15.01.2015.).

Улагање у људски капитал, и подизање нивоа дигиталне писмености ће нам обезбедити стварање информационог друштва у коме ће сви користити бенефите примене информационо-комуникационих технологија. Набројаћемо неке од њих: уштеда времена и новца услед повећане продуктивности запослених, квалитетније обављање посла, повећано задовољство и додатна мотивација запослених, напреднија комуникација у организацији, повећање искоришћења ИТ ресурса, флексибилност учења у складу са захтевима запослених и послодавца, праћење додатног образовања запослених, повећање продуктивности нације и конкурентности радне снаге, већи приступ грађана информационом друштву, веће коришћење услуга у мрежи. (са сајта <http://www.ecdl.rs/faq/index.htm> 15.01.2015.)

2. МЕТОДОЛОГИЈА ИСТРАЖИВАЊА

Инструмент истраживања је анкета која је примењена на укупно 87 испитаника,

од тога 29 мушког и 58 испитаница женског пола. Део испитаника запослено је у образовању (једна основна и једна средња стручна школа) а део испитаника запослено је у једном јавном предузећу. Највећи број испитаника је старости од 30 до 40 година (41 испитаник - 47%), 20 испитаника (23%) је старости од 40 до 50 година, 17 испитаника (20%) је старости преко 50 година а 7 испитаника (8%) је старости од 25 до 30 година. Двоје испитаника није дало податак о годинама старости. 48 испитаника (55%) је до 40 година старости.

25 испитаника (29%) има од 5 до 10 година радног стажа и исто толико од 10 до 20 година радног стажа. 19 испитаника (22%) има од 20 до 30 година радног стажа, 10 испитаника (11%) има до 5 година радног стажа а 6 испитаника (7%) преко 30 година радног стажа. Двоје испитаника није дало одговор на питање о годинама радног стажа.

60 испитаника (69%) има до 20 година радног стажа. Из наведеног се види да је узорак испитаника млађа радно способна популација од које се очекује боље познавање рада на рачунарима у сврху обављања радних задатака у оквиру својих надлежности.

Што се тиче стручне спреме: 62 испитаника (71%) има 7. степен стручне спреме, 13 испитаника (15%) има 4. степен стручне спреме, 10 испитаника (11%) има 6. степен стручне спреме и по 1 испитаник има 8. и 5. степен стручне спреме.

3. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

1. Највећи број испитаника, њих 29 (33%), своје познавање рада на рачунару оценило је четворком (на скали од 0 до 5), њих 23 (26%) своје познавање рада на рачунару оценило је петицом, 17 испитаника (20%) своје познавање рада на рачунару оценило је тројком, 8 испитаника (9%) двојком и 2 испитаника (2%) своје познавање рада на рачунару оценило је јединицом. Осам испитаника није желело да оцени своје познавање рада на рачунару.

2. Према оцени испитаника, рачунар у свокодневном животу најчешће користе у следеће сврхе:

- информисање (Дневне новине, енциклопедије, форуми..) – 80 испитаника – 92%
- Истраживање за потребе посла – 73 испитаника – 84%
- Дружење и комуникација – 58 испитаника – 67 %
- Учење – 55 испитаника – 63%
- Забава и разонода – 52 испитаника – 60%
- За куповину производа и услуга преко интернета – 39 испитаника – 45%
- За плаћање рачуна (Е - банкарство) – 25 испитаника- 29%

- не користим рачунар у слободно време – 1 испитаник – 1%



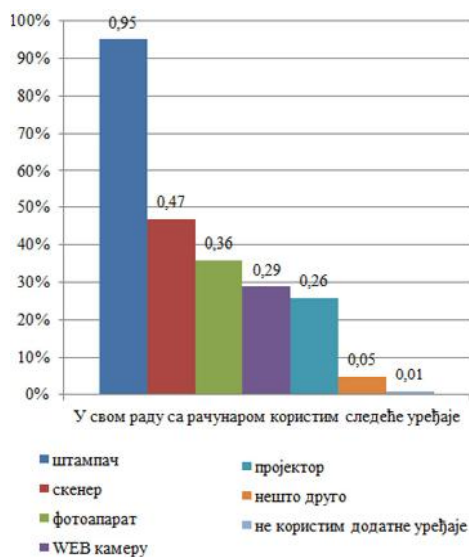
Слика 1

3. На питање „Колико често користите рачунар у свом послу“ испитаници су одговорили на следећи начин:

- свакодневно – цео дан – 32 испитаника – 37%
- свакодневно – неколико сати – 34 испитаника – 39%
- повремено у току недеље – 22 испитаника – 25%
- не користим рачунар у обављању свог посла – 1 испитаник – 1%

4. На питање „У свом раду са рачунаром користим следеће уређаје“ испитаници су одговорили на следећи начин:

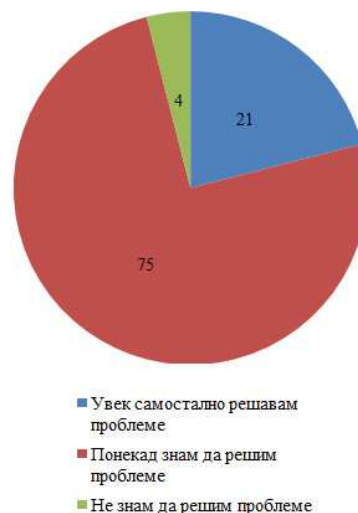
- штампач – 83 испитаника – 95%
- скенер – 41 испитаник – 47%
- фотоапарат – 31 испитаник – 36%
- WEB камеру – 25 испитаника – 29%
- Пројектор – 23 испитаника – 26%
- Нешто друго (телефон, ТВ, цојстик, СД картицу, хард диск) – 4 испитаника – 5%
- не користим додатне уређаје – 1 испитаник – 1%



Слика 2

5. На питање „Знам да решим основне проблеме са којима се сусрећем у раду на рачунару“ испитаници су одговорили на следећи начин:

- Увек самостално решавам проблеме са којима се сусрећем у раду са рачунаром – 18 испитаника – 21%
- Понекад знам да решим проблеме са којима се сусрећем у раду са рачунаром – 65 испитаника – 75%
- Не знам да решим проблеме са којима се сусрећем у раду са рачунаром – 4 испитаника – 4%

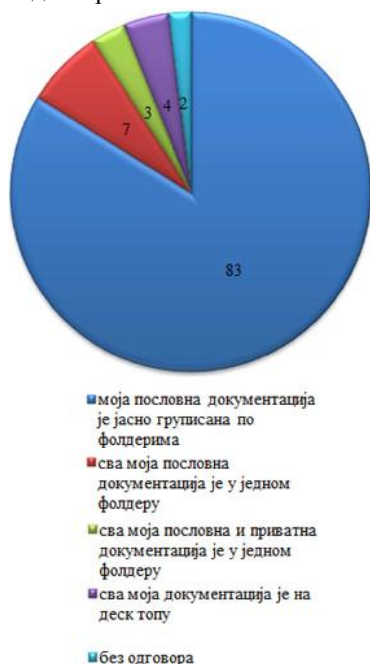


Слика 3

6. На питање „Знам да групишем пословну документацију за потребе посла“ испитаници су одговорили на следећи начин:

- моја пословна документација је јасно груписана по фолдерима – 72 испитаника – 83%
- сва моја пословна документација је у једном фолдеру – 6 испитаника – 7%

- сва моја пословна и приватна документација је у једном фолдеру – 3 испитаника – 3%
- сва моја документација је на деск топу – 4 испитаника – 4%
- без одговора – 2 испитаника – 2%



Слика 4

7. На питање „Знам тачно где ми се налази сваки пословни документ“ испитаници су одговорили на следећи начин:

- знам и могу брзо да нађем тражени документ – 54 испитаника – 62 %
- углавном знам али ми треба времена да пронађем документ – 27 испитаника – 31%
- потребно ми је више времена да пронађем тражени документ – 3 испитаника – 3%
- имам превише документације и често ми је потребна помоћ да пронађем документ – 3 испитаника – 3%
- најчешће не могу да пронађем тражени документ – није било одговора

8. На питање „Знам да откуцам и уредим извештај, молбу или сличан текстуални документ“ испитаници су одговорили на следећи начин:

- знам да откуцам и детаљно уредим текст – 76 испитаника – 87 %
- знам да откуцам али ми је потребна помоћ око уређивања текста – 7 испитаника – 8%
- за ове послове тражим помоћ колеге или техничке подршке – 4 испитаника – 5%
- не знам да користим програме за обраду текста – није било одговора



Слика 5

9. На питање „Знам да уметнем слику и табелу у тексту где је то потребно“ испитаници су одговорили на следећи начин:

- Знам да уметнем слику и табелу у текст – 66 испитаника – 76%
- за ове послове тражим помоћ колеге или техничке подршке – 19 испитаника – 22%
- не знам да користим програме за обраду текста – 2 испитаника – 2%



Слика 6

10. На питање „Знам да креирам табелу са потребним колонама и редовима у програму за табеларне калкулације“ испитаници су одговорили на следећи начин:

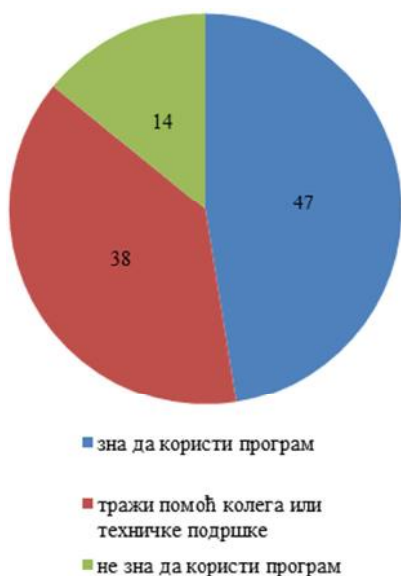
- знам да креирам табелу са потребним колонама и редовима – 56 испитаника – 64%
- за ове послове тражим помоћ колеге или техничке подршке – 23 испитаника – 26%
- не знам да користим програме за табеларне калкулације – 6 испитаника – 7%
- без одговора – 2 испитаника – 3%

11. На питање „Знам да користим уграђене математичке формуле у програм за табеларне калкулације или да креирам своје формуле за обраду унесених података“ испитаници су одговорили на следећи начин:

- знам да користим уграђене формуле и да користим своје – 30 испитаника – 34%
- знам да користим уграђене формуле – 14 испитаника – 16%
- за ове послове тражим помоћ колеге или техничке подршке – 31 испитаник – 36%
- не знам да користим програме за табеларне калкулације – 12 испитаника – 14%

12. На питање „Знам да представим обрађене податке из табеле у виду графикана “ испитаници су одговорили на следећи начин:

- Знам да представим обрађене податке из табеле у виду графикана – 38 испитаника – 44%
- за ове послове тражим помоћ колеге или техничке подршке – 32 испитаника – 37%
- не знам да користим такве програме – 17 испитаника – 19%



Слика 7

13. На питање „Знам да креирам презентацију на рачунару када хоћу нешто да прикажем или да објасним свој рад“ испитаници су одговорили на следећи начин:

- Знам да креирам презентацију на рачунару – 47 испитаника - 54%
- Знам да креирам текстуалну презентацију али ми је потребна помоћ око уметања слика, табела, графикана, ефеката – 13 испитаника – 15%
- за ове послове тражим помоћ колеге или техничке подршке – 17 испитаника – 20%
- не знам да користим такве програме – 7 испитаника – 8%
- без одговора на питање – 3 испитаника – 3%



Слика 8

14. На питање „Знам да шаљем и примам електронску пошту“ испитаници су одговорили на следећи начин:

- Знам да шаљем и примам електронску пошту – 76 испитаника – 87%
- Знам само да отворим (прочитам) примљену пошту – 2 испитаника – 2%
- Знам да шаљем и примам електронску пошту али ми је потребна помоћ када хоћу да у пошти пошаљем/отворим додатни документ (attachment) – 4 испитаника – 5%
- за ове послове тражим помоћ колеге или техничке подршке – 4 испитаника -5%
- не знам да користим такве програме – 1 испитаник- 1%

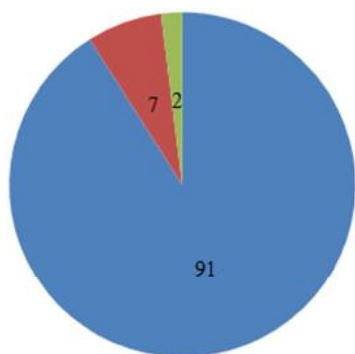
15. На питање „Знам да користим интернет претраживач да бих видео садржај неке интернет странице“ испитаници су одговорили на следећи начин:

- Знам да користим интернет претраживач у потпуности - 79 испитаника – 91%

- Знам да отворим страницу али не и да снимим њен садржај – 5 испитаника – 6%
- за ове послове тражим помоћ колеге или техничке подршке – није било одговора
- не знам да користим такве програме – није било одговора
- без одговора – 3 испитаника – 3%

16. На питање „Знам да пронађем потребне информације на интернету, нпр. помоћу google претраживача“ испитаници су одговорили на следећи начин:

- Знам да користим интернет претраживач и проценим корисне садржаје – 83 испитаника – 95%
- Знам да користим интернет претраживач али тешко проналазим корисне садржаје – 2 испитаника – 2%
- за ове послове тражим помоћ колеге или техничке подршке – 2 испитаника – 2%
- не знам да користим такве програме – није било одговора



- зна да користи програм
- тражи помоћ колега или техничке подршке
- без одговора

Слика 9

17. На питање „Колико често тражите помоћ око рада на рачунару на послу“ испитаници су одговорили на следећи начин:

- Не тражим помоћ, самостално користим рачунар – 44 испитаника – 51%
- Повремено у току недеље тражим помоћ – 41 испитаник – 47%
- Свакодневно више пута тражим помоћ – 2 испитаника 2%

18. На питање „Када бих научио боље да користим рачунар и програме, ефикасније бих завршавао радне задатке и имао бих више

самопоуздања на послу“ испитаници су одговорили на следећи начин:

- Слажем се у потпуности, то би повећало ефикасност на послу – 58 испитаника – 67%
- Делимично се слажем, то би донело незнатно повећање ефикасности на послу – 17 испитаника – 20%
- Не слажем се, тиме не би повећали ефикасност на послу – 6 испитаника – 7%
- 8 испитаника није дало одговор на ово питање

19. На питање „Путем ове анкете сам схватио да постоје неки видови коришћења рачунара који би ми помогли у раду као и у свакодневном животу. Желео бих да проширим своја знања у следећим областима рада на рачунару:“ испитаници су одговорили на следећи начин:

- Коришћење програма Microsoft Office – Excel – 7 испитаника
- Коришћење програма Power Point – 6 испитаника
- Коришћење програма Microsoft Office – Word, Access
- Web и графички дизајн
- Fotoshop
- Технички проблеми у раду са рачунаром
- Манипулисање мултимедијалним садржајима
- Коришћење књиговодствених програма
- Коришћење математичких формула

4. ДИСКУСИЈА

Као што је већ наведено узорак испитаника представља млађу популацију радно способног становништва од којег се очекује познавање рада на рачунарима у сврху обављања радних задатака у оквиру својих надлежности. Већина анкетираних наводи вишеструку употребу рачунара (информисање, комуникација, учење... слика 1) и најчешће додатне уређаје за рачунар (штампач, скенер, камера... слика 2). Резултати добијени истраживањем показују да степен познавања рада на рачунарима, коришћење основних апликативних програма и комуникационих технологија није на највишем нивоу. Већина анкетираних испитаника (67%) истиче да „Када бих научио боље да користим рачунар и програме, ефикасније бих завршавао радне задатке и имао бих више самопоуздања на послу“ што потврђује нашу претпоставку са почетка истраживања да постоји велика повезаност између познавања рада на рачунарима и продуктивности запослених.

На питање „Знам да решим основне проблеме са којима се сусрећем у раду на рачунару“, највећи број испитаника (65 испитаника – 75%) наводи да понекад

зна да реши проблем са којим се среће у раду са рачунаром (слика 3).

Одговори на питање: „Колико често тражите помоћ око рада на рачунару на послу“ где је 41 испитаник – 47% одговорио да помоћ тражи повремено у току недеље, указује на то да постоје запослени који у свом раду ремете продуктивност других запослених тражећи помоћ од њих.

Анализом одговора на питања везана за употребу интернета и електронске поште (слика 9), долази се до закључка да запослени у великом степену знају да користе интернет али да програме који су далеко потребнији за ефикасно обављање посла попут Worda (слика 6), Excela (слика 7), Power Pointa (слика 8) и других програма за обраду текста, табеларне калкулације, приказивање презентација, отежаније користе и чешће им је потребна помоћ колега или техничке подршке.

Што се тиче вештина управљања документацијом већина испитаника наводи да групише документацију према намени у различитим фолдерима и то олакшава каснији рад, али изван процена има проблема приликом тражења сопствене документације – 31% испитаника, што указује на спорије решавање радних задатака (слика 4 и 5).

Све напред наведено говори у прилог томе да је утицај дигиталне писмености на успешност и продуктивност запослених велика и да ће време које долази, даљи развој науке и технике захтевати познавање рада на рачунару и дигиталну писменост уопште у истој мери као и познавање своје струке. У свему томе образовни систем игра најзначајнију улогу. Предмет „Информатика и рачунарство“ који је тренутно у групи изборних предмета морао би добити статус обавезног предмета. Елементарна знања из области информатике и рачунарства ученици би требали да стекну током основне школе, даље надограђивање тих знања би текло током средње школе и факултета и то уско стручније у зависности од посла којим би се појединац требао бавити. Тако би друштво добило стручне и дигитално писмене грађане. То је нешто о чему би посебно требало размишљати и на чему би требало детаљније радити. До тада, за радно способно становништво које је већ завршило формално образовање и које већ увелико ради потребно је организовати специјализоване курсеве који су од интереса предузећима у циљу што успешнијег и продуктивнијег обављања посла.

5. ЗАКЉУЧАК

Дигитална писменост као способност особе да на ефикасан начин користи рачунар у свакодневном животу а посебно за потребе посла којим се бави, препознаје се као један од значајнијих фактора успешности и продуктивности запослених. На индиректан начин дигитална

писменост једног запосленог утиче на успешност и других запослених, јер запослени који има потешкоће у коришћењу рачунара и често тражи помоћ колега омета и друге у завршавању својих радних задатака.

Овим истраживањем дошли смо до закључка да је утицај дигиталне писмености на продуктивност и успешност запослених велика и да је свако напредовање особе у области дигиталне писмености од великог значаја за њену успешност и самопоуздање уопште.

Чињеница да је истраживањем обухваћено 55% запослених испитаника до 40 година старости, који притом у највећој мери (71%) имају 7 степен образовања, указује на то да се очекује веће познавање рада на рачунарима у сврху обављања радних задатака у оквиру својих надлежности. Да би боље познавање рада на рачунарима допринело ефикаснијем обављању радних задатака, увиђају и сами испитаници који су то и потврдили својим одговорима на питања.

Примена рачунара и коришћење интернета има велики утицај на свет у коме живимо. Тенденција сталног додавања нових услуга чини нас покретљивијим и продуктивнијим, а развој технологије добија све значајнију улогу у пословању и друштву.

Повећање успешности и продуктивности можемо постићи улагањем у усавршавање и развој дигиталне писмености запослених.

6. ЛИТЕРАТУРА

- Снежана Медић (2012): *Дигитална писменост, водич за наставнике и полазнике први циклус*, Пројекат „Друга шанса“ - Развој система функционалног основног образовања одраслих у Србији који реализује ГОПА Консалтантс (GORA Consultants), Београд
- Доц. др Ванче Бојков: *Пословни бонтон у електронском комуницирању*, Електронски факултет Ниш, Ниш
- *Microsoft „Partner u učenju“*
<http://www.microsoft.com/serbia/obrazovanje/pil/materija/li/default.mspix> (15.01.2015.)
- ECDL (European Computer Driving Licence)
<http://www.ecdl.rs/faq/index.htm> (15.01.2015.)

Teaching with Wikis and Blogs in Higher Education

PhD Dragan Cvetković¹, M.A. M.Sci. Branko Medić², PhD Marko Mijatović³

¹ University of Novi Sad, Faculty of Education, Podgorička 4, 2500 Sombor, Republic of Serbia

dcveles@gmail.com

² Technical College of Applied Sciences, Marka Oreškovića 16, 24000 Subotica, Republic of Serbia

brankomedic@gmail.com

³ International university in Brčko, M. Malića i I. Džindića bb. 76100 Brčko Distrikt, Bosna and Hercegovina
marko.mijatovic@hercegovina.edu.ba

Abstract: This paper will provide a literature overview and research arguments for the use of Web 2.0 technologies, in particular, how wikies and blogs can facilitate learning in Higher Education contexts. The researcher will provide arguments for the use of Wikies and Blogs as beneficial tools for students-centered activities as such tools encourage peer-to-peer construction of assignments. In the same line, some researchers argue for the use of Wikies and Blogs as such tools involve learners into different contexts of learnings. In addition, the paper will research the benefits of Web 2.0 tools (Wikies and Blogs) as they relate to knowledge co-construction, reflective thinking and collaboration between our learners. Finally, the paper will also provide a literature review on possible problems of using such tools in today's classroom environments. In this research paper, the literature review is provided on account of present-day case studies and the researcher's interpretation of such studies as understood from the available literature.

Keywords: Wikis, blogs, review of potentials, teaching, life-wide learning, flexible learning

I. Introduction

Wikis and Blogs are eventually becoming the ideal tools for facilitating student-centered activities in higher education. They achieved that through production of student materials bearing in mind the different contexts of learning. Blogs and wikis facilitate learning by improving the construction of knowledge by the students, then equip them with critical reflective thinking and also affect the increased cooperation among the students for a joint effort of supplying themselves with the

necessary information [1]. Many research papers highlight the positive aspects of the use of wikis and blogs as tools which improve the students learning in higher education. The aim of this paper is to highlight the potentials and the positive aspects of wikis and blogs in higher education, as well as Web 2.0 and also pitfall which they represent in teachings and students learning. Don (2009a and 2009b) points out the theoretical basis and action possibilities of Web 2.0 tools and identify its specific potentials and benefits of its use. Then in this paper will be shown the actual use of wikis and blogs in higher education, which will be supported by specific case studies for each of these uses. These case studies will present a theoretical basis upon which they can evaluate the potentials of wikis and blogs as tools for learning in higher education and also provide insight into the pitfalls they may encounter.

II. The benefits of Web 2.0 for learning contexts in higher education

Web 2.0 does not entirely rely on the technology itself, but it works using the so-called Web technology through an interactive two-way communication between the users. It provides users with a complete transformation of data as well as their re-use with complete freedom independently of copyright. Below, we will be shown the main advantages of using Web 2.0 in higher education [2]:

Facilitating flexible learning through contexts in Higher Education: Web 2.0 activities provide the students with the necessarily focus on re-use of data and also provide a better connection between the students themselves in the integration of different topics that might interest them (Jarvis

2007). On the other hand, some have a different view of flexible learning that it is more of a certain supplement of the course learning mentioned by Farmer et al(2008), and Ducate & Lomacka (2008).

Developing of specific skills for primary function in contemporary society: Use of Web 2.0 activities implies development of various skills where among all is the development of communicative skill in the creation of knowledge through interaction with Web 2.0 media. It should also be mentioned the skills in navigation and structuring of digital resources including the ability to adopt the critical thinking and evaluation of data in Web 2.0 media. The importance of developing these skills in today's networked global society is urged to different ways by e.g. Bruns & Humphreys (2005), Gleaves et al (2007), and Singer (2008).

Certain advantages in teachings and learning: Advantages of Web 2.0 in learning activities are prioritizing content materials which are created by the students themselves. The most important advantage is that Web 2.0 activities contribute easier building of individual skills on students and the building of a common knowledge among them. Constructive arguments cited e.g. dozens of & Lomack (2008), Xie et al (2008), Farmer et al (2008), Gleaves et al (2007), and & Smørdaal Lund (2006).

Creating student motivation and significance of course material: Web 2.0 activities are fully concentrated to its customers and have a motivating incentive for the students because of the supplementing of the overall student experience and attitudes, and on this basis we can emphasize particular significance of the use of Web 2.0 on the students. This is often the case when the Web 2.0 activities deriving the educational frameworks and in return include student experiences. Cf. e.g. Dozens of & Lomack were the authors who have contributed the creation of motivational arguments [3].

Ease of participation in learning activities through the use of communication: Often the most popular Web 2.0 sites like Facebook, Wikipedia and other blogs represent the primary means of communication among the students. Because of their great popularity that changed the framework of communication in higher education and introduced the world to a modernized age of exchanging information, Web 2.0 activities are regarded as a means of facilitating communication and learning on students.

III. Web 2.0 as it applies to Wikis and Blogs in higher education

Using Wikis and blogs in the literature varies depending on the purpose for which intention and by which users they are used. They can be used

by students as a knowledge base, as well as by teachers in the education program as part of the material for the students. (cf. e.g. Parker and Chao 2007; Duffy and Bruns 2006; Ferris and Wilder 2006). They are however best known as the technological tools in the creation of teaching informations and can be used as technological, administrative and institutional reasons. It is important to point out their primary function when used by students as tools for information sharing, commenting, posting and other forms of interactive communication [4].

It is important to note that Wikis as a communication tools in higher education are not the only form of distribution authorship because blogs are also type of communication tools used by users since it also provides features like writing and posting comments. Bearing in mind that the Wikis and blogs are used in other contexts than educational tools they also represent some visual clues to their customers because they enable the use and reuse of data, a good example of this are the students themselves in higher education who have used wikis and blogs to this manner.

Referring to the arguments Wikis provide various usefulness to students depending on their purposes and the distribution of electronic information base. The current structure of the wikis was introduced in the way so that the pages are filled with one event, person, term or concept. Their primary role lies in the education to students and learning, the basis of information sharing that encourage facilitation of students learning functions. Blogs on the other hand also provides the ability to communicate as wikis do, only on blogs the identity of communicator is expressed. They are characterized by their commentary functions. Blogs in higher education facilitate certain functions such us discussions, exchange of experiences, expression of personal views and beliefs [5].

IV. Review of literature for the use of Wikis

In the next part of this paper will be presented the benefits of using Wikis in the literature [6].

Wiki method for gaining understanding about the content course - There are many examples of uses of Wikis on this basis and Lund & Smørdaal (2006) provide a further example. This way of using Wikis is supported by the effect of writing upon learning (Dysthe & Engelsen 2005). This Wiki method is based on the student intake of certain concepts, theories and methodologies and their mutual relationships. The main objective of this Wiki method is to facilitate understanding of the course, while the construction of the base can be seen as a secondary objective.

Joint Information composition - This advantage of Wikis is reflected in that position that will enable the use of Wikis not only in the current classes, but also in the future, bearing in mind that in future the Wikis will build and expand their knowledge base, and therefore will be accessible to a growing number of people from around the world, Bruns & Humphreys (2005). This use of Wikis has prioritized the creation of informational base for future contexts, but it can certainly be used in the present ones [7].

The development of course, general and ICT competences- here the use of Wikis is reduced mainly to its pedagogical function and it facilitate the development of various skills such as understanding of a particular culture, foreign language and general skills. The content of the Wikis is expected to differ from the learned activity depending on the goal that is set as the default. Bruns & Humphreys (<http://wiki.media-culture.org.au>) pointed out that many of the entries on the wikis had only one author [8].

V. Review of literature for the use of Blogs

In the next part of this paper will be presented the benefits of using Blogs underpinned by present-day literature.

Blog method for gaining understanding about the content course - The main reason for using blogs in this manner is similar to that of Wikis. I also had the opportunity to use blogs as a means of connecting with the Wikis. My students had the task to ask questions from the reading data before class. These questions I used as a means of creating my classes. Singer (2008) and Farmer et al (2008) also reported similar cases of the use of blogs, except that the only difference is that their blogs were mainly used for the additional content of the course.

The development of course, general and ICT competences - Here, the blogs are mainly used as secondary activity. The real example of this was given by Dozens of & Lomack (2008) in their experiment with blogs where they, with the help of students, performed assessment of blogs. More specifically students in courses of German and French were given to first study, read and comment on blogs in their native language and later to write their own blogs. The aim of this activity was the development of language skills. Xie et al (2008) have also used blogs in scientific purposes in order to facilitate students reflective and metacognitive skills. They explained their design as assessment of feedback. The main aim was the students relation to subjects.

Creating relationships between educational topics and experience knowledge- I myself have had the opportunity to witness this use of blogs that

were used by the students in a particular program in which they took the degree of their social education by working part-time, where the condition for inclusion in this project was 5 years of working experience in pedagogical institutions. Here the blog was the main subject of discussions of various issues, exchange of experience and theoretical perspectives [9].

Counselling of institutions on a variety of subjects- This use of blogs is used by the University of Copenhagen for the benefit of students who were working on their master's theses (<http://specialebloggen.hum.ku.dk/skrivecentret/index.php?noid=-1>). Blog was a place where students come to share their experiences on writing master's thesis, and advise each other on various issues.

VI. Possible problems and counter-arguments in the use of wikis and blogs to facilitate learning

Using the wikis and blogs in addition to all the positive aspects can entail with them a number of potential problems and pitfalls in their use. Among the key issues that can be pointed out are: evaluation and criteria of quality, certain abilities required of the students, fastening learning activities and also the teaching roles [10].

The question is does the learning activities of students have a pedagogical effect for students in terms of facilitating learning, mastering certain courses and the development of entirely new skills. Or on the other hand learning activities are encouraged with the aim of supporting the student in the project of transformation and use of an integrated sense and experience, knowledge and attitudes, and perspectives relating to the activities in which the student participates. Here can be noticed a certain ambiguity between the potential of 1 and 4 on the one hand, and the potential of 2 and 3 on the other. These ambiguities are causing some tensions in Wikis and blogs usage. It is pointed out the ULC case, where the intention of blogs was to solely support students learning. Yet in practice from blogs was expected, by students and teachers, that they have a certain educational function. After these expectations both students and teachers initiated participation in the activities in the blogs where teachers disappointment was the fact that theoretical level was not high enough, and students created concerns about the exact function and usefulness of the blogs Don (2009c).

It should be also mentioned the case of AVC Blogs where they found certain problems with the blog moderator and their limited role in participation, their actual practice of commenting on issues raised by the students. The purpose of the blogs was originally to provide students with the exchange of experiences on their academic theses. However the implementation of blogs in the

university where they are constantly supervised and monitored by paid consultants seems that these consultants felt that they are in constant need to be available for commenting [11] [12] [13].

A case study which also should be noted published by Bruns & Humphreys (2005), which has two purposes. First of all it emphasizes the explicit purpose which aims to create a network encyclopedia that would be beneficial both for the present and for the future students, but also for the whole world. On the other side it stands out their imposed purpose of restrictions that limits the number of students allowed per entry. Bruns & Humphreys suggested that these restrictions can have a detrimental effect on the amount of student skills.

There are certain pitfalls which cases may show when talking about ambiguity. It should be noted that there are certain risks which posed implicit expectations of teachers in the context of the educational objectives that will entail the implicit demands of students who are in conflict with the mentioned purpose. Another pitfall to be avoided is that the educational context almost has no role in "sense-making" on certain students compared to other life contexts [14] [15].

The next question that occurs is related to the assessment of the quality criteria. Here again there is a trap setting the implicit expectations of competence at students, acceptance of other criteria of quality of one's assessment of practice than of those of which he is aware. Quality issues also were evident in my courses where students performed copying passages from Wikipedia. Since such inputs have to be changed by the teachers before the announcement in the case of Bruns & Humfri, points that quality problems are also present here. Blogging announced by Singer (2008) Ducate & Lomack (2008) and Farmer et al (2008) seems that they gave such participation a priority over the quality of the content. It seems obvious that the unjustified setting of priorities on participation through quality content is another trap that should be avoided in employment of learning wikis and blogs [16].

The role of the teachers in interaction with students can pose a problem when using wikis and blogs. Teachers are in a dispute over moderators of Wikis and blogs due to the limited presentation of views in which teachers have concluded that it will be unclear both for teachers and for students.

Lund & Smørdal (2006) report that the role of the teacher was very difficult in two wiki project. Singer (2008) describes the blog activity where the teacher was also experimenting with different types of participation in order to find balance between "real" Web 2.0 in the act of students and teachers (who passed with almost no activity on the blog) and overly didactic approach which controlled the interview. From all this derive

certain pitfalls in teachers during their excessive determination and participation of meaning, as well as insufficient participation of the teachers leading the students to wonder about the utility of teachers, and students were deprived with feedback on their participation in the quality criterion [17] [19].

Finally it should be mentioned the question of introducing of wikis and blogs as tools to facilitate learning in higher education that could lead to the implicit requirement of competence for students due to tensions between web 2.0 and education goals. This question can be a pitfall in which the participation of students is assessed in practice with other criteria than those which students and teachers are aware of. Another pitfall can arise from the use of wikis and blogs as tools for learning because it can lead to the creation of complete new abilities as opposed to those that are listed as goal activity [19] [20].

VII. CONCLUSION: Setting the path for the future potentials

This paper reviewed the use of Wikis and blogs by the students, as well as their facilitating role in student-centered activities in higher education. For the last couple of years there is a growing in the use of wikis and blogs. They offer many ways to consider the use of these tools to supplement class discussions. Students feel more involved and in charge of their learning experiences and they also have viable chances to participate in learning outside of the classroom. Students work and learn more efficiently, and they feel that it is easier to prepare for exams. Both Wikis and blogs are easy to learn and use with step by step user guidelines. They allow users to share their articles, views and comments and build a network with similar interests. One of their biggest role is to provide collaborative learning and promote communication skills. Wikis and blogs create a common goal of participation and are helping learners to develop social skills. Students are encouraged, especially in writing and reading, and class activities take place in virtual setting rather than traditional classrooms. Over time, the continued use of wikis and blogs for educational purposes, outside of school action possibilities of these tools can be transformed into educational Web 2.0 action opportunities for teachers and students, transforming the way of educational practices.

VIII. REFERENCES

- [1.] Alexander, B. (2006). Web 2.0: A New Wave of Innovation for Teaching and Learning? *EDUCAUSE Review* 41 (2), 34-44.

- [2.] Boud, D., & Feletti, G. (Eds) (1997). *The challenge of problem-based learning*. 2nd Edition. London: Kogan Page.
- [3.] Boulos, M. Maramba, I. & Wheeler, S. (2006). Wikis, blogs and podcasts: a new generation of Web-based tools for virtual collaborative clinical practice and education. *BMC Medical Education* 6.
- [4.] Bruns, A., & Humphreys, S. (2005). Wikis in teaching and assessment: The M/Cyclopedia Project. *WikiSym '05 – Conference Proceedings of the 2005 International Symposium on Wikis*, 25–32.
- [5.] Dirckinck-Holmfeld, L. (2002). Designing virtual learning environments based on problem oriented project pedagogy. In L. Dirckinck-Holmfeld, & B. Fibiger, (Eds.), *Learning in virtual environments*. (pp. 31–54).
- [6.] København: Samfundslitteratur. Dohn, N. (2009a). Web 2.0: Inherent tensions and evident challenges for education, *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 4 (3), 343-363.
- [7.] Dohn, N. (2009b). Affordances revisited: Articulating a Merleau-Pontian view. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 4 (2), 151-170.
- [8.] Dohn, N. (2009c). Web 2.0 som lærings- og arbejdsredskab. Jelling: UC Lillebælt. [http://www.ucl.dk/media\(7196,1030\)/Web_2.0_udviklingsprojekt%2C_Jelling.pdf](http://www.ucl.dk/media(7196,1030)/Web_2.0_udviklingsprojekt%2C_Jelling.pdf) [viewed 11 Nov. 2009].
- [9.] Ducate, L., & Lomicka, L. (2008). Adventures in the blogosphere: From blog readers to blog writers. *Computer Assisted Language Learning*, 21(1), 9–28.
- [10.] Duffy, P. & Bruns, A. (2006). The use of blogs, wikis and RSS in education: A conversation of possibilities. *Proceedings of the Online Learning and Teaching Conference 2006*.
- [11.] Dysthe, O. & Engelsen, K. (Eds.) (2005). *Mapper som pædagogisk redskab*. København: Klim. Farmer, B., Yue, A., & Brooks, C. (2008). Using blogging for higher order learning in large cohort university teaching: A case study. *Australasian Journal of Educational Technology*, 24(2), 123–136.
- [12.] Ferris, P. & Wilder, H. (2006). Uses and Potentials of Wikis in the Classroom. *Innovate. Journal of online education*, 2(5).
- [13.] Gleaves, A., Walker, C. & Grey, J. (2007). Using digital and paper diaries for learning and assessment purposes in higher education: a comparative study of feasibility and reliability. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 32 (6): 631-643.
- [14.] Jarvis, P. (2007). *Globalisation, lifelong learning and the learning society – Sociological perspectives*. London: Routledge.
- [15.] Klenowski, V. (2002). *Developing portfolios for learning and assessment*. London: RoutledgeFalmer.
- [16.] Lund, A., & Smørdal, O. (2006). Is there a space for the teacher in a WIKI? *WikiSym '06 – Conference Proceedings of the 2006 International Symposium on Wikis*, 37–46.
- [17.] Parker, K. & Chao, J. (2007). Wiki as a Teaching Tool. *Interdisciplinary Journal of Knowledge and Learning Objects* 3, 57-72.
- [18.] Scardamalia, M., & Bereiter, C. (1994). Computer support for knowledge-building communities. *The Journal of the Learning Sciences*, 3(3), 265–283.
- [19.] Singer, J. (2008). Posting for points: Edublogs in the JMC Curriculum. *Journalism & Mass Communication Educator*, 63(1), 10–27.
- [20.] Xie, Y., Ke, F. & Sharma, P. (2008). The effect of peer feedback for blogging on college students' reflective learning processes. *The Internet and Higher Education*, 11: 18-25.

MOBILNE APLIKACIJE KAO EDUKATIVNI I PRAKTIČNI ALATI ZA KORISNIKE ZAŠTIĆENIH PODRUČJA

MOBILE APPLICATIONS AS AN EDUCATIONAL AND PRACTICAL TOOLS FOR USERS OF PROTECTED AREAS

Dejan Pavlović, dipl.inž.el.¹
JP „Nacionalni park Đerdap“¹

Sadržaj – Zaštićena prirodna područja ne predstavljaju veliki potencijal samo u naučne, već i u turističko - obrazovne svrhe. Ubrzani razvoj interneta i novih tehnologija doprineli su da ljudi imaju bolji uvid u ove potencijale.

Zbog pojave sve većeg broja „pametnih“ mobilnih uređaja, kreiraju se nove aplikacije i vrši prilagođavanje postojećih web-sajtova tako da se sadržaju može olakšano pristupiti i sa ovakvom vrstom uređaja. Na taj način, korisnicima se ne omogućava samo informativni već i interaktivni pristup.

Danas na tržištu postoji veliki broj besplatnih i komercijalnih aplikacija i GIS alata za „pametne“ mobilne uređaje. Ove aplikacije i alate korisnici zaštićenih prirodnih područja mogu upotrebiti u različite svrhe.

Abstract – Protected natural areas represents a large potential not only in scientific but also in touristic and educational purposes. The rapid development of the internet and new technologies contributed in possibilities that humans have better insight in these potentials.

Because of the growing number of "smart" mobile devices, a lot of new mobile applications are being created. Also, the existing websites are being adjusted in order to allow to users with the mobile devices to have an easier access to the contents of websites. On that way, users have not only informative but also interactive access.

Today, there are a large number of free and commercial applications and GIS tools for „smart“ devices. These applications and tools could be used by users in different purposes.

1. UVOD

Brzi razvoj „pametnih“ mobilnih uređaja kao i njihova masovna proizvodnja doprinela je značajnom padu cena istih, što je omogućilo da ih veliki broj ljudi svakodnevno koristi za različite potrebe. Ovi uređaji su takoreći postali nezaobilazan deo života ljudi a naročito mlađe populacije.

Paralelno razvoju „pametnih“ mobilnih uređaja razvija se i softver za njihovo korišćenje – mobilni operativni sistemi i aplikativni softver. Danas se izdvaja nekoliko sistema koji pokrivaju gotovo celokupno tržište mobilnih uređaja. Radi se o *Android*, *iOS* i *Windows Phone* mobilnim operativnim sistemima.

Android mobilni operativni sistem [1] razvila je kompanija Android Inc. Baziran je na Linux 2.6 Kernel operativnom sistemu. Kompanija Google je kasnije otkupila Android Inc. i nastavila dalji razvoj ovog sistema. Radi se o besplatnom operativnom sistemu otvorenog koda koji danas pokreće gotovo 86,8% svih mobilnih uređaja [2].

iOS (ranije *iPhone OS*) je mobilni operativni sistem koji je razvila kompanija Apple. Prvenstveno je razvijen za *iPhone*, *iPad* i *iPod touch* mobilne uređaje. Danas pokreće oko 12,5% uređaja na tržištu [2].

Windows Phone je mobilni operativni sistem koji je razvila kompanija Microsoft. Pokreće oko 0,3% mobilnih uređaja [2].

Aplikacije (komercijalne i besplatne) za mobilne uređaje koje rade pod navedenim mobilnim operativnim sistemima mogu biti preuzete putem prodavnica aplikacija *Google Play Store* – za *Android* mobilne aplikacije, *App Store* za aplikacije koje rade pod *iOS* operativnim sistemom i *Windows Phone Apps* za aplikacije koje rade pod *Windows Phone* operativnim sistemom.

Obzirom da postoji veliki broj aplikacija različite namene, u ovom radu je akcenat stavljen na neke od postojećih besplatnih aplikacije za *Android* i *iOS* operativne sisteme koje mogu primeniti razni korisnici zaštićenih područja – zaposleni u zaštićenim područjima, turisti i ostali posetioci.

Kako se generalno ne može napraviti fiksna podela aplikacija na one namenjene standardnim posetiocima (turistima) i na aplikacije namenjene zaposlenima u zaštićenim područjima (čuvarima prirode), u nastavku rada sledi pregled nekih od postojećih besplatnih *Android* i *iOS* aplikacija i GIS alata koje u većoj ili manjoj meri (u zavisnosti od potrebe) mogu koristiti zaposleni i posetioci.

Za turiste su interesantne aplikacije za pešačenje, trčanje, planinarenje, biciklizam, aplikacije za snimanje trekova (staza), merenje pređenog puta, orijentacije u prostoru, zatim aplikacije za prepoznavanje biljaka, ptica i dr. Aplikacije koje mogu biti od koristi zaposlenima (radnicima nacionalnih parkova ili drugih zaštićenih oblasti) su GIS alati. GIS alati su značajni za čuvare prirode jer se često dešava da je na terenu neophodno prikupiti koordinate lokacija od interesa ili je pak

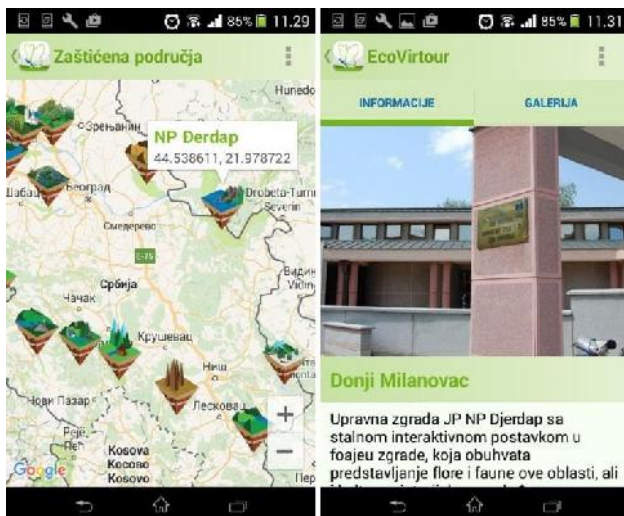
neophodno izmeriti i izračunati površinu zahvaćene oblasti (štete nastale usled delovanja šumskih požara ili nekih drugih prirodnih nepogoda).

Nakon pregleda besplatnih aplikacija, u radu će biti prikazane neke od GIS metoda kao deo sadržaja web-sajtova JP „Nacionalni park Đerdap“ u cilju edukacije i promocije prirodnih, kulturnih i turističkih potencijala. Radi lakšeg čitanja sadržaja oni su prilagođeni korišćenjem i mobilnih uređaja. Na kraju rada nalazi se pregled korišćene literature.

2. PREGLED MOBILNIH APLIKACIJA

Ubrzani razvoj turizma poslednjih godina u svetu pa i kod nas doveo je do pojave velikog broja web-sajtova koji pružaju turističke usluge. Sve veći broj ovih sajtova je prilagođen pristupu i sa mobilnih uređaja, jer su istraživanja pokazala da je poslednjih godina veći pristup web-sajtovima putem mobilnih uređaja nego korišćenjem desktop računara [3]. Paralelno razvoju standardnog turizma razvija se i *ekoturizam* koji je karakterističan za zaštićena prirodna područja. Ekoturizam se primenjuje samo na one oblasti koje ne pripadaju prvom stepenu zaštite. Nacionalni parkovi, parkovi prirode i rezervati su područja od međunarodnog i nacionalnog značaja i predstavljaju veliki potencijal za razvoj upravo ovakvog vida turizma. U našoj zemlji postoji četiri nacionalna parka kao i veliki broj parkova prirode i rezervata.

Aplikacija na srpskom i engleskom jeziku *EcoVirtour* [4] je namenjena turističkoj promociji prirodnih vrednosti Srbije i zahteva stalnu internet konekciju. U aplikaciji su promovisana četiri nacionalna parka, sedam specijalnih rezervata, jedan predeo izuzetnih odlika, jedan park prirode, jedan rezervat biosfere i jedan spomenik prirode. Ova besplatna Android aplikacija može se preuzeti sa Google Play Store prodavnice ili sa web-sajta <http://www.serbiaecotour.rs>. Na slici 1. prikazano je nekoliko screenshot-ova aplikacije.



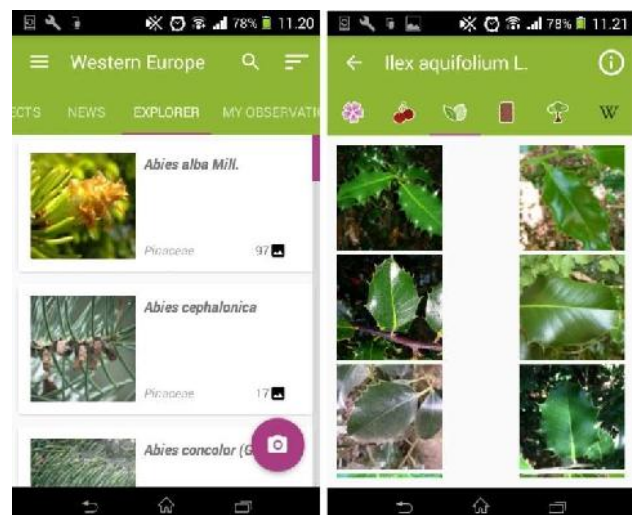
Slika 1.

Ovom aplikacijom korisnici mogu da dobiju osnovne informacije o zaštićenoj oblasti od interesa, kako najlakše

stići do nje, da saznaju o prirodnim i kulturnim vrednostima, lokalnom stanovništvu, mogućim aktivnostima, kao i o smeštaju ili ishrani.

Aplikacija *PlantNet Plant Identification* je besplatna aplikacija za Android i iOS mobilne uređaje čija je osnovna namena identifikacija biljaka [5]. Aplikaciju su razvile francuske istraživačke organizacije *Cirad, INRA, Inria, IRD*, mreža *Tela Botanica* koje je finansijski pomogla *Agropolis* fondacija. Ova aplikacija prepoznaje biljne vrste sa fotografija korišćenjem specijalnog softvera - algoritma za vizuelno prepoznavanje. Za optimalnu pretragu, fotografija treba da sadrži pojedine biljne organe – cvet, plod, list ili koru. Aplikacija zahteva stalnu vezu sa internetom.

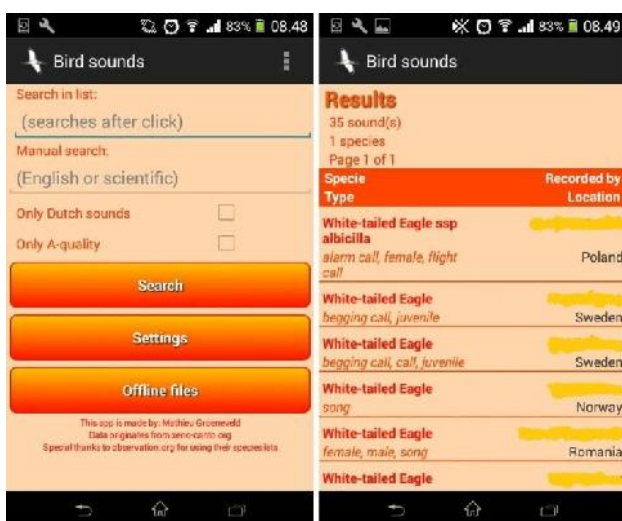
Aplikacija je organizovana u okviru projekata koji pokrivaju određenu geografsku oblast. Definisane su četiri oblasti - oblast zapadne Evrope, Indijskog okeana, Južne Amerike i zapadne Afrike. Do sada u bazi podataka postoji više od 10.000 biljnih vrsta i blizu 550.000 fotografija. Obzirom da se veliki broj biljnih vrsta koje se već nalaze u bazi podataka aplikacije mogu naći i na našem podneblju, aplikacija se u dobroj meri može primeniti i u zaštićenim oblastima Srbije. Pretraga biljnih vrsta se može vršiti na osnovu više kriterijuma – pretragom po geografskim oblastima ili direktnom pretragom unošenjem vrste, familije, reda, roda itd. Nakon identifikacije biljne vrste korisnik aplikacije ima mogućnost uvida u fotografije cveta, ploda, lista, kore i stabla biljke, a takođe može da pronađe i dodatne informacije korišćenjem linka koji vodi ka stranicama Wikipedia web-sajta (<https://www.wikipedia.org>). Slikom 2. prikazani su screenshot-ovi aplikacije.



Slika 2.

Nakon registracije i logovanja, aplikacija nudi mogućnost korisniku da ažurira bazu podataka tako što je u mogućnosti da pošalje željenu fotografiju na verifikaciju. Nakon uspešne verifikacije fotografija se uvršćuje u bazu podataka. Zajedno sa fotografijom moguće je poslati i ostale relevantne podatke o biljnoj vrsti kao i geografske koordinate (korišćenjem internog GPS-a uređaja) lokacije na kojoj je pronađena - fotografisana biljna vrsta.

Android aplikacijom *Bird Sounds* [6] koju je razvio Mathieu Groeneveld moguće je pretraživati i preslušavati više od 150.000 zvukova raznih ptica sa različitih podneblja sveta. Aplikacija za svoj rad zahteva internet konekciju i koristi xeno-canto [7] bazu podataka. Postoji mogućnost pretrage vrsta (uključujući i podvrste) korišćenjem već predefinisanih lista (Holandije, Evrope, Severne Amerike, Južne Amerike, Srednjeg istoka, Okeanije, Azije, Afrike, Antarktika ili celog sveta) ili korišćenjem manuelne pretrage. Aplikacija nudi izbor jednog od pet ponuđenih jezika (holandski, engleski, španski, nemački ili francuski), kao i izbor pretrage samo zvukova visokog kvaliteta. Nakon izbora vrste ptice i nakon završetka pretrage prikazuje se lista pronađenih zvukova sa njihovim poreklom kao što je prikazano slikom 3.



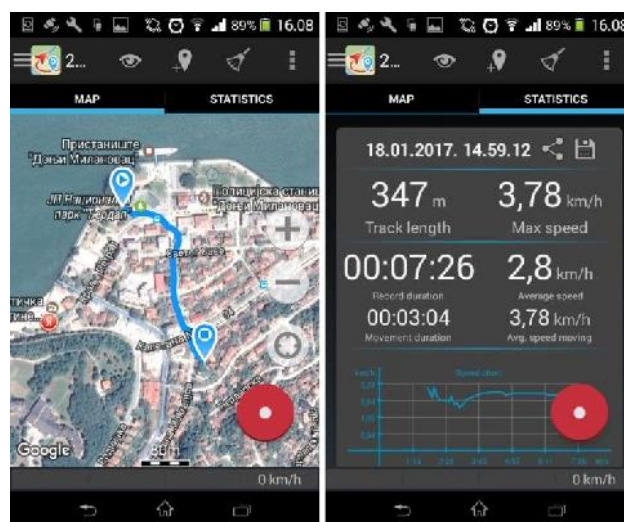
Slika 3.

Nakon izbora zvuka iz liste rezultata pretrage vrši se preuzimanje. Aplikacija omogućava reprodukciju, pauziranje ili zaustavljanje reprodukcije zvuka kao i mogućnost memorisanja na SD karticu (slika 4). Na taj način je moguće pre samog izlaska u prirodu preuzeti zvukove ptica od interesa i koristiti ih za upoređivanje sa zvukovima ptica iz prirode.



Slika 4.

Aplikacija *Geo Tracker – GPS tracker* [8] je besplatna Android aplikacija koju je razvio programer Ilya Bogdanovich i čija je osnovna namena snimanje rute tj. beleženje pređenog puta korišćenjem GPS-a mobilnog uređaja. Pogodna je za turiste koje zanima pešačenje, planinarenje, trčanje ili biciklizam, jer osim pređenog puta prati i statistiku rute – dužinu pređenog puta, maksimalnu i prosečnu brzinu kao i ukupno vreme trajanje rute. Tokom beleženja rute aplikacija omogućava i njeno markiranje - postavljanje markera sa informacijama. Omogućava prikaz više različitih slojeva (layer-a). Snimljenu rutu je moguće izvesti u GPX, KML ili KMZ formatu. Slikom 5. prikazani su screenshot-ovi aplikacije.

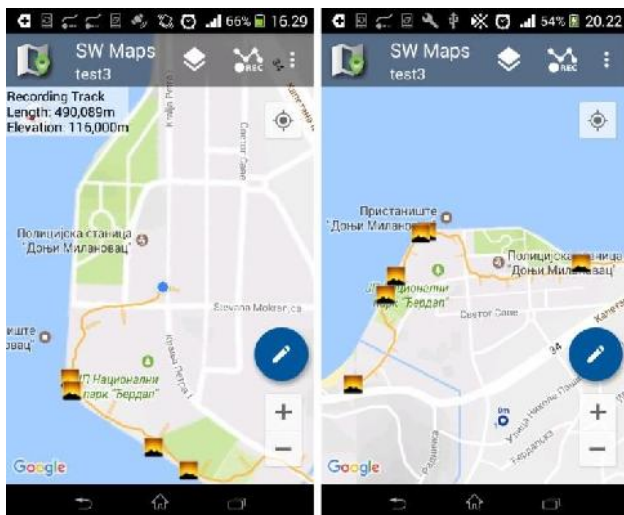


Slika 5.

SW Maps – Mobile GIS je besplatna GIS aplikacija razvijena od Softwel (P) Ltd-a. Koristi se za Android mobilne uređaje i služi za prikupljanje, prezentaciju i deljenje geografskih podataka [9].

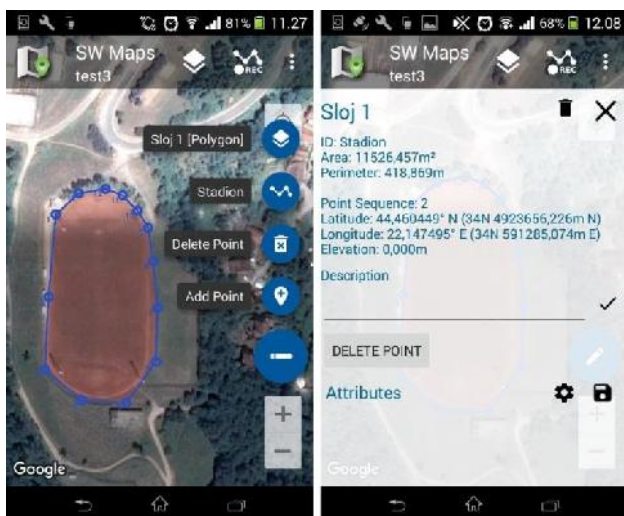
Ova aplikacija može biti podjednako interesantna i posetiocima i zaposlenima u zaštićenim područjima. Aplikacija nudi mogućnost izbora OpenStreetMap ili Google (satelitske, terenske ili hibridne) mape. Može da radi u *offline* režimu (nije neophodna veza sa internetom) ali se preporučuje da se na početku korišćenja preuzme mapa oblasti od interesa. Postoji mogućnost korišćenja više različitih layer-a (slojeva) na kojima je moguće prikazati tačke, linije i poligone. Aplikacijom se direktno može snimati - beležiti ruta korišćenjem internog GPS-a uređaja ili se može snimati pomoću eksternog GPS-a povezanog sa uređajem *bluetooth* konekcijom. Moguće je uvid u statistiku pređenog puta – naziv i dužinu rute kao i ukupan broj snimljenih GPS tačaka.

Tokom snimanja rute moguće je vršiti fotografisanje pri čemu se na mapi nakon fotografisanja prikazuju ikonice. Klikom na ikonicu prikazuje se fotografija sa nazivom, opisom, geografskim koordinatama i nadmorskom visinom lokacije. Slikom 6. prikazano je nekoliko screenshot-ova aplikacije.



Slika 6.

Aplikacijom je takođe moguće markirati određene oblasti na mapi u cilju izračunavanja površine. Aplikacija prikazuje obim, površinu, geografske koordinate i elevaciju označene oblasti kako je i prikazano slikom 7. Snimljene rute i markirane oblasti je moguće izvesti u pogodnom obliku - KMZ ili shapefile formatu i prikazati ih ili modifikovati na nekom drugom uređaju. Aplikacija takođe ima mogućnost uvoza KMZ ili shapefile fajlova sa nekog drugog izvora.

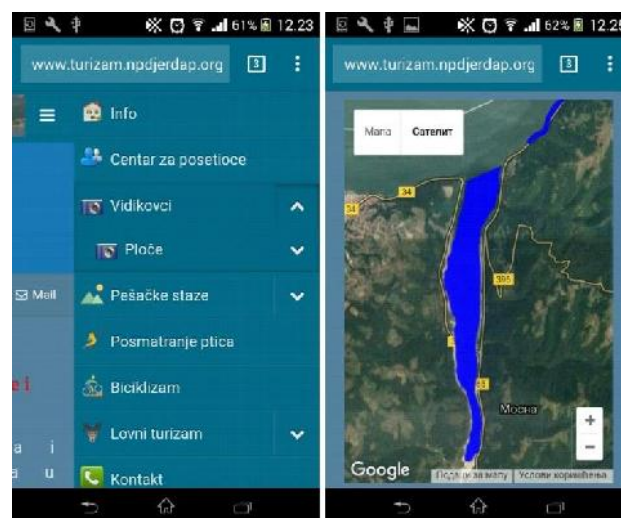


Slika 7.

3. PRIMENA NEKIH OD GIS METODA NA WEB - SAJTOVIMA JP „NACIONALNI PARK ĐERDAP“ U TURISTIČKO - EDUKATIVNE SVRHE

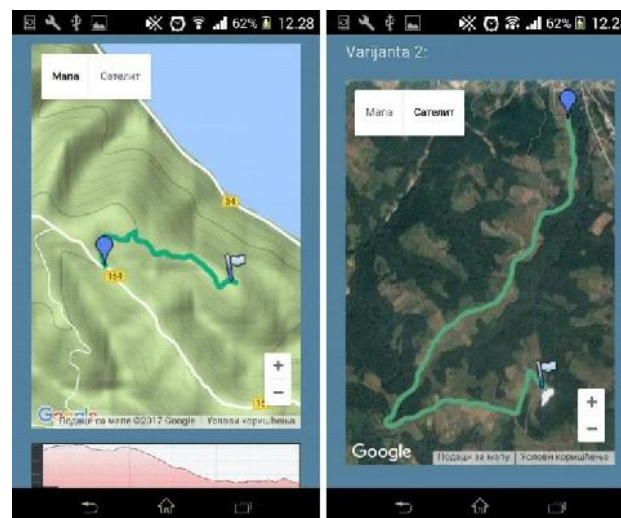
Web-sajtovi JP „Nacionalni park Đerdap“ prilagođeni su za pristup desktop i mobilnim uređajima. Zapravo radi se o glavnom - oficijelnom web-sajtu koji je hostovan na glavnom domenu i još tri nezavisna web-sajtova („Turizam JP Nacionalni park Đerdap“, „Lovni turizam JP Nacionalni park Đerdap“ i „Geopark Đerdap u osnivanju“) hostovanih na poddomenima u okviru glavnog domena. Svi web-sajtovi na poddomenima povezani su linkovima sa web-sajtom na glavnom domenu.

Zbog velikog značaja prirodnih i kulturnih vrednosti koje Nacionalni park Đerdap ima, kao i zbog velikog potencijala u razvoju održivog i ekoturizma, realizovan je web-sajt koji je posvećen samo ovoj oblasti. Web-sajt [10] se nalazi na poddomenu glavnog domena [11] i u njemu se nalaze razne ponude namenjene posetiocima – korišćenje pešačkih staza, poseta vizitorskih centara, obilazak vidikovaca, organizovano posmatranje ptica, ribolovni turizam itd. Zbog ovakvog vida turističkih ponuda i u cilju bolje prezentacije odnosno vizuelizacije ponuđenih lokaliteta i staza kao i edukacije posetilaca, GIS metode u njihovoj promociji i realizaciji imaju veliki značaj. Na slikama 8. i 9. prikazana je primena nekih od GIS metoda.



Slika 8.

Na desnoj sličici (slika 8.), na Google mapi je markirano jedno od ribolovnih područja JP „Nacionalni park Đerdap“. „Klikom“ na markirano područje prikazuju se dodatne informacije o ribolovnom području. Slikom 9. prikazane su neke od pešačkih staza JP „Nacionalni park Đerdap“. „Klikom“ na samu rutu staze prikazuju se dodatne informacije – dužina staze, prosečan nagib, težina kao i opis same rute (slika 10.)

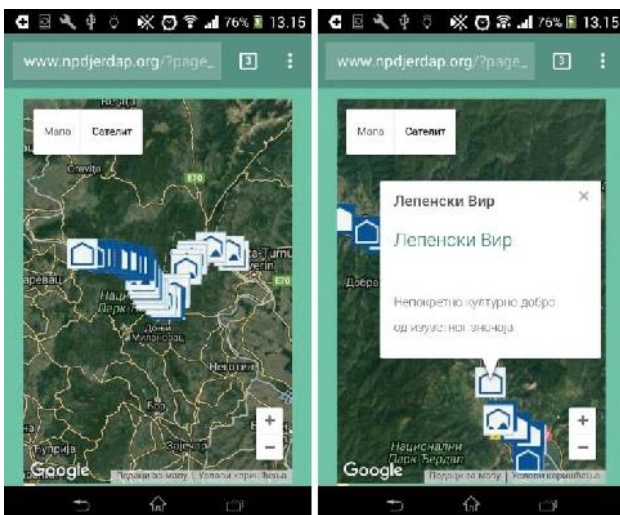


Slika 9.



Slika 10.

Kulturna baština na oficijalnom web-sajtu [11] predstavljena je markerima na Google mapi (slika 11.) „Klikom“ na odgovarajući marker pojavljuju se dodatne informacije sa linkom koji vodi ka stranici kulturne baštine od interesa.



Slika 11.

Prikazane metode omogućavaju bolju informisanost o prirodnim i kulturnim vrednostima parka. Pružaju precizan uvid u geografski položaj samog lokaliteta ili karakteristika pešačkih staza (dužina, težina, nagib). Na taj način ovakve GIS metode zainteresovanim korisnicima (turistima) omogućavaju lakše planiranje posete oblasti od interesa ili željenog lokaliteta.

4. ZAKLJUČAK

Mobilne aplikacije imaju značajnu ulogu u svakodnevnom životu. Na tržištu postoji veliki broj, a u radu je opisano nekoliko Android i iOS besplatnih aplikacija koje bi kao i mnoge druge mogle imati primenu u zaštićenim prirodnim oblastima kako od strane zainteresovanih posetilaca tako i od strane zaposlenih - čuvara prirode.

Jedan od nedostataka mobilnih aplikacija opisanih u ovom radu je što za svoj rad zahtevaju stalnu internet konekciju, kao aplikacija za identifikaciju biljnih vrsta ili aplikacija za promociju turističkih i prirodnih vrednosti Srbije. Sa druge strane, neke od aplikacija ne zahtevaju stalnu internet vezu već samo prilikom preuzimanja odgovarajućih fajlova ili mapa. Aplikacije koje služe za orijentaciju u prostoru ili za beleženje - markiranje pređenog puta (staze) ne zahtevaju stalnu internet vezu, već koriste GPS uređaj za beleženje rute. Aplikacija za prepoznavanje zvukova ptica takođe ne zahteva direktnu vezu – moguće je pre toga izvršiti preuzimanje zvukova i memorisati ih na internu ili SD memoriju uređaja i koristiti ih po potrebi.

Većina zaštićenih prirodnih područja u Srbiji je van dometa besplatnog Wi-Fi internet signala. Dobra strana je što je veći deo tih područja već pokriven nekom od mreža mobilne telefonije tako da je moguć pristup internetu korišćenjem takvog tipa mreža. Takođe, korišćenjem mobilne mreže može se pristupiti i web-sajtovima u cilju pribavljanja dodatnih informacija o lokalitetu od interesa.

Mobilne aplikacije nesumljivo predstavljaju praktične alate za razne primene - od jednostavnog prikupljanja informacija, pa do interaktivnog pristupa ili neke složenije primene. Danas se ravija sve veći broj aplikacija, a mnoge od njih se koriste u edukaciji, promociji i očuvanju zaštićenih prirodnih područja.

LITERATURA

- [1] Saurabh B., Priyanka C., Richa S. and Preeti S., „Android Operating Systems“, International Journal of Engineering Technology & Management Research, Volume 1, Issue 1, ISSN: 2320-5288.
- [2] <http://www.idc.com/promo/smartphone-market-share/os> [pristupljeno 10. 01. 2017]
- [3] <http://www.smartinsights.com/mobile-marketing/mobile-marketing-analytics/mobile-marketing-statistics/> [pristupljeno 11. 01. 2017]
- [4] <https://play.google.com/store/apps/details?id=rs.creitiv.e.ecovirtour&hl=en> [pristupljeno 12. 01. 2017]
- [5] <https://play.google.com/store/apps/details?id=org.plantnet&hl=sr> [pristupljeno 15. 01. 2017]
- [6] <https://play.google.com/store/apps/details?id=nl.natuur.front.birdsounds> [pristupljeno 16. 01. 2017]
- [7] <http://www.xeno-canto.org/> [pristupljeno 16. 01. 2017]
- [8] <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ilya.bogdanovich.geotracker&hl=sr> [pristupljeno 18. 01. 2017]
- [9] <https://play.google.com/store/apps/details?id=np.com.softwel.swmaps&hl=sr> [pristupljeno 20. 01. 2017]
- [10] <http://www.turizam.npdjerdap.org/>
- [11] <http://www.npdjerdap.org/>

THE QUALITY AND DETERMINANTS OF INTERNET FINANCIAL REPORTING IN SERBIA

KVALITET I DETERMINANTE INTERNET FINANSIJSKOG IZVEŠTAVANJA U SRIBJI

Kristina Mijić¹

Univerzitet u Novom Sadu, Ekonomski fakultet u Subotici¹

Abstract – This paper presents the research of the quality of the Internet Financial Reporting (IFR) of the companies in Serbia. First, the level of IFR was evaluated on the basis of IFR index which consists of 30 items content related and 15 items presentation related. Second, the relationship between the level of IFR and independent variables such as company type, industry, size, profitability, age and statutory audit, were examined on the basis of regression analysis. The results show that 40% of companies present the complete set of financial statements. More than 80% of companies present separately balance sheet, profit and loss statement and cash flow statements in PDF form, with download and print options. On the other side, about 40% of companies provide other parts of financial statement set (statements of comprehensive income, statement of changes in equity and notes). Presentation of additional voluntary information such as business analysis, financial indicators are also less clearly. Furthermore, results show that company type, industry, size and statutory audit have significant positive impact on IFR in the Republic of Serbia. The companies from the financial sector, listed companies, larger companies and companies with the statutory audit in Serbia have a better quality of IFR.

Keywords – Internet financial reporting, website, quality.

Sažetak – U radu je sprovedeno istraživanje kvaliteta internet finansijskog izveštavanja (IFR) preduzeća u Srbiji. Internet finansijsko izveštavanje je mereno na bazi IFR indeksa koji obuhvata 30 obeležja iz grupe sadržaja i 15 obeležja iz grupe prezentacije. Dalje, regresionom analizom ispitana je veza između IFR indeksa i nezavisnih determinanti: tip preduzeća, industrija, veličina preduzeća, profitabilnost, starost i obaveznost revizije. Rezultati ukazuju da 40% preduzeća prezentuje kompletan set finansijskih izveštaja. Nešto više od 80% preduzeća prezentuje bilans stanja, bilans uspeha i izveštaj o novčanim tokovima u PDF formatu uz opciju preuzimanja i štampanja izveštaja. Sa druge strane oko 40% preduzeća prezentuje ostale elemente finansijskog izveštaja (izveštaj o promenama na kapitalu, izveštaj o ostalom rezultatu i napomene uz finansijski izveštaj). Obelodanjivanje dodatnih informacija na internet sajtu preduzeća kao što su npr. finansijski indikatori nije na zadovoljavajućem nivou. Rezultati ukazuju da tip preduzeća, industrija, veličina i obaveznost revizije imaju značajan pozitivan uticaj na nivo IFR indeksa, odnosno na kvalitet IFR preduzeća u Srbiji. Preduzeća koja se kotiraju na berzi, preduzeća iz finansijskog sektora, velika preduzeća i obveznici revizije imaju bolji kvalitet internet finansijskog izveštavanja.

Ključne reči – Internet finansijsko izveštavanje, website, kvalitet.

1. INTRODUCTION

The financial statements are the main source of information about the financial position, results, changes in equity and cash flows, based on which a variety of internal and external users make business decisions. No matters if decision making comes from companies management, owners, potential investors, creditors, government bodies, suppliers, customers, or other users, the main goal is to make a reliable business decision, which will provide future economic benefits. In order to enable reliable business decisions, it is necessary to ensure a high-quality financial reporting [8]. The standard set of financial statements consists of the balance sheet, income statements, statement of comprehensive income, cash flow statements, statements of changes in equity and notes. Quality financial reports provide timely, true, complete information about financial state, financial position, and business performances.

Due to the dynamic business environment, strong competition, the impact of information technology on every segment of business, traditional paper-based corporate financial reporting is becoming less timely and less useful to decision makers. Nowadays, internet financial reporting (IFR) removes boundaries of paper-based corporate financial reporting and raises the level of financial reporting quality. IFR can be defined as the distribution of corporate financial and performance information using internet technologies such as World Wide Web [7]. IFR provides benefits for the companies as a creator of the financial report and also for all internal and external users. With the rapid development and ever more widespread use of the internet, companies have acquired a very effective communications tool for the presentation of main information to investors and other users. The benefits of IFR to companies as a creator of the financial report over traditional paper-based financial reporting and communication channels are mainly related to the possibility of disseminating more information less expensively and in a more timely fashion, and to its interactive nature [4]. Furthermore, the internet has become one of the most frequently used sources of information of numerous users (investors, suppliers, customers etc.) and many companies are now reporting comprehensive or partial sets of financial statements as well as other information about companies performances on their websites. Development of the websites and presentation of information should be a continuous process for the company, not present one with a defined ending [15]. Use of IFR can be one of the tools of marketing a company to investors and other users. On the other side, users of IFR benefit by getting financial statements with

lower cost and more timely. IFR which is expected to provide not only information deriving from obligatory financial statements but also cash flow projections, market trends analyses, internal reports, information about business performance, descriptions of intended innovations and future strategies may lead to a reduction of information asymmetry between shareholders and managers [16]. The quality IFR provides users with more than just information from the financial statements, and therefore improves reliability and reduces the risk of decisions making.

Financial reporting is obligatory for every company in the Republic of Serbia and it is regulated by the Law on Accounting. Depending on the companies size and legal forms, there are different requirements in the scope of mandatory financial reporting. The standard set of financial statements is obligatory for all medium and large companies, while micro and small companies can present only balance sheet and income statement. Besides the standard set of financial statements, the audit report is also an obligatory part of the extended set of financial statements for the medium and large companies. Furthermore, public listed companies and companies from the banking and insurance sector have additional requirements regarding financial reporting. These companies have to prepare and present annual standard set of financial statements, annual audit report, and a quarterly standard set of financial statements. Public companies, banks, and insurance companies are faced with these additional requirements in terms of disclosure of information on business all in order to provide comprehensive and detailed business information to investors and enable the efficient functioning of financial markets and the economy at all. Financial reporting transparency in the Republic of Serbia is also guaranteed. This provides primary by the Serbian Business Registers Agency, which requires companies to submit annual reports within a period of six to nine months. The Serbian Business Registers Agency publishes financial statements online in an electronic format on its website, making it publicly accessible to numerous users. Additional information of the public listed companies, such as quarterly financial statements, are presented on the website of the Belgrade Stock Exchange. Publishing of financial statements and other business information online by the companies itself in the Republic of Serbia is not mandatory. Presented financial statements on the website of the Serbian Business Registers Agency or the Belgrade Stock Exchange provides incomplete information because they include only the information from the standard set of financial reports and audit report. The other way to access to the additional business information about some companies is via databases such as Bisnode, but they require users to pay. This represents one more reason why Serbian companies should do IFR, even though IFR is voluntary.

The aim of this paper is to investigate the quality of IFR among the large companies in the Republic of Serbia. The research includes the evaluation of IFR of 100 large companies in the Republic of Serbia, divided from several

aspects: whether they belong to the financial sector (bank, insurance companies), listed companies, or statutory audit. Furthermore, the contribution of this paper is the development of a model for the study of factors which most significantly affect IFR by large Serbian companies.

2. ABOUT IFR AND IFR DETERMINANTS

The first research on IFR was conducted in 1996 by Petravick and Gillett [14]. They used a sample of 150 public listed companies in the USA. Since then, many studies about IFR were conducted. These studies can be divided into two groups: evaluation of IFR and development IFR index methodology. Many researchers use some of the existing IFR index methodologies to measure quality and determinants of IFR in a single country [3, 11, 12]. On the other side, many researchers develop the methodology of IFR index and describe how to measure IFR according to defined items. The number of items that included in the IFR index varies. Pirchegger and Wagenhofer [13] included 38 items in their research divided into four groups: content, timeliness, technology and user support. Ettredge et al. [5] used 17 items to measure IFR divided into two groups: accounting information items and other financial information items. Abdelsalam et al. [1] used 114 items as a measure of IFR divided into two groups: content and usability. Financial Accounting Standard Board [7] describe IFR in terms of content and presentation. The financial content on the company website consists of mandatory disclosures such as annual and quarterly financial statements, audit report and voluntary disclosures such as stock quotes, internal reports etc. The presentation forms refer to the display, readability, and comprehensibility of the financial information and include the format of the annual financial report, the existence of search engine, dynamic media etc. Many researchers use IFR index based on items divided into these two groups: content and presentation, according to the FASB. Xiao et al. [17] in this terms used 82 items, Dolišnek et al. [4] used 50 items etc. The number of items that are used to measure IFR index varies because of the information technology development, user needs, the changes in financial reporting regulation, different regulation and economy development in a single country [10]. IFR index ranges from 0 to 1 and it is calculated as a sum of values of items [13].

$$IFRindex = IFRc + IFRp \quad (1)$$

If a specific item was found on the company's website, that item had a value 1, otherwise, the value 0. Since the items related to content have more value for users than those related to presentation, *IFRindex* is usually weighted in terms of 60 per cent for *IFRc* and 40 per cent for *IFRp* [13]. Furthermore, IFR index is calculated as following:

$$IFR index = \frac{\sum_{i=1}^{30} X_i}{30} \times 0.6 + \frac{\sum_{i=1}^{15} Y_i}{15} \times 0.4 \quad (2)$$

Where

X_i – represent 30 items from IFR content group

Y_i – represent 15 items from IFR presentation group

The quality of IFR, or the value of *IFRindex*, depends on the numerous internal characteristics of companies such as company type, industry type, size, profitability, company age, statutory audit. Type of company represents whether the company is listed on the Stock Exchange or not. Listed companies should present more information about the business on a website in order to get new investors. Industry type refers whether the companies belong to the financial sector or some other sector such as trade, manufacture etc. In numerous countries for the companies from the financial sector are prescribed additional requirements related to the obligatory financial reporting and disclosure, so these companies (banks, insurance companies etc.) should have a better quality of IFR. Large companies should disclose information on the website in order to reduce agency cost due to the information asymmetry between market participants [2]. Also, larger companies are more publicly visible than smaller companies, have a larger number of products, services, complex distribution networks, so information disclosure is more often in large companies. Profitability is one of the indicators of good management and management tends to disclose more information when the profitability rate is higher [9]. Company age has been found by many researchers to have an association with financial disclosure. The positive association is based on the premise that older, experienced and well-established companies are likely to disclose more information because they have established and cost effective reporting systems whereas the negative association on the contrary, signifies that younger companies disclose more information to boost investor confidence and reduce skepticism [2]. Statutory audit is the function of reducing the agency cost [12], so the companies which are obligated to audit, should have a better quality of IFR.

3. RESEARCH METHODOLOGY

The aim of this paper is to investigate the quality and the determinants of IFR among the companies in the Republic of Serbia. The quality of IFR is measured according to the formula of IFR index. In order to investigate which internal companies characteristics is related to the quality of IFR in the Republic of Serbia the following hypothesis is set:

H₀: Internal characteristics of the company (type, industry, size, profitability, age and statutory audit) are significantly related to the quality of IFR.

In order to test the hypothesis above and to investigate IFR determinants the regression analyze was conduct using statistical software SPSS 21.0 [6], according to the following:

$$IFRindex = \beta_0 + \beta_1 TYP + \beta_2 IND + \beta_3 SIZ + \beta_4 PRO + \beta_5 AGE + \beta_6 AUD + \varepsilon_i$$

The following table presents the description of dependent and independent variables.

Table 1. Description of dependent and independent variables.

Symbol	Variable	Measurement
Dependent variable		
IFRindex	Internet Financial Reporting Index	Range from 0 to 1
Independent variables		
TYP	Type of companies	1 – listed companies 0 – non-listed companies
IND	Industry type	1 – financial sector 0 – other sector
SIZ	Size	Natural logarithm of total assets
PRO	Profitability	Net income / Total assets
AGE	Age	Natural logarithm of year from establishment
AUD	Statutory audit	1 – yes 0 – no

The sample of this study is 100 companies in the Republic of Serbia. The characteristics of the sample in the way of the type of companies, industry and statutory audit are presented in the following table:

Table 2. The characteristics of sample

Company type	No.	Industry type	No.	Statutory Audit	No.
Listed companies	36	Financial sector	32	Yes	49
Non-listed companies	64	Other sector	68	No	51
Total	100	Total	100	Total	100

4. RESULTS

The following table presents the results of descriptive statistics of the IFR quality of companies in the Republic of Serbia.

Table 3. Results of IFR quality – descriptive statistics

Variable	Mean	Minimum	Maximum	Standard deviation
IFRindex	0.39	0.00	0.88	0.24

The results indicate that the quality of the IFR in the Republic of Serbia is not at the high level (mean *IFRindex* is 0.39). Furthermore, there are 6 companies among 100 companies which do not have website or do not have any information as IFR items presented on the website. The following table presents the results of IFR items.

Table 4. The results of IFR items

No.	Items	%	No.	Items	%
IFR contents			24	share data	21%
1	balance sheet	85%	25	investors contact	10%
2	profit and loss statement	85%	26	investors e-new	11%
3	annual report	79%	27	dividend data	23%
4	cash flow statement	82%	28	quarterly reports result	27%
5	capital flow statement	40%	29	company adress	97%
6	auditors report	42%	30	financial calendar	21%
7	financial notes	40%	IFR presentation		
8	accounting policy	34%	31	reporting format pdf	85%
9	financial risk reporting	34%	32	downloading and printing	85%
10	comprehensive income	38%	33	printing	85%
11	financial indicators	36%	34	annual report search engine	28%
12	business analysis	33%	35	website search engine	44%
13	sustainable development	51%	36	up to date information	25%
14	financing summary	29%	37	annual report graphic design	25%
15	financing and investment reporting	14%	38	separate financial report	65%
16	annual report in a foreign language	75%	39	other design elements	33%
17	annual reports for the previous period	38%	40	reporting format HTML	14%
18	general meeting information	24%	41	business operation graphical representation	20%
19	public investor publication	15%	42	interactive annual report	16%
20	corporate governance	56%	43	multimedia presentation	11%
21	ownership structure	88%	44	browsing by category of financial statements	23%
22	interim reports	28%	45	FAQ	86%
23	financial operations reporting	21%		<i>IFRindex</i>	0.39

Regarding IFR content 79% companies have disclosed the entire annual report on their website. Furthermore, 75% of companies present an annual report in a foreign language. A small number of companies (28% of companies) have published interim reports, as well as quarterly reports (27% of companies). Single parts of financial statements such as balance sheet, profit and loss statement and cash flow statements are well presented, as they are presented by more than 80%. On the other side, capital flow statements, notes and comprehensive income are presented less clearly, as they are presented by 40% and less. The following aspects are also presented less clearly: financial operations reporting, business analysis, financial indicators, the investor e-news, general meeting information etc.

Regarding the manner of presentation of financial information, it has been established that companies primarily employ PDF format. Every company that published financial statements provide to users download and printing option. Companies in the Republic of Serbia seem not to take advantage of the opportunities provided by the World Wide Web. For example, interactive annual

reports are only provided by 16% of companies, multimedia presentation is provided by 11% of companies.

The main aim of the regression analysis is to define and evaluate the relationship between the *IFRindex* as the dependent variable and independent variables such as type, industry, size, profitability, age and statutory audit. Regression analysis was conducted using the enter method. The results of F-statistics are presented in table 5.

Table 5. F-statistics

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig. <i>p</i>
1	Regression	6.051	6	1.009	33.410	.000 ^b
	Residual	5.826	193	.030		
	Total	11.878	199			

The results of F-statistics indicate that model is statistically significant ($F=33.41$, $p=0.00$), which means that the assumption that all regression coefficients equal zero can be rejected [6].

The value of correlation coefficient (R) is 0.71 means that the correlation between the dependent variable (*IFRindex*) and independent variables is moderate. The adjusted coefficient of determination is estimated at 0.49, while R_{sq} is estimated at 0.51. According to this, it can be concluded that independent variables explain 51% of the variance of the dependent variable (*IFRindex*). The explanatory power of this model is moderate (see table 6).

Table 6: Model summary

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
.714 ^a	.509	.494	.1737
a. Predictors: (Constant), TYP, IND, SIZ, PRO, AGE, AUD.			

Table 7 presents the relationships between the dependent and independent variables.

Table 7. Result of regression model

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	.001	.133		.010	.992
TYP	.160	.069	.315	2.305	.022
IND	.165	.070	.316	2.368	.019
SIZ	.020	.009	.173	2.202	.029
PRO	-.002	.002	-.054	-.952	.342
AGE	.015	.019	.049	.793	.429
AUD	.018	.042	.371	1.423	.037
a. Dependent Variable: <i>IFRindex</i>					

According to the results it can be concluded that hypothesis H_0 is partial confirmed. The results indicate that there is a positive and significant relationship between *IFRindex* and independent variables such as the type of company, industry, size and statutory audit. This means that companies from the financial sector, listed companies, larger companies and companies with the statutory audit in the Republic of Serbia have better *IFRindex* and better quality of IFR. On the other side, results show that there is the negative, but not significant impact on profitability on the *IFRindex* and quality of IFR. Even though the companies from the financial sector (banks, insurance companies etc.) have a better quality of IFR than the companies from the other sector, the profitability level of the financial sector is at a lower level, than the profitability of companies from another sector, such as trade, services etc. Independent variable age has positive, but not significant impact on *IFRindex*.

5. CONCLUSION

This paper presents the research on IFR among the companies in the Republic of Serbia, in order to investigate the quality of IFR in terms of content and presentation and to determine the internal company's factors that affect the quality of IFR. Regarding IFR content it has been concluded that the compulsory information (financial statements) is presented quite satisfactorily. Regarding the IFR content of voluntary information, it has been noted vast gaps between companies. Companies from the financial sector present more information in comparison with companies from other industry.

According to the IFR presentation, it can be concluded that companies in the Republic of Serbia do not take advantage provided by World Wide Web. This is primarily related to the dynamic presentation of financial statements, use of multimedia presentation etc. Companies in the Republic of Serbia provide financial statements and other information primarily in the PDF format, with the download and printing option.

The results of the regression analysis show that 4 factors significant impact the quality of IFR: type of company, industry, size and statutory audit. These factors have the significant positive impact of *IFRindex*, or on the quality of IFR. According to this, companies from the financial sector, listed companies, larger companies and companies with the statutory audit in the Republic of Serbia have better *IFRindex* and better quality of IFR. Listed companies present more financial information on the website in order to get new investors. Additional obligatory reporting requirements for the financial sector is one of the reasons why companies from this sector have better *IFRindex*, in comparison to the companies from other industry. Large companies tend to disclose more financial information in order to reduce information asymmetry and reduce agency costs. Companies with statutory audit are larger companies or listed companies, so the finding that statutory audit has a positive impact on IFR is according to the previous findings. Furthermore, the results show that age and profitability do not have a significant impact on the quality of IFR in the Republic of Serbia. The regression model explained 51% of the variance of the *IFRindex* as the dependent variable in comparison to the independent variable.

This paper provides the state of IFR among the Serbian companies during the period 2016. Future research should include comparative analysis with another period of time or comparative analysis of IFR in the Republic of Serbia and some other countries.

LITERATURA

- [1] Abdelsalam, O. H., Bryant, S. and Street, D. L. "An examination of the comprehensiveness of corporate internet reporting provided by London-listed companies", *Journal of International Accounting Research*, Vol. 6, No. 2. pp 1-33, 2007.

- [2] Basuony, M. and Mohamed, E. "Determinants of Internet Financial Disclosure in GCC Countries", *Asian Journal of Finance & Accounting*, Vol. 6, No. 1, pp 70-89, 2014.
- [3] Damaso, G. and Lourenco, I. "Internet financial reporting: environmental impact companies and other determinants" Proceedings of the 8th International Conference on Enterprise System, Accounting and Logistics, pp 331-333, Thassos, 2011.
- [4] Dolinšek, T., Tominc, P. and Skerbinjek, A. L. "The determinants of internet financial reporting in Slovenia", *Online Information Review*, Vol. 38, No. 7, pp 842-860, 2014.
- [5] Ettredge, M., Richardson, V. and Scholz, S. "The presentation of financial information at corporate websites", *International Journal of Accounting Information Systems*, Vol. 1, No. 2, pp 149-168, 2001.
- [6] Field, A., *Discovering statistics using SPSS*, England: Sage Publication, 2009.
- [7] Financial Accounting Standard Board, *Electronic distribution of business reporting information: business reporting research project*, USA: FASB, 2000.
- [8] Jakšić, D. and Mijić, K. "Reakcija berzanskih investitora u Republici Srpskoj na obelodanjivanje finansijskih i revizorskih izveštaja", *Zbornik radova*, 18. Kongres Saveza računovođa i revizora Republike Srpske, Teslić, str. 395-413, 2014.
- [9] Khan, A. and Ismail, A. "A Review of E-Financial Reporting Research", *Journal of Internet and e-business Studies*, Vol. 2012, No. 2, pp 1-16, 2012.
- [10] Khan, M. and Ismail, N. "An empirical study on the indexes of internet financial reporting: the case of Malaysia", *African Journal of Business Management*, Vol. 6, No. 5, pp 2086-2100, 2012.
- [11] Marston, C. and Polei, A. "Corporate reporting on the internet by German companies", *International Journal of Accounting Information Systems*, Vol. 8, No. 3. pp 285-311, 2004.
- [12] Mijić, K. "Efikasnost i kvalitet procesa revizije u BPMS okruženju", *Zbornik radova*, YUINFO2016, Kopaonik, str. 236-241, 2016.
- [13] Pirchegger, B. and Wagenhofer, A. "Financial information on the internet: a survey of the homepages of Austrians companies", *The European Accounting Review*, Vol. 8, No. 2, pp 383-395, 1999.
- [14] Petravick, S. And Gillett, J. "Financial reporting on the World Wide Web", *Management Accounting*, Vol. 78, No. 6, pp 26-29, 1996.
- [15] Prtenjak, M. "Modeli internet marketinga u poslovanju izdavačkih kuća", *Zbornik radova*, YUINFO2016, Kopaonik, str. 11-16, 2016.
- [16] Umoren, A. and Asogwa, I. "Internet Financial Reporting and Company Characteristics: a Case of Qouted Companies in Nigeria", *Research Journal of Finance and Accounting*, Vol. 4, No. 12, pp 72-80, 2013
- [17] Xiao, J., Yang, H. and Chow, C. "The determinants and characteristics of voluntary internet-based disclosures by listed Chinese companies", *Journal of Accounting and Public Policy*, Vol. 23, No. 3. pp 191-225, 2004.

PROJEKTNO ORIJENTISANO OBRAZOVANJE – STUDIJA SLUČAJA

PROJECT-BASED LEARNING – CASE STUDY

Pinter Robert, Pot Mikloš, Sanja Maravić Čisar, Stanić Molcer Piroška, Fürstner Igor
Visoka tehnička škola strukovnih studija u Subotici

Sadržaj – Na osnovu informacija koje se dobijaju iz privrede, mogu se definisati znanja i veštine koji su potrebni jednom inženjeru koji radi u industriji. U ovom radu prikazaće se jedna od mogućih metoda sa kojom se proces edukacije može učiniti efikasnijim, u smislu da se što više zahteva industrije uključi u proces obrazovanja strukovnih inženjera. Rad opisuje primenu projektno orijentisanog pristupa na Visokoj tehničkoj školi strukovnih studija u Subotici. Tema kursa je razvoj aplikacija za mobilne uređaje, sa akcentom na pozitivne odnosno negativne aspekte ove metode.

Abstract- Based upon information received from the industry, one can define the knowledge and skills that are required for an engineer who works in the industry. In this paper the authors present a possible method by which the learning process can be made more efficient. The authors highlight some advantages of the project-oriented approach in a programming course at Subotica Tech, an institution that educates professional engineers. In that course the students are developing applications for mobile devices. This novel method is based on the inclusion of the great number of demands from the industry, which the future engineers meet upon entering the industry.

1. UVOD

Sa aspekta Visoke tehničke škole strukovnih studija, obrazovanje kvalitetnih inženjera je od primarnog značaja. Velika potražnja za stručnjacima iz različitih informatičkih oblasti [1], primorava Školu da se adaptira na nove zahteve vezane za kompetencije studenata.

Neki od razloga za nestašicu odgovarajućih IT stručnjaka, a koji su vezani za obrazovanje, mogu se definisati na sledeći način:

- Obrazovanje stalno kasni u primeni novih tehnologija. Informaciona i komunikaciona tehnologija (IKT) je dinamički domen u kojem je kod većine kurikula vreme aktuelnosti kraće nego kod kurikula iz drugih oblasti. Često se dešava da, dok nastavnik razvije gradivo, ili napiše udžbenik, tema koju opisuje već nije aktuelna.
- Obrazovanje daje različite rezultate u kompetencijama i stečenim veštinama. Razloga za ovo ima na pretek. To mogu biti različite metode ili oprema koja se koristi na različitim institucijama, ali i razlike u motivaciji studenata. Naravno, postoje i drugi razlozi kao na primer: IT kompetencija nastavnika ili metode sa kojim se može motivisati nastavnik da prati i primenjuje najnovije tehnologije u nastavi.

- Studenti bivaju obučeni za fundamentalne inženjerske veštine ali ih ne umeju primeniti u rešavanju problema iz svakodnevnog života.
- Aktuelni kurikuli ne omogućavaju kreativnost u rešavanju problema, već se prate šabloni koji dovode do jednog od mogućih rešenja.
- Pored fundamentalnih inženjerskih veština sve je veća potreba za umećem komuniciranja i sposobnošću rada u grupi (timu).

2. PROJEKTNO ORIJENTISAN PRISTUP (PBL)

Pošto u literaturi često srećemo izraz „problemsko učenje“ (Problem-based learning, PBL) i „učenje orijentisano sa projektima“ (Project-based learning, PBL) ovo poglavlje počinjemo sa opisom razlika između ova dva pristupa. Problem orijentisana metoda se koristi već više decenija u različitim oblastima obrazovanja. Na primer, u medicini se koristi već od 1960-tih. Razlike mogu da se opišu sa sledećim stavkama [2]:

- Projekat bolje opisuje neki pojam, aplikaciju iz realnog života, a vezan je za profesiju. Izrada, razvoj jednog projekta zahteva više vremena nego rešavanje jednog problema.
- Rad na projektu pretežno zahteva primenu već postojećeg znanja, dok se kod rešavanja problema akcenat stavlja na sticanje novog znanja.
- Rad na projektu je lako povezati sa sadržajem nekog kursa, dok kod rešavanja problema sadržaj kursa se teško definiše.
- Rad na projektu zahteva umeće u upravljanju resursima i rokovima, dok kod rešavanja problema to nije tako specifično.

Treba naglasiti i to, da projektno-orijentisan i problem-orijentisan pristup ne isključuju jedan drugog, već su to dva različita pristupa koja u prvi plan stavljaju učenje naspram klasične nastave. U nastavku rada ova dva pojma se često prepliću, jer kod izrade mobilne aplikacije mogu se oba pristupa primeniti.

Na web stranici Problem Based Learning Initiative [3] možemo naći interesantnu literaturu vezanu za primenu PBL pristupa u medicini. Iz tih radova slede neke od suštinskih karakteristika ove metode, koje su veoma važne da bi ovaj pristup funkcionisao na odgovarajući način:

- Učenici moraju osećati odgovornost za svoje obrazovanje. Pošto se radi o pristupu u kojem je učenik u centru zbivanja, očekuje se da će se povećati motivacija za sticanje novih znanja ako učenik oseća odgovornost za rešavanje problema, izradu projekta ili upravljanje ovim procesima [4].
- Zadaci koji se rešavaju ovim pristupima moraju da budu složeni i da omogućavaju razne puteve do postizanje rešenja. Ono što u svakodnevnom životu

nazivamo problemom ima kompleksan karakter, inače ne bi se zvao problemom. Jedan od najvažnijih veština koju učenici mogu steći PBL pristupom je veština prepoznavanja problema i definisanje onih parametara koji dovode do rešenja. Ako zadatak nije dovoljno složen, a time je i put do rešenja relativno definisan, tada učenici bivaju manje motivisani za izradu tog specifičnog rešenja.

- Pri rešavanju problema poželjno je da se primenjuje znanje iz različitih disciplina, ili naučnih oblasti. Različite perspektive vode do dubljeg razumevanja problema i izrade kvalitetnijeg rešenja.

3. MOTIVACIJA ZA ISTRAŽIVANJE

Pre dve godine, na Visokoj tehničkoj školi strukovnih studija u Subotici uveden je PBL pristup na predmetu koji se bavi razvojem aplikacija za Android mobilne uređaje. Razlozi za promenu pristupa u nastavi su neki koje smo u drugom poglavlju već naveli:

- zadaci (mobilne aplikacije) su iz realnog života,
- aplikacije su složene i mogu se realizovati na više načina,
- multidisciplinarni pristup rešavanju problema je obavezan.

U nastavku ovog poglavlja slede razlozi za implementaciju PBL pristupa.

Iz ugla nastavnika, kvalitetno prezentovanje gradiva o Android operativnom sistemu i primena tog znanja u praksi, iziskuje daleko više vremena nego što je na raspolaganju tokom semestra. Čak i ako se gradivo o Android operativnom sistemu svede na opis nekih glavnih funkcija, ostaje problem da je moguće razviti širok spektar različitih vrsta aplikacija. Na primer, nastavnik može da bira razvoj aplikacija koje su igrice, ili to mogu da budu aplikacije za razonodu (slušanje muzike, chat itd.). Takođe, mogu se razviti finansijske, geolokacijske aplikacije itd. Različite vrste aplikacija koriste i različite tehnologije unutar Android operativnog sistema. Može se reći da je jedan semestar dovoljan za dublje razumevanje i sticanje veština za razvoj jedne vrste aplikacija. Pošto se radi o složenoj oblasti, postavlja se pitanje, da li nastavnik treba da odluči koju vrstu aplikacije učenici treba da nauče da razvijaju? Složena oblast zahteva dodatno angažovanje i učenje, a motivaciju za to možemo postići samo tako da učenici rade ono za šta imaju najviše afiniteta.

U PBL pristupu nastavnik više nije jedini izvor informacija i njegova uloga se menja u ulogu mentora. Na ovaj način nastavnik može primeniti i najnovije tehnologije u svom predmetu, jer objašnjava samo osnove gradiva potrebne da se započne rešavanje nekog problema. Pisanje gradiva i njegova aktuelnost prestaje biti problem, jer se za rešavanje problema ili razvoj aplikacije koriste izvori koji su dostupni *online*. Na primer, za upit „Android tutorial“, pretraživač Google u prvom mesecu 2017-te, daje preko 21 milion referenci. Upit „Android tutorijal na srpskom“ daje više od 25 miliona pogodaka na Google-u. Iako je teško objasniti zašto ima manje pogodaka za upit

na engleskom, to ne menja na činjenici da se na Internetu nalazi ogromna količina informacija koje mogu pomoći u rešavanju problema, ili razvoju Android aplikacija.

Prenos odgovornosti za učenje korisno je i za učenika i za nastavnika. Iz ugla nastavnika, to znači da se smanjuje pritisak koji zahteva konstantno praćenje novih IT tehnologija, odnosno smanjuje se trka sa kompetencijama koje učenici mogu imati iz date oblasti. Kompetencije učenika iz specifične IT oblasti mogu biti veće nego kod nastavnika, jer učenici mogu provesti neuporedivo više vremena na izučavanju tehnologije koja im je zanimljiva. Umanjeno samopouzdanje zbog manjka kompetencije kod nastavnika može dovesti do slabijeg kvaliteta u obrazovanju IT stručnjaka, a to je ono što nikome ne odgovara -ni obrazovnoj ustanovi, ni učeniku, ni industriji kao budućem poslodavcu učenika. Nastavnik se mora prilagoditi novoj ulozi. Umesto da samo predaje, na primer njegov novi zadatak je da skrene pažnju studenata na kvalitetno internet-gradivo, i da ukaže na sadržaj koji je studentima koristan za rešavanje problema.

4. PRIMENA PBL-A NA VISOKOJ ŠKOLI

U okviru predmeta u kojem studenti uče tehnologije vezane za Android mobilne aplikacije, opterećenje studenata tokom semestra svodi se na sledeće:

- učenje teorije potrebne za razvoj mobilnih aplikacija,
- paralelno sa teorijom studenti uče i teoriju vezanu za projektni menedžment,
- nakon odslušane teorije, studenti pristupaju razvoju aplikacija.

Tokom semestra, proces učenja i razvoj aplikacija se bazira na SCRUM metodologiji (tačnije *framework-u*). SCRUM predstavlja agilni pristup koji se prvenstveno koristio u privredi za upravljanje razvojem proizvoda. Međutim, agilni pristup se pokazao kao efikasan i u mnogim drugim oblastima, na primer softverskoj industriji. Primenom agilnog pristupa u nastavi, studenti dobijaju ciljeve koje bi trebalo da dostignu u razvoju aplikacije i dobijaju rokove realizacije. Razvoj aplikacija se izvodi u okviru timskog rada. Veličina grupe (tima) varira u zavisnosti od težine zadatka, rokova (jedan semestar) i uslova (studenti, a ne zaposleni), stoga nije moguće strogo se pridržavati smernicama koje SCRUM metodologija preporučuje. Po SCRUM-u optimalna veličina grupe je od 5 do 9 ljudi.

Projekti koji studenti rade su tipa klijent-server. Klijent je uvek mobilna aplikacija koja rešava neki zadatak, prikuplja podatke i slično i komunicira sa serverom. Server aplikacija prima i/ili prosleđuje podatke klijentu. Podaci se čuvaju u bazi. Server aplikacije imaju i sigurnosne opcije za proveru neautorizovanog pristupa, ali i opcije koje obezbeđuju različite nivoe korisnika.

Gradivo o tehnologijama koje su potrebne za razvoj klijent-server aplikacija je preobimno za detaljno usvajanje u toku jednog semestra. Studenti moraju sami da

proučavaju IT oblasti i da sami dolaze do rešenja koje će primeniti u razvoju projekta. Promena uloge i premeštanje odgovornosti pri učenju, jedan je od važnih momenata u PBL pristupu. Studenti nakon mnogo godina provedenih u frontalnoj nastavi, bivaju prepušteni sami sebi da odrede šta će da uče i do kojeg nivoa će da usvoje gradivo. Da bi se adaptirali na ove promene, i da bi počeli samostalno da uče, studenti analiziraju tuđa rešenja, na osnovu toga dizajniraju svoja, a sve to je potrebna odgovarajuća motivacija. Za ovo se koristi SCRUM sistem koji kao preduslov uspešnog razvoja projekta definiše sledeće osnove:

a) **Timski rad.** Razvoj se odvija u grupi. Svaki član grupe ima ista prava u okviru tima. Svako ima odgovornost prema drugim članovima i zajedno su nadležni za uspešnu realizaciju projekta. Neuspeh projekta je neuspeh tima. Grupa samostalno i bez spoljašnjeg pritiska bira projekat sa ponuđene liste problema koje treba rešiti. Na ovaj način postiže se da se radi na projektu koji odgovara interesovanju studenata članova tima.

b) **Transparentnost i korekcija.** Studenti na početku semestra prihvataju razvoj jednog projekta, sa svim onim opcijama koje se dogovore sa nastavnikom. Nastavnik predstavlja naručioca aplikacije. Studenti se dogovaraju sa nastavnikom o detaljima koje opcije aplikacije treba da sadrže, odnosno definiše se redoslede realizacije opcija. Nakon toga, studenti počinju sa radom. Koristeći SCRUM alate i događaje, prati se učinak svakog pojedinog studenta. Transparentnost i korekcija je omogućena kratkim ciklusima prezentovanja urađenog. Na primer, tu su takozvani *DailyScrum* i *SprintDemo* događaji. *DailyScrum* se na dnevnoj bazi bavi učinkom pojedinca u timu. Tokom *DailyScrum*-a studenti jedni drugima odgovaraju na tri pitanja iz kojih se može saznati doprinos pojedinca razvoju aplikacije. Ta tri pitanja su:

- Šta ste uradili od prethodnog *DailyScrum*-a?
- Šta ćete raditi do sledećeg *DailyScrum*-a?
- Šta vas je sprečavalo u radu?

Ako se ova pitanja postavljaju na dnevnoj bazi, onda su iteracije u razvoju projekta male i vrlo brzo se mogu uočiti greške, odnosno manjak doprinosa nekog člana tima. S obzirom na raspored i organizaciju nastave, odstupilo se od pravila da se *DailyScrum*-ovi održavaju svakodnevno i održavali su se dva puta nedeljno u okviru časova. *SprintDemo* predstavlja periodično prezentovanje rezultata razvoja. Ovaj događaj se održava na nekoliko nedelja (unapred je definisan vremenski razmak između dva demoa), ali vreme između dva *SprintDemo*-a ne bi trebalo da bude duže od mesec dana. Pored prethodna dva događaja, SCRUM koristi i druge alate s kojim se može pratiti razvojni proces i učinak tima i pojedinaca. Ako svaki pojedinac vidi/čuje šta drugi u grupi rade, odnosno svi u timu vide svačiji doprinos u razvoju, onda ovo okruženje motiviše pojedince. U SCRUM-u, pojedinac ne bi trebalo da nagađa koliko ko doprinosi projektu. Ne bi trebalo da bude atmosfera u kojoj pojedinac misli da radi više od drugih, jer to uzrokuje manjak motivacije i nesigurnost u realizaciju projekta. Pošto tema ovog rada

nije prikaz SCRUM metodologije, u nastavku ćemo se baviti primenom ove agilne metodologije u obrazovanju.

c) **Motivacija.** Grupu formiraju studenti. Nema spoljašnjeg uticaja na strukturu grupe. Studenti opis problema/projekta dobijaju u vidu kratkih rečenica koje opisuju opcije koje bi naručilac projekta želeo da budu realizovane u projektu. Jedan kratak opis, koji se u SCRUM-u zove *story*, sadrži samo štur informaciju o potrebnoj opciji, jer ona je definisana od naručioca projekta, a on se podrazumevano ne razume u računarske tehnologije to jest kojom tehnologijom da se reši zadatak, već zna šta čemu služi opcije. Manjak informacija, ne određuje u velikoj meri pravac rešavanja problema, što je pogodno jer studenti sami mogu dizajnirati svoje rešenje. Rešenje koje ponudi tim, kao što je to već opisano u Uvodu, treba da služi kao dodatna motivacija za rad i učenje.

Važno je napomenuti, da definisanje zadataka iz *story*-ja studenti rade u timu, bez spoljnog pritiska. Svaku odluku tim donosi samostalno. Članovi tima određuju šta je zadatak, koji član tima će šta da radi, koliko resursa zahteva izvršenje svakog pojedinog zadatka (na primer, koliko vremena je potrebno da se završi). Ovaj pristup uzima u obzir činjenicu da se u grupi nalaze studenti koji imaju različite oblasti interesovanja ali i veštine. Heterogenost grupe je poželjna, jer se putem različitih perspektiva problem može bolje razumeti, a dolazi se i do kvalitetnijeg rešenja.

Na motivaciju SCRUM utiče i sa takozvanim DoD-om. To je skraćenica od *Definition of Done*, a znači da svi u grupi određuju kada je jedan zadatak, na primer jedna opcija projekta urađena. Ne može se desiti da neko ne uradi svoj deo zadatka na način koji ostalim članovima tima ne odgovara. Ovo je veoma korisno u slučajevima kad pojedinac namerava da progura svoj „zbrzan rad“.

Ako sumiramo ukratko prethodno napisano, od SCRUM metodologije i PBL pristupa, autori očekuju da će studenti biti motivisani da samostalno uče i primenjuju naučeno, da steknu sposobnosti identifikacije problema i da umeju da dizajniraju jedno od mogućih rešenja. Vredi spomenuti i to da putem timskog rada studenti vežbaju komunikacijske veštine, dok na *SprintDemo*-ima imaju mogućnost da se opробaju kao prezenteri projekta. To su veštine koje se pored fundamentalnih inženjerskih znanja traže u privredi.

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Istraživanje koje se odvijalo u sklopu ovog predmeta imalo je dva cilja:

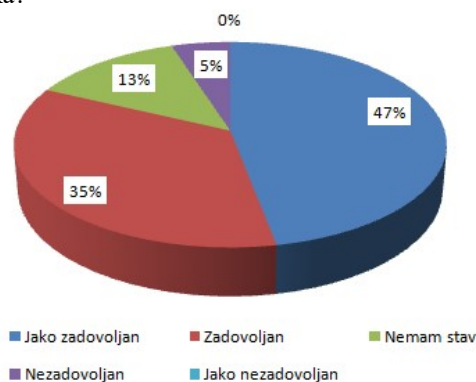
- Evaluirati SCRUM metodu u obrazovanju.
- Definirati način kojim se u grupnom radu može za isti projekat odrediti objektivna ocena za pojedince.

Istraživanje se bazira na podacima iz upitnika koje su studenti treće godine ispunili na kraju semestra. Istraživanje je rađeno u prethodne tri godine, počevši od školske 2014/2015 godine. Broj pitanja i vrsta pitanja se

menjala u upitnicima jer se eksperimentisalo sa različitim primenama SCRUM-a. Takođe su dodavana pitanja kojim su nastavnici želeli da dobiju bolji uvid u dešavanja unutar tima, odnosno doprinos pojedinca uspehu tima. Najkraći upitnik je imao 22, dok je poslednji u nizu bio najduži i u njemu je bilo 39 pitanja. Odgovori su se davali označavanjem jedne vrednosti na Likertovoj skali od pet stepeni. U istraživanju su učestvovali studenti treće godine Visoke tehničke škole strukovnih studija u Subotici. Mnoga pitanja u upitniku bila su u vezi projekt SCRUM menadžment sistema i njegovih opcija. Odgovori na ova pitanja nisu relevantna za ovaj rad i stoga neće biti prikazana.

Slede odgovori na pitanja, iz koji se mogu dobiti informacije o tome, kako studenti prihvataju SCRUM metodologiju u nastavi, kako se snalaze sa većom odgovornošću, da li su postojali konflikti unutar tima i kako su ih rešili, itd.

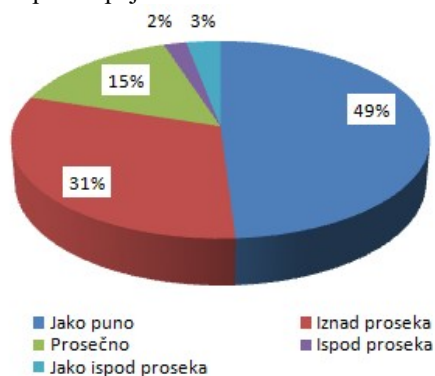
Pitanje broj 1. Da li ste bili zadovoljni sa raspodelom zadataka?



Slika 1. – Zadovoljstvo raspodelom zadataka unutar tima

Iz odgovora sledi da je velika većina studenata zadovoljna dodeljenim zadatkom. Treba napomenuti da su za realizaciju projekta potrebne različite veštine. Tim je pored programerskih zadataka trebao da odradi i kvalitetno dizajniranje klijent i server aplikacije, odnosno promo web stranice. Testiranje aplikacije, pisanje dokumentacije i izrada prezentacije su zadaci koje su se studenti takođe mogli da biraju na osnovu svojih sklonosti.

Pitanje broj 2. Koliko se unutar grupe mogao uočiti pozitivni doprinos pojedinca?



Slika 2. – Učinak pojedinca

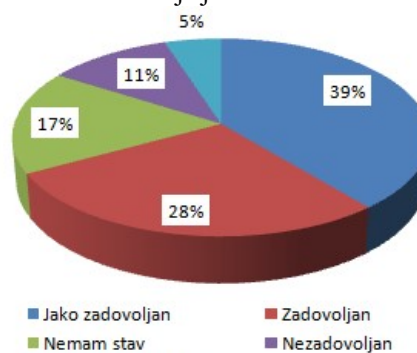
Veliki procenat studenata je odgovorio da se unutar grupe videlo kako neko „više doprinosi“ razvoju projekta. Odgovor ukazuje na probleme unutar grupe koje treba rešiti, jer ovakav stav na duže staze smanjuje motivaciju članova tima.

Postavljeno je pitanje slično kao i prethodno (Pitanje broj 3), samo se sada želelo saznati da li se unutar grupe video negativan doprinos pojedinca, na primer da nije odrađivao zadatke koji su mu dodeljeni, da nivo izrade zadataka nije bio zadovoljavajući, onako kako je dogovoreno itd. Kao i kod prethodnog, i kod ovog pitanja dominiraju odgovori iz kojih sledi da u grupi ima i takvih studenata koji bi želeli da projekat odrade uz davanje minimalnog doprinosa zadatku koji tim treba da realizuje.

Iz odgovora sledi da je za 41% studenata (skoro polovinu), jako uočljivo da u grupi ima kolega koji slabije „rade“. Prethodnim studentima se pridružuje još 20% onih koji takođe uočavaju slab doprinos pojedinaca. Od ukupnog broja, 31% nema mišljenje o ovome, a tek vrlo mali procenat (3% i 5%) misli da se slabiji doprinos pojedinca ne vidi, ili verovatno misli da nema uticaja na razvojni proces.

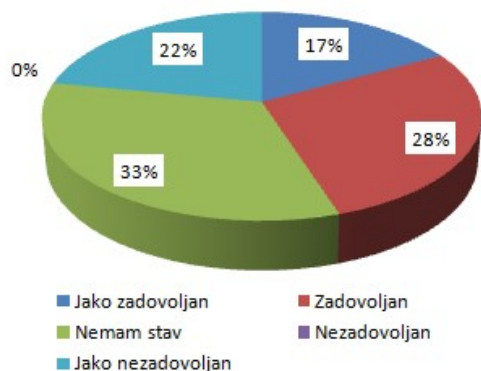
Odgovori na prethodna dva pitanja su i signal nastavnicima da u primenjenom projekt menadžment sistemu izvrše dodatna podešavanja. Nastavnici imaju slab uvid u rad grupe, i često se dešava da oni ne vide da su studenti unutar grupe već „rešili“ ovakav problem. Pošto tim u celini odgovara za završetak projekta, rešenje je najčešće to, da ostali u grupi preuzmu zadatke onog studenta koji „slabije doprinosi“ radu tima. Naravno, ovo je specifično studentsko rešenje i na duge staze neodrživo.

Pitanje broj 4 odnosilo se na komunikaciju unutar grupe. Zbirni podaci govore da je 39% studenata jako zadovoljno komunikacijom unutar grupe, 28% je zadovoljno a ima manje od trećine koji nemaju stav prema ovom pitanju ili misle da je komunikacija bila loša ili vrlo loša. Međutim, iz analize odgovora pojedinih timova sledi da je procenat zadovoljnih sa internom komunikacijom u korelaciji sa uspešnim završetkom projekta, odnosno realizacijom zacrtanih opcija. Ako je projekat manje uspešno urađen, ocena interne komunikacije je loša i obrnuto.



Slika 3. – Ocena interne komunikacije

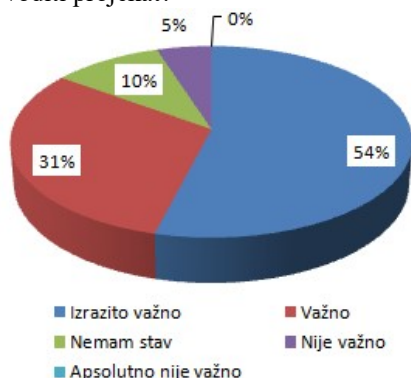
Pitanje broj 5 se odnosilo na strukturu grupe. Ovim pitanjem se želelo saznati šta studenti misle o opciji da se grupa sama formira (da studenti sami biraju u kojem projektu žele da učestvuju).



Slika 4. – Zadovoljstvo dodeljenim zadacima

Iz odgovora se vidi da je došlo do promene stavova: dok su na početku semestra svi bili zadovoljni kako je formirana grupa, na kraju je ipak dominirao kritičan stav. Iako 33% studenata nema stav, a 28% smatra da je zadovoljan strukturom grupe, sa dijagrama se može zaključiti da je približno 40% onih koji smatraju da grupa nije bila dobro oformljena. Uzrok za visok procenat nezadovoljstva vezano za kolege u timu, može biti i taj, da se neki pojedinci nisu dovoljno prilagodili novim uslovima koje nudi ova metodologija.

Pitanje broj 6 se odnosi na prihvatanje nove metodologije u učenju: Procenite koliko je važno da unutar grupe bude neko ko će voditi projekat?



Slika 5. – Koliko je važno da postoji „vođa“ projekta

Iako se mnogim studentima dopala ideja rada u grupi u kojoj nema hijerarhije, iz odgovora na ovo pitanje ipak sledi da je velikom procentu ispitanika ipak potrebna osoba, klasičan šef, koji će upravljati razvojem projekta. Razloge možemo tražiti u tome da studenti ne umeju u potpunosti da se prilagode metodi u kojoj oni sami odgovaraju za svoje učenje. To su rezultati koji su i očekivani, pošto im je ceo dosadašnji obrazovni proces u osnovnom, srednjem i sada u visokom obrazovanju bio frontalna nastava. Međutim zbog navedenih pozitivnih uticaja na učenje, trebalo bi razmisliti da se sa primenom PBL pristupa započne još u osnovnoj, ili najkasnije u srednjoj školi.

Sledi prikaz akvizicije podataka za drugi cilj istraživanja, a to je definisanje metoda sa kojom se za isti projekat svakom pojedincu može dodeliti različita ocena, u zavisnosti od njegovog/njenog doprinosa u razvojnom procesu.

Da postoji razlika ko koliko ulaže svoj rad u realizaciju aplikacije, vidi se i iz prethodno prikazanih odgovora (pitanje broj 2 i 3). Različite ocene za projekat više su potrebne onim studentima koji su uložili više napora u razvoj aplikacije. Mora se naglasiti da se ne pokušavaju zadaci razdvojiti po težini. Jedina razlika, na primer, između dizajnerskog zadatka i projektovanja baze podataka, ili programiranja u Javi i testiranja aplikacije je u broju časova za koji se zadatak može realizovati. Vreme potrebno za jedan zadatak se dogovorom i jednoglasno određuje na nivou tima, na samom početku razvoja, u takozvanoj fazi planiranja. Razlika koju nastavnici žele saznati je vezana za količinu samostalno usvojenog gradiva, veština koje su se stekle, kvaliteta primenjene teorije itd.

Ove godine upitnici su sadržali i pitanja u kojima su članovi grupe mogli da ocene rad svojih kolega sa kojim su bili u istom timu. Neka od pitanja na koja su za svakog člana tima ponaosob mogli dati ocene od 1 do 5 su:

- Bio je pouzdan na sastancima tima.
- Prihvatio je posao koji mu je dodeljen.
- Svoje zadatke je odrađivao na vreme i znao je prihvatiti dodatne zadatke.
- Ako je bilo potrebno, pomagao je drugima.
- Na sastancima tima učestvovao je sa konstruktivnim predlozima.

Takođe su bila postavljena i pitanja gde su se tražili odgovori u obliku kratkog eseja, na primer:

- Ukratko opišite čime ste doprineli realizaciji projekta!
- Kako bi Vaš tim mogao da bude efikasniji?

Prethodna pitanja i mnoga druga koja u ovom radu nisu prikazana, nisu bila dovoljno dobra ili detaljna da bi nastavnici mogli dobiti dovoljno objektivnih podataka na osnovu kojih bi svakog studenta u timu mogli pojedinačno oceniti. Jedan od razloga za ovo je jednostavan: studentska kolegijalnost. Studenti su davali bolje ocene drugima u nadi da će i drugi u timu postupiti na isti način. Pored kolegijalnosti, mora se istaći i činjenica da studenti prvi put rade u ovakvom okruženju i nemaju iskustva u proceni kvaliteta radova. Teško umeju da ocene složenost problema ili nivo izrade rešenja, ako se radi o oblasti u kojoj se slabo snalazi.

6. ZAKLJUČAK

Agilni pristup razvoju aplikacija se primenjuje na Visokoj tehničkoj školi strukovnih studija u Subotici od 2014. godine. Za ove tri godine više od 70 studenata je učestvovalo u razvoju 18 IT projekata. Nastavnici pokušavaju da u tim projektima što efikasnije primene

PBL pristup i projekt menadžment sistem. Na osnovu odgovora na pitanja iz ankete koje su studenti popunjavali na kraju semestra, sledi da je SCRUM agilni sistem prihvaćen s njihove strane:

- 67% je zadovoljno sa mogućnostima SCRUM metode.
- Približno polovina studenata je zadovoljna strukturom članova u grupi, i Indeks zadovoljstva (zbirna ocena pojedinačnih pitanja) je velik.
- 47% studenata je bilo zadovoljno time, što su mogli raditi na zadatku koji im najviše odgovara.

Pored pozitivnih iskustava, mora se govoriti i o nedostacima koji su se mogli uočiti iz upitnika, ali i iz razgovora sa studentima. Razlike u motivaciji za izradu aplikacije, kvalitetu urađenih opcija, radnim navikama, nivoom sposobnosti rada u grupi, pristupu učenju i na kraju ciljevima pojedinaca, dovodi do različitih nivoa doprinosa realizaciji projekta. Projekt menadžment sistem sadrži mogućnosti kojima se ovi problemi mogu rešiti, ali ta rešenja su zasnovana na tome da se primenjuju u industriji gde članovi tima imaju drugačiji status, postoji druga vrsta motivacije, na primer bonus/malus sistem nagrađivanja. Zbog specifičnosti u obrazovanju, primena metode iz industrije zahteva i odgovarajuću adaptaciju. Zato se tokom protekle tri godine pokušavalo sa upitnicima dobiti što bolja slika dešavanja unutar tima.

Izvršene su i konkretne izmene metoda koje SCRUM preporučuje. Na primer, eksperimentisalo se sa brojem studenata u grupi. Nadajući se boljoj transparentnosti broj studenata je svake godine smanjivan sa početne vrednosti od 7. Iskustva pokazuju da ako je broj studenata u grupi veći od 5, onda raste i broj onih koji slabije doprinose zajedničkom radu. Smanjivanjem broja studenta po grupama na 3 do 4, dovodi do problema vezanih za PBL:

- Rešenja nisu kvalitetna jer nema stvarne diskusije, *brainstorminga* oko nekog rešenja.
- Prihvataju se rešenja onog studenta koji prihvata/radi zadatak.
- Zbog malog broja članova, može se reći da je timski rad, međusobno pomaganje na minimalnom nivou.

Problem objektivnog ocenjivanja studenta, na osnovu podatka iz upitnika još nije rešen. Ocene koje realno prikazuju stečeno znanje i veštine se još uvek formiraju na osnovu usmenog ispita.

Mnogi radovi bave se održivošću PBL pristupa u visokom obrazovanju [5, 6, 7, 8]. U tim radovima zaključak autora

je da zbog nekih ograničenja, PBL se ne može primeniti kao jedini pristup u obrazovanju inženjera. Za rešavanje problema potrebna su fundamentalna znanja koja se na klasičan način stiču tokom studija. Ta znanja se kasnije mogu primeniti u rešavanju raznih vrsta problema. Pošto problemi iz realnog života najčešće nisu iste vrste, znanje stečeno u PBL pristupu pri rešavanju jedne konkretne vrste zadatka, ne može se uvek primeniti na isti način kod drugih tipova problema. I pored ove slabosti, PBL pristup i dalje ostaje jedna veoma korisna metoda za sticanje znanja i veština u profesionalnoj karijeri inženjera.

LITERATURA

- [1] Privredna komora Srbije, 2015, <http://www.pks.rs/PrivredaSrbije.aspx>
- [2] Loyens, S. M. M., Kirschner, P. & Paas, F. (2011). Problem-based Learning. In K. R. Harris, S. Graham & T. Urdan (Eds.), *APA Educational Psychology Handbook: Vol 2* (p. a). Washington: American Psychological Association
- [3] Problem-Based Learning Initiation, <http://www.pbli.org/shopping>.
- [4] John R Savery and Thomas M Duffy. „Problem-Based Learning: An instructional model and its constructivist framework“ *Educational Technology Vol. 35 Iss. 5* (1995) Available at: http://works.bepress.com/john_savery/4/
- [5] Perrenet, J.C., Bouhuijs, P.A. and Smits, J. G. M., 2000, The suitability of Problem-based Learning for Engineering Education: Theory and Practice, *Teaching in Higher Education*, 5, 345–358.
- [6] Wertz, V., Ben-Naoum, K., Delsarte, P., 2005, PBL in Mathematics: What is a "Good" Problem? *Proceedings of the International Conference on Problem-Based Learning*, University of Tampere, Faculty of Education and Lahti Polytechnic, Finland.
- [7] Julie E. Mills, David Treagust, *Engineering Education, Is Problem-Based or Project-Based Learning the Answer*, *Australasian Journal of Engineering Education* 3, January 2003.
- [8] Greg Gagnon, Walter Tsushima, Albert Lehner, *Just Do It! A Reflection of Motivation in Project-Based Learning*, *Third 21st CAF Conference at Harvard*, in Boston, USA. September 2015, Vol. 6, No. 1 ISSN: 2330-1236

STATISTIČKA ISTRAŽIVANJA U OBLASTI INFORMACIONOG DRUŠTVA

STATISTICAL RESEARCH IN THE FIELD OF INFORMATION SOCIETY

Stefan Grujičić¹, Jovanka Vukmirović¹, Marina Jovanović Milenković¹, Aleksandra Vukmirović²

*Fakultet organizacionih nauka Univerzitet u Beogradu¹
Beogradska poslovna škola Visoka škola strukovnih studija²*

Sadržaj – Iako ne spada u najrazvijenije zemlje sveta može se konstatovati da Republika Srbija ne zaostaje previše u odnosu na ostatak sveta kada je u pitanju proces transformacije u informaciono društvo. Neizostavni deo tog procesa predstavljaju i statistička istraživanja, koja i sama prolaze kroz proces transformacije imajući u vidu pojavljivanje ogromnih količina podataka i informacija koje je neophodno skladištiti, grupisati, analizirati i iz njih izvući određene korisne zaključke. U tom smislu kao novi i savremeni koncept pojavio se Big Data koji upotrebom različitih metoda i tehnika pokušava da na adekvatan način odgovori na izazove savremenog informacionog društva. Cilj ovog rada je da ukaže na mogućnosti i značaj Big Data koncepta.

Abstract – Although it does not belong to the group of most developed countries, it can be concluded that the Republic of Serbia does not lag behind compared to the rest of the world when it comes to the process of transformation into the information society. An essential part of that process are statistical surveys, which also are going through a process of transformation due to the emergence of huge amounts of data and information that is necessary to be stored, grouped, analyze and draw from them some useful conclusions. Consequently, as a new and modern concept was appeared the Big Data concept, which using a different methods and techniques, try to adequately respond to the challenges of a modern information society. The goal of this paper is to show the possibilities and importance of the Big Data concept.

1. UVOD

Koncept informacionog društva razvijen je u okviru razmatranja odnosa informaciono-komunikacionih tehnologija (IKT) i društva.[1] Još 2000-te godine u Lisabonu napravljen je akcioni plan prelaska evropskog društva iz industrijskog u informaciono društvo, koji je nazvan "e-Evropa ". Među sedam vodećih inicijativa ekonomske strategije *Evropa 2020* nalazi se „Digitalna agenda za Evropu”, što pokazuje značaj koji IKT u današnje vreme imaju u razvoju moderne ekonomije.

U „Strategiji razvoja informacionog društva u Republici Srbiji do 2020. godine“ navodi se da osnovu razvoja informacionog društva čine: otvoren, svima dostupan i kvalitetan pristup Internetu i razvijeno e-poslovanje, uključujući: e-upravu, e-trgovinu, e-pravosuđe, e-zdravlje i e-obrazovanje . Razvoj informacionog društva treba da bude praćen, između ostalog, uključenošću svih kako fizičkih, tako i pravnih lica, razvojem znanja i veština povezanih sa IKT i jačanjem uloge IKT u sistemu

obrazovanja, stalnim ulaganjem u istraživanje i inovacije itd.[2] Da bi se potencijali koje donosi IKT prepoznali, sagledali i na najbolji način iskoristili neophodno je da se prate ostvareni rezultati u ovoj oblasti i tada na „scenu stupaju“ statistička istraživanja koja treba da omoguće da se dobijeni rezultati na adekvatan način prikupe, analiziraju i da se izvuku određene korisne informacije i zaključci.

Pored tradicionalnih metoda statističkih istraživanja kao što su istraživanja anketnog tipa, istraživanja eksperimentalnog tipa, istraživanja zasnovana na zapažanjima itd. za analiziranje velikih količina podataka u sve većoj mjeri se koriste savremene metode istraživanja kao što su *Big Data*, *Web of Data* i sl. Ove tehnologije omogućavaju da se ogromne količine sirovih, nesređenih podataka skladište, sintetizuju, obrade i da se iz njih izvuku korisne informacije.

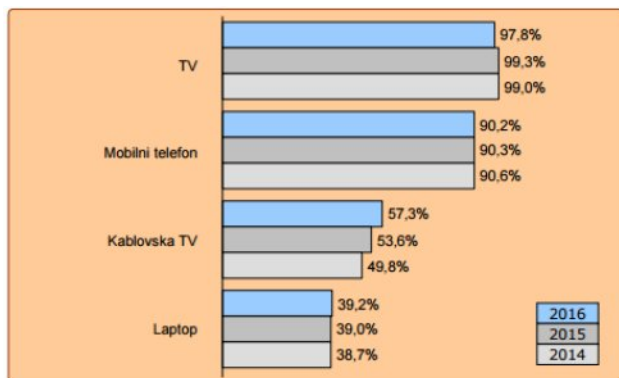
Pojam *Big Data* se odnosi na velike količine podataka u elektronskom obliku u informacionom sistemu (do reda veličina –petabajtova) koje karakterišu velika raznolikost i velike frekvencije promjenljivosti (*Volume* - količina, *Variety* – raznolikost, raznovrsnost, *Velocity* – brzina promena, frekventnost). Ovaj pojam u sebi obuhvata činjenicu da podaci mogu biti strukturirani ali su najčešće nestrukturirani, da u sebi sadrže značajne vrednosti, da se za njihovo smeštanje moraju obezbediti novi delotvorniji načini i organizacija da bi se učinili dostupnim u cilju uvida i analize u realnom vremenu i na osnovu toga donošenja relevantnih odluka, te da se za to koriste drugačiji i obimniji resursi nego do sada, a za to su potrebna nova unapređena znanja koja prevazilaze standardne resurse i dosadašnje poimanje informacionih sistema.

2. INFORMACIONO DRUŠTVO U REPUBLICI SRBIJI

Razvoj i upotreba informaciono-komunikacionih tehnologija transformisali su savremeno društvo u tzv. informaciono društvo u kome informaciono-komunikacione tehnologije zauzimaju suštinsku poziciju, kako u ekonomiji, tako i u svim ostalim sferama života pojedinaca i društva u celini. Opšte je poznato da penetracija i stepen razvijenosti informaciono-komunikacionih tehnologija visoko korelira sa opštom ocenom ekonomske razvijenosti lokalnih zajednica, regiona i država. Sa aspekta poslovanja, kvalitet i intenzitet upotrebe elektronskih komunikacija direktno utiče na razvojne šanse preduzeća i institucija, bez obzira gde se fizički nalaze na globalnoj mapi. Merenje broja i strukture korisnika računara i elektronskih komunikacija u

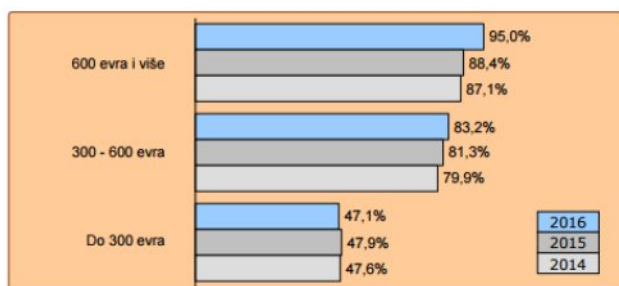
Srbiji predstavlja osnovu analize IKT potencijala kao mere opštih razvojnih potencijala u društvu.

Istraživanja o upotrebi informaciono-komunikacionih tehnologija u domaćinstvima (s najmanje jednim članom od 16 do 74 godine života) sprovodi se na reprezentativnom uzorku od približno 2300 domaćinstava. Gotovo sva domaćinstva (97,8%) u Srbiji poseduju TV uređaj. U prošloj godini 57,3% domaćinstava je posedovalo priključak za kablovsku televiziju. U 90,2% domaćinstava poseduju mobilni telefon, a 39,2% domaćinstava poseduje laptop. [3]



Slika 1. Uređaji zastupljeni u domaćinstvima [3]

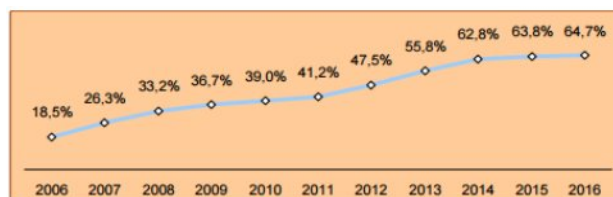
Gotovo dve trećine (65,8%) domaćinstava u Srbiji poseduje računar dok je zastupljenost računara u domaćinstvima iz urbanih naselja (73,3%) značajno veća u odnosu na ruralna naselja (54%). Zastupljenost računara u domaćinstvima varira i u zavisnosti od teritorijalne celine: u Beogradu iznosi 75,9%, u Vojvodini 67,7%, a u centralnoj Srbiji 59,4%. Najveće razlike u zastupljenosti računara beležimo prema mesečnom prihodu domaćinstva pa je tako računar prisutan u 95% domaćinstava sa 600€i više prihoda mesečno što je gotovo dvostruko više u odnosu na u domaćinstvima sa prihodom do 300€ (47,1%).



Slika 2. Procenat domaćinstava koja poseduju računar u odnosu na visinu prihoda [3]

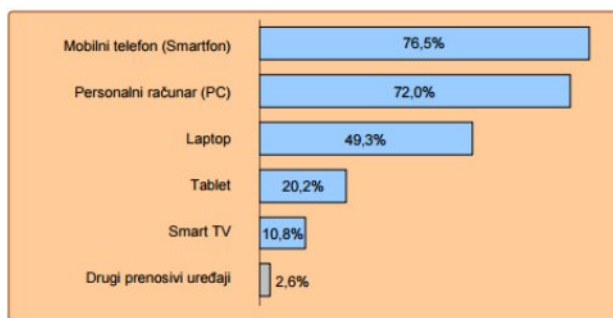
U Republici Srbiji 64,7% domaćinstava poseduje internet priključak, što čini povećanje od 0,9% u odnosu na 2015. godinu, a 1,9% u odnosu na 2014. godinu. Zastupljenost internet priključka najveća je u Beogradu i iznosi 73,1%. U Vojvodini ona iznosi 68,7%, a u centralnoj Srbiji 57,9%. Značajna je i mera proporcije broja računara u odnosu na broj računara povezanih sa Internetom. Tako je u prvom merenju iz novembra 1999. od tri prisutna računara, samo jedan bio povezan sa internetom. Dve

godine kasnije (2001), od tri računara – dva, a sedam godina kasnije (2006) od pet računara četiri su bila povezana na internet. Danas se taj broj gotovo sasvim izjednačio s obzirom da je u 65,8% domaćinstava prisutan računar, a u 64,7% imaju pristup internetu.



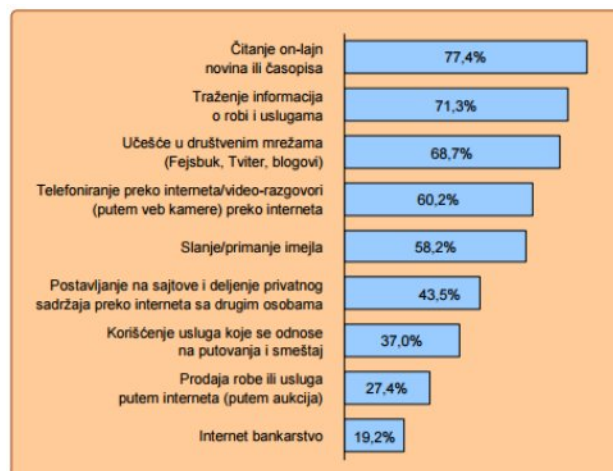
Slika 3. Procenat domaćinstava koja imaju pristup internetu (2006-2016) [3]

Što se tiče uređaja putem kojih se u domaćinstvima najčešće pristupa internetu to su mobilni telefon (76,5%) i desktop računar (72%), a nakon toga slede laptop računar (49,3%) i tablet (20,2%).



slika 4. Uređaji preko kojih se pristupa internetu [3]

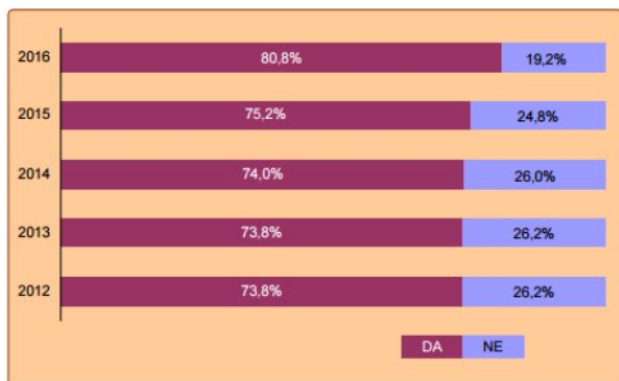
Građani Republike Srbije su tokom poslednja tri meseca internet u velikoj meri koristili pored gledanja video sadržaja putem *You Tube* i sličnih zajedničkih servisa (84,2%) i za čitanja on-lajn novina i časopisa (77,4%), traženja informacija o robi i uslugama (71,3%) i za kao i za učešće nadruštenim mrežama kao što su Fejsbuk i Tviter (68,7%).



slika 5. Tipovi korišćenja interneta (u privatne svrhe) u poslednja tri meseca [3]

Istraživanje o upotrebi informaciono-komunikacionih tehnologija u preduzećima sprovedeno je na

reprezentativnom uzorku od približno 1.700 preduzeća sa 10 i više zaposlenih. Rezultati potvrđuju da danas u gotovo svim preduzećima (99,8%) u Srbiji koriste računar u svakodnevnom poslovanju. Takođe, gotovo sva preduzeća (99,8%) imaju pristup internetu dok 80,8% preduzeća poseduje veb-sajt.



slika 6. Preduzeća koja imaju/nemaju svoj veb-sajt [3]

Na osnovu svega navedenog može se zaključiti da, iako Republika Srbija ne spada u razvijenije zemlje Evrope i sveta, bar u oblasti informacionih tehnologija Republika Srbija ide u korak sa ostatkom sveta. Može se reći da je proces transformacije u informaciono društvo u punom jeku što je veoma značajno jer su savremene tehnologije ključne za održiv ekonomski razvoj svake zemlje.

3. STATISTIČKA ISTRAŽIVANJA NA INTERNETU

Računari su danas nezaobilazan alat svakog istraživača tržišta, jer poslovi planiranja projekta, obrade podataka i izrade i prezentiranja izveštaja (rezultata) istraživanja ne mogu se zamisliti bez njih. Terensko istraživanje, danas dobija sasvim novu dimenziju. Virtuelno okruženje, sajber prostor, predstavljaju savremen "teren" na kome se, u svetu već uveliko, prikupljaju podaci, dok kod nas izgleda još uvek vlada skepticizam za ovaj istraživački medij, ili je to jednostavno u duhu slabe razvijenosti Interneta u poslovnom okruženju i među širom populacijom uopšte. Malo je domaćih privrednih subjekata, koji su primenjivali ovaj vid istraživanja tržišta, a i oni koji su se upustili u tu "avanturu" ili svoje poslovanje direktno zasnivaju na Internetu (virtuelne kompanije) ili prodaju i vrše usluge u vezi računarskih i hi-teac proizvoda. No, neminovno je da će zaživeti poslovi istraživanja tržišta posredstvom interneta, kako internet u sve većoj meri bude postajao realnost.

U skladu sa tim, gotovo da kod nas uopšte i nema literature koja pokriva ovu oblast. Strana izdanja već uveliko proučavaju i pišu o ovoj problematici. Neophodno je, međutim, napomenuti da obimna svetska teorija kaska za praksom, jer usled veoma brzog razvoja i poslovne primene na ovom polju, teorija ne hvata korak sa tolikom ekspanzijom praktičnih rešenja. Izuzetan razvoj informacionih tehnologija se odražava i na poslove istraživanja tržišta, te teoretičari, jednostavno, ne mogu biti toliko ekspeditivni kolika je turbulencija i prosperitet

praktičnih mogućnosti. Jedno je jasno, da napredak teorije isključivo zavisi i zasniva se na praksi, ali i da se na osnovu pristupačne teorije, danas mogu kreirati i sprovesti uspešni projekti istraživanja tržišta baziranih na Internetu. Nemoguće je navoditi inženjerska rešenja pojedinih metoda "elektronskih" istraživanja tržišta, s obzirom da su ona mnogobrojna. Međutim, potrebno je objasniti suštinu istraživanja koja prikupljaju podatke na internetu, prikazati specifičnosti postupaka tog istraživačkog procesa u odnosu na klasične (tradicionalne) metode i navesti autentične detalje. Dostupna literatura u određenoj meri to i pruža. Da li će pojedini istraživači tržišta primeniti sopstvena inženjerska rešenja ili će koristiti mnogobrojne gotove alate, razvijene u tu svrhu, zavisi od njihove sposobnosti, znanja i iskustva, finansijskih sredstava kojima raspolažu i rezultat je isključivo njihove odluke, ali neophodno je da poseduju određena opšta znanja ove metodologije, široko objašnjena i prezentovana u literaturi.

Specifičnost, za *online* istraživanja, je u tome što je izvršena automatizacija procesa istraživanja – spajaju se faze prikupljanja podataka, obrade istih i davanja izveštaja i rezultata. Podaci koje ispitanici unose, u najvećem broju slučajeva (kod nekih metoda, kao npr. *e-mail* ispitivanje, ovo ne važi) automatski pune bazu podataka, bez posrednika čoveka, a potom se vrše direktne, prethodno zadate, operacije nad varijablama u bazi, čime se dobijaju gotova tražena rešenja i definisani izveštaji. Ovo dovodi do višestrukog smanjivanja troškova u odnosu na klasične metode. Istraživaču se omogućava da uvek u realnom vremenu ima rezultate dotadašnjeg toka istraživanja i bolji uvid u celokupni istraživački proces. Često se međutim, u praksi *web* ispitivanja, ispitanicima pružaju na uvid rezultati istraživanja prethodnih ispitanika, u formama grafika i drugih vizuelnih sredstava, pre nego što su odgovorili na pitanja. Ovo predstavlja pogrešan pristup, jer se na taj način može uticati na njihov stav i odgovori mogu biti pristrasni (najčešće se priklanjaju ili većini ili manjini). [4]

Istraživanje tržišta na internetu ujedno predstavlja i oblik komunikacije između ispitivača i ispitanika s obzirom da se obezbeđuje povratna veza (dvosmerna komunikacija) – predlozi korisnika proizvoda, razne zamerke, reklamacije i sl- Internet je medijum koji može da obezbedi slanje i prikupljanje tih informacija i podataka na razne načine: *e-mail*, *web*, društveni mediji i dr.

Internet je jedan od nosilaca svetskog procesa globalizacije. Globalni proizvodi, proizvodi koje prihvata ceo svet, su nastali kao rezultat homogenizovanja karakteristika potrošača širom sveta. To su proizvodi bez granica, multikulturalni i proizvodi koji ne poznaju ni geografske ni nacionalne podele. Za ovakve proizvode istraživanje celokupnog svetskog tržišta klasičnim metodama bi bilo suviše komplikovano i skupo, što zbog potrebnog velikog broja kadrova i ogromne prostorne disperzije, što zbog vremena neophodnog za sakupljanje svih podataka i obradu istih. Za poslove istraživanja tržišta ovakvih proizvoda, najadekvatnija je primena

interneta kao istraživačkog sredstva. Takođe, internet u istraživanju tržišta omogućava i drugu krajnost – direktni odnos sa svakim kupcem ponaosob i kreiranje proizvoda za svakog, što je poznato kao ciljni marketing, primena koncepta direktnog marketinga i dr.

4. BIG DATA KONCEPT

Sa rastućom ekspanzijom interneta u poslednje dve decenije, kao i drastičnim rastom broja korisnika internet tehnologija u svetu drastično je porastao i broj dostupnih podataka i informacija i javio se problem skladištenja i obrade tih podataka i informacija. Tradicionalne statističke metode nisu mogle na pravi način da odgovore tom izazovu pa se u poslednjih desetak godina počinju razvijati novi pristupi i koncepti od kojih je svakako najpoznatiji *Big Data* koncept. *Big data* je važna zato što omogućava organizacijama da sakupljaju, skladište, upravljaju i obrađuju velike količine podataka velikom brzinom. *Big Data* nije samostalna tehnologija, nego je to kombinacija poslednjih 50 godina evolucije tehnologije.

Jedna od definicija Big Data koncepta kaže da je to pojam koji označava nerelacione baze podataka koje se odlikuju značajno većim obimom, raznovrstošću i brzinom obrade podataka i to često u realnom vremenu. *Big Data* sakuplja iz raznih izvora strukturirane i polustrukturirane podatke, organizuje ih i omogućava analizu i donošenje poslovnih odluka na bazi podataka (*data-centric decision making*). Iza fraze *Big Data* krije se ideja da količina podataka raste sa eksponencijalnim rastom i da manje-više sve što radimo u svom životu već ostavlja ili će uskoro ostaviti digitalni trag, od naših socioekonomskih karakteristika i interesovanja (društvene mreže) do kupovine i potrošačkih navika (kartičarske organizacije, maloprodajni lanci putem svojih *loyalty* kartica). Glavni generatori rasta digitalnih podataka jesu pametni telefoni, usluge *cloud* servisa, društvene mreže i senzori sa raznih uređaja (*machine to machine*). Te ogromne promene predstavljaju deo četvrte industrijske digitalne revolucije.

Ne postoji jedna definitivna i opšte prihvaćena definicija pojama Big Data ali je u literaturi možda najzastupljenija definicija koja ovaj pojam pokušava da objasni uz pomoć koncepta “3 V” koji se odnose na engleske reči *Volume*, *Variety* i *Velocity* ili u prevodu obim (količina podataka), raznovrsnost i brzina. Sve više se ipak, dodaju još 2 „V” koja se odnose na *Veracity* i *Value*, odnosno tačnost i vrednost. [5]

Big Data tehnologija služi za prikupljanje, obradu i analizu velikih količina podataka, koji su opsegom, kompleksnošću i brzinom pojavljivanja veliki. Uz strukturirane, delimično strukturirane i nestrukturirane podatke, poduzeća osim s velikom količinom podataka imaju problema i s njihovom raznolikošću. Podaci se generišu velikom brzinom i sakupljaju u različitim intervalima što ih čini vrednima, ali ujedno i komplikovanim za analizu. Upravo tu “nastupa” *Big Data* tehnologija koja omogućava da se iskoristi bogatstvo dostupnih podataka i donese kvalitetna i brza odluka. [6]

Big Data tehnologija omogućava preduzećima:

- Analiziranje miliona tržišnih proizvoda da bi se odredila optimalna cena, uvećao profit ili oslobodilo skladište
- Istraživanje podataka vezanih za potrošačke navike i potrebe i na taj način povećavanje profita
- Identifikovanje najozbiljnijih kupaca
- Generisanje informacija o potrošačkim navikama, baziranih na prethodnim kupovinama
- Analiziranje podataka iz sredstava javnog informisanja zbog sagledavanja trendova itd. [7]

4.1. Poslovna inteligencija

Koncept koji je potrebno pomenuti i razmotriti radi boljeg razumevanja *Big Data* tehnologije i koji usko povezan sa njom, a koji se kod nas u velikoj meri koristi naziva se poslovna inteligencija (eng. *business intelligence*). Poslovna inteligencija predstavlja skup metodologija i koncepata za prikupljanje, analizu i distribuciju informacija uz pomoć različitih softverskih alata. Poslovna inteligencija je jedna od tehnika poslovnog izveštavanja, koja omogućava pronalaženje informacija potrebnih za lakše i tačnije donošenje poslovnih odluka. Neke od metoda poslovne inteligencije uključuju rudarenje podataka (eng. *Data Mining*), skladištenje podataka (eng. *Data Warehousing*) i OLAP mrežnu analitičku obradu podataka. Kako su svi navedeni pojmovi gotovo “povezani pupčanom vrpcom” bitno ih je razmatrati i analizirati zajedno budući da jedno bez drugog najčešće ne mogu postojati i funkcionisati. U startu je potrebno pozvati se na statističke metode koje su neizostavni element ove teme - deskriptivnu, prediktivnu i preskriptivnu analitiku.

Najveće domaće korporacije iz sektora bankarstva, telekomunikacija i maloprodaje koriste *business intelligence* alate koji podrazumijevaju raščlanjivanje velikih količina podataka (npr. prodajnih transakcija), njihovu transformaciju i pohranjivanje u skladišta podataka. Upravo ovde svoju ulogu dobija deskriptivna statistika koja pokazuje šta se dogodilo u prošlosti, opisuje svojstva posmatranih podataka i omogućava uvid u trendove. Procesi poput korišćenja OLAP-a (postavljanje upita unutar višedimenzionalnih baza podataka - npr. Cognos) ili rudarenja podataka (otkrivanja trendova i povezanih uzoraka - npr. Statistika) predstavljaju osnovne radnje za *business intelligence* i često početni korak u implementaciji analitičkih sistema.

4.2. Prediktivna analitika

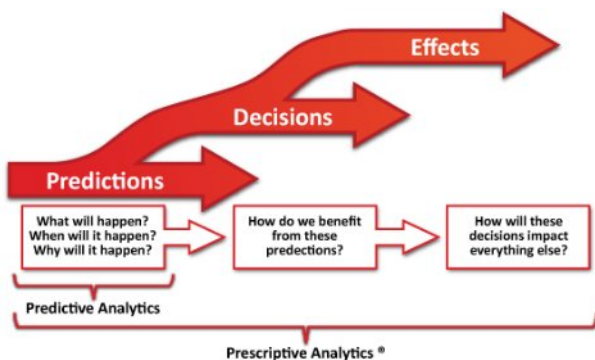
Prediktivna analitika se najčešće veže upravo za *Big Data* fenomen, dakle ogromnu količinu podataka koje nastaju određenim radnjama i moguće ih je „uhvatiti“, odnosno beležiti (između ostalog koristiti i nestrukturirane podatke te ih prilagođavanjem iskorišćavati). Kao što sama reč govori, prediktivna analitika predstavlja predviđanje budućnosti u pogledu verovatnoće nastajanja nekog

dogadaja i korak dalje je u odnosu na klasičnu poslovnu inteligenciju koja se bavi prošlošću.

Za razliku od deskriptivne, prediktivna analitika spada u kategoriju induktivne (inferencijalne) statistike i bavi se metodama koje se zasnivaju na teoriji verovatnoće, a koje omogućuju donošenje zaključaka o populaciji pomoću uzoraka iz iste. Korišćenjem metoda poput multivarijantne analize u programima kao što je *IBM SPSS* moguće je s određenom verovatnoćom predvideti više različitih ishoda koji se vežu uz tekuće trendove, međusobnu povezanost varijabli itd.

4.3. Preskriptivna analitika kao krajnji cilj

Najviši i najkompleksniji stepen analize koju nazivamo i preskriptivnom analitikom predstavlja postupak optimizacije poslovnog odlučivanja odnosno, govori nam šta bi u zadatim uslovima nečeg što smo predvideli u prethodnom koraku bilo najbolje učiniti. Ipak, ranije opisana prediktivna analitika takođe se koristi i za odlučivanje jer *SPSS* npr. ima širok spektar specijalizovanih „podalata“ – na primer šta će se dogoditi s jednom varijablom ako se promeni druga povezana. Tu u konačnom dolazimo do zbunjujuće činjenice da se područja prediktivne i preskriptivne analitike često zapravo preklapaju, iako neretko jedno (prediktivno) čini input za drugo (preskriptivno).



slika 7. Preskriptivna analitika [8]

Razlika u pristupima se može najlakše objasniti naglašavajući činjenicu da se prediktivni pristup putem alata kao što je npr. *SPSS* koristi za donošenje pojedinačnih odluka koje najčešće nisu povezane npr. kom korisniku telekomunikacionih usluga treba ponuditi promociju da bi se zadržao kao pretplatnik. Drugi skup alata koji spadaju u preskriptivnu grupu poput *ILOG*-a svoju primenu najčešće pronalazi kod grupnog odlučivanja tj. postupka u kojima jedna odluka direktno utiče na drugu. Kao primer se može navesti proces fabričkog sklapanja automobila - kada, kako i na koji način će određene komponente biti proizvedene da bi se zajedno upotrebile u nastavku procesa. U tom slučaju kašnjenje ili komponenta lošijeg kvaliteta direktno utiče na celokupan proces sklapanja vozila.

5. ZAKLJUČAK

Preveliki broj informacija može da predstavlja jednak problem kao i njihov nedostatak. Ako se ima u vidu da se u svetu svakodnevno proizvede 2.5 kvintiliona bajtova podataka - što je više od 90% informacija sačinjenih u prethodne dve godine - i da smo njima zatrpali posredstvom „pametnih“ uređaja, postavlja se pitanje kako te podatke iskoristiti da bismo dobili kvalitetne informacije? Jedno od rešenja svakako jeste *Big Data* tehnologija, odnosno alati i procedure koji premošćavaju „uska grla“ u infrastrukturi i omogućavaju brzo prikupljanje i manipulaciju ogromnom količinom podataka.

Big Data, pored velike količine podataka, predstavlja i inovativne forme procesiranja i obrade podataka radi unapređenja procesa donošenja odluka i optimizacije poslovnih procesa. Dokaz da je *Big Data* svuda oko nas i da nas svakodnevno dotiče, jeste primer društvenih mreža kojima se generiše izuzetno veliki broj nestrukturisanih podataka, a ipak je iz njih moguće doneti veoma korisne zaključke u realnom vremenu. Upravo to predstavlja i suštinu ovog koncepta, dostupnost ogromnih količina sirovih podataka iz kojih se upotrebom različitih savremenih metoda i tehnika mogu, u relativno kratkom roku, izvući veoma korisne informacije, a u savremenom društvu pravovremene i tačne informacije se vrlo lako mogu prevesti u ekonomsku korist.

LITERATURA

- [1] Milivojević, S, „Informaciono društvo i medijska kultura“, Fakultet političkih nauka, GODIŠNJAK 2008, Beograd, 2008
- [2] Strategija razvoja informacionog društva u Republici Srbiji do 2020. godine, „Službeni glasnik RS“, br. 55/05, 71/05-ispavka, 101/07 i 65/08
- [3] Kovačević, M, Pavlović, K. & Šutić, V. „Upotreba informaciono-komunikacionih tehnologija u Republici Srbiji“, Republički zavod za statistiku, Beograd, 2016
- [4] Vukmirović J, Vukmirović D, „Marketing istraživanja“, Beogradska poslovna škola, Beograd, 2015
- [5] Eaton, C, Zikopoulos P., „Understanding Big Data: Analytics for Enterprise Class Hadoop and Streaming Data“, McGraw-Hill, USA, 2013
- [6] Hurwitz J, Nugent A, Halper F, Kaufman M, „Big Data for Dummies“, John Wiley & Sons, Inc, USA, 2013
- [7] Zikopoulos, P. C., Roos, D., Parasuraman, K., Deutsch, T., Corrigan, D., and G.J. Harness, The Power of Big Data, UK, McGraw-Hill, 2014
- [8] https://en.wikipedia.org/wiki/Prescriptive_analytics

IMPLEMENTACIJA ELEKTRONSKIH SERVISA VEZANIH ZA OSPOSOBLJAVANJE KANDIDATA ZA VOZAČE U REPUBLICI SRBIJI

ELECTRONIC SERVICES IMPLEMENTED FOR CONDUCTING NEW DRIVER EDUCATION COURSE IN THE REPUBLIC OF SERBIA

Duško Sivčević, Vojkan Nikolić, dr Predrag Đikanović¹

Ministarstvo unutrašnjih poslova – Sektor za analitiku, telekomunikacione i informacione tehnologije¹

Sadržaj – Jedan od važnih faktora koji utiču na bezbednost saobraćaja je obučenosť vozača za upravljanje motornim vozilima. Sa povećanjem obučenosť vozača, povećava se i bezbednost saobraćaja. Kvalitet obučenosť vozača zavisi od kvaliteta obuke koju sprovode auto škole i od nivoa teorijskog i praktičnog ispita za čiju realizuju je odgovoran MUP Republike Srbije. Kako bi se unapredio proces osposobljavanja kandidata za vozače u Republici Srbiji realizovan je informacioni sistem koji se sastoji iz dve odvojene celine, koje predstavljaju skupove web servisa nad svojim bazama podataka. Jedna celina se nalazi na nacionalnom Portalu eUprava Republike Srbije, dok se druga nalazi u Jedinstvenom informacionom sistemu MUP Republike Srbije. Integracija ovih dveju celina je izvršena na principima interoperabilnosti. Poslovni procesi ovog sistema se realizuju na Portalu eUprava i predstavljaju potpuni e-Government servis u koji su uključeni: organi državne uprave, privredni subjekti i građani.

Abstract – One of the important factors affecting the traffic safety is education process of motor vehicle drivers. Increasing the number of trained drivers, the traffic safety grows. The quality of drivers depends on the quality of training carried out by driving schools and the level of theoretical and practical exam as a responsibility of MoI of the Republic of Serbia. In order to improve the training process of drivers candidates in Republic of Serbia, an information system is implemented consisting of two separate parts, which are based on sets of web services over their databases. One piece of information system is implemented on national eGovernment portal (Portal eUprava) of the Republic of Serbia, while the other part of the system is implemented in Unique information system of the Ministry of Interior of the Republic of Serbia. These two parts are integrated based on the interoperability principles. Business processes of this system are implemented on eGovernment portal and represent a comprehensive e-Government service which includes: state administration bodies, businesses and citizens.

1. UVOD

Bezbednost saobraćaja u Republici Srbiji uređena je Zakonom o bezbednosti saobraćaja na putevima. Zakonom se, pored pravila saobraćaja, uređuju ponašanje učesnika saobraćaja na putu, ograničenja saobraćaja, saobraćajna signalizacija, znaci i naredbe kojih se moraju pridržavati učesnici u saobraćaju, izdavanje nalepnica za vozila za osobe sa invaliditetom, uslovi koje moraju da ispunjavaju vozila, tehnički pregledi, ispitivanje i registracija vozila, posebne mere i ovlašćenja koji se primenjuju u saobraćaju na putu, uslovi koje moraju da ispunjavaju vozači za upravljanje vozilima, osposobljavanje kandidata za

vozače, polaganje vozačkih ispita, pravo na upravljanje vozilima i izdavanje vozačkih dozvola. [1]

Sprovođenje mera saobraćajnog obrazovanja i vaspitanja u cilju sticanja znanja, veština, navika i ponašanja neophodnih za bezbedno učešće u saobraćaju predstavlja jedno od najznačajnijih nacionalnih pitanja.

U okviru Zakona o bezbednosti saobraćaja na putevima Republike Srbije (poglavlje XII „OSPOSOBLJAVANJE KANDIDATA ZA VOZAČE”) uređuje se i detaljno opisuje proces osposobljavanja kandidata za vozače. U ovom procesu kandidat za vozače treba da stekne teorijska i praktična znanja i veštine potrebne za samostalno i bezbedno upravljanje vozilom u saobraćaju na putu. Osposobljavanje kandidata za vozače sastoji od:

1. teorijske obuke,
2. praktične obuke u upravljanju vozilom i
3. vozačkog ispita.

Pored Zakona o bezbednosti saobraćaja na putevima Republike Srbije, postupak osposobljavanja kandidata za vozače bliže određuju i Pravilnik o teorijskoj i praktičnoj obuci kandidata za vozače [2] i Pravilnik o organizovanju, sprovođenju i načinu polaganja vozačkog ispita, vođenju i rokovima čuvanja evidencija o vozačkom ispitu i uslovima koje mora da ispuni vozilo na kojem se obavlja vozački ispit [3].

U skladu sa Zakonom o bezbednosti saobraćaja na putevima Republike Srbije, Ministarstvo unutrašnjih poslova (MUP) Republike Srbije zaduženo je za organizovanje, sprovođenje i kontrolu postupka osposobljavanja kandidata za vozače, dok realizaciju samog postupka osposobljavanja kandidata za vozače, može da obavlja samo privredno društvo ili srednja stručna škola u svojoj organizacionoj jedinici, koji ispunjavaju propisane uslove i koji za to dobiju dozvolu.

Današnji proces osposobljavanja kandidata za vozače u Republici Srbiji (informacioni sistem za osposobljavanje kandidata za vozače) realizovan je na principima elektronskog poslovanja, u skladu sa modernim trendovima i najnovijim tehnološkim rešenjima, primenom internet tehnologija u cilju unapređenja poslovnih procesa osposobljavanja kandidata za vozače. Realizovani informacioni sistem sastoji se iz dve ključne celine (dva informaciona sistema), integrisane principima interoperabilnosti skupova web servisa nad svojim bazama podataka.

Jedna celina nalazi se na nacionalnom Portalu eUprava Republike Srbije, dok se druga celina nalazi u okviru

Jedinstvenog informacionog sistema Ministarstva unutrašnjih poslova Republike Srbije (JIS MUP). Poslovni procesi u okviru autoškola koji se odnose na proces osposobljavanja i neophodne aktivnosti kandidata za vozače realizovani su na Portalu eUprava, dok ključni poslovni procesi linije rada saobraćajne policije se nalaze u okviru JIS MUP. Integracija poslovnih procesa realizovana je mehanizmima elektronske uprave i predstavlja potpuni e-Government sistem u koji su uključeni: organi državne uprave, privredni subjekti i građani.

Informacioni sistem za osposobljavanje kandidata za vozače počeo je se sa produkcionim radom 4. januara 2016. godine.

2. EVIDENCIJE U SISTEMU ZA OSPOSOBLJAVANJE KANDIDATA ZA VOZAČE

Da bi sistem za osposobljavanje kandidata za vozače mogao da podrži neophodne poslovne procese neophodne su određene evidencije. Neke od tih evidencija sistem sam generiše, ali i koristi druge, čiji su vlasnici organi državne uprave ili nosioci javnih ovlašćenja. Evidencije koje koriste ovaj sistem mogu se nalaziti u bazama Portala eUprava, u bazama MUP Republike Srbije, kao i u obe baze. Evidencije koje predstavljaju neophodnu osnovu, tj. neophodan skup evidencija kao preduslov za rad sistema su:

- Evidencija Policijskih uprava;
- Evidencija Policijskih stanica u okviru Policijskih uprava i Uprave saobraćajne policije;
- Evidencija o pravnom licu (auto škole);
- Evidencija administratora auto škole;
- Evidencija o odgovornom licu u auto školi;
- Evidencija predavača u auto školi;
- Evidencija instruktora vožnje auto škole;
- Evidencija ispitivača u auto školi;
- Evidencija vozila auto škole i
- Evidencija kandidata.

Kako bi sistem za osposobljavanje kandidata za vozače mogao da počne sa produkcionim radom bilo je prethodno neophodno formirati navedene evidencije. Mnoge od njih su dinamičke i neprestano se menjaju, ali u svakoj od evidencija je bilo neophodno obezbediti preliminarni skup podataka kako ne bi došlo do blokiranja nekih ili svih poslovnih procesa vezanih za osposobljavanje kandidata za vozače.

U procesu osposobljavanja kandidata za vozače najvažniji akter je kandidat i ovaj Sistem je podređen vođenju i praćenju aktivnosti koje kandidata vode do statusa vozača za određenu kategoriju. Zato je i najvažnija evidencija koja se vodi u Informacionom sistemu za osposobljavanje kandidata za vozače Evidencija kandidata. Poslovna logika Sistema je tako kreirana da se unosom određenih podataka vrši samo provera podataka, kao i provere kroz određene povezane evidencije gde se na osnovu postojanja ili nepostojanja određenih podataka, ili dobijenih/ne

dobijenih informacija, poslovni procesi realizuju ili obustavljaju. „Evidencija kandidata“ se sastoji od osnovnih podataka o kandidatu, podataka vezanih za upis kandidata i podataka o obuci i ispitima kandidata.

3. SISTEM ZA OSPOSOBLJAVANJE KANDIDATA ZA VOZAČE

Teorijska obuka

Teorijska obuka kandidata koji nemaju vozačku dozvolu, nemaju prethodno položenu kategoriju, sastoji se iz osnovnog i posebnog fonda časova. Ukupni minimalni broj časova osnovnog i posebnog fonda časova je određen i unapred definisan i predstavljen određenom tabelom, koja je definisana od strane administratora Uprave saobraćajne policije (USP) na Portalu eUprava.

U slučaju kada kandidat ima vozačku dozvolu za upravljanje vozilima različitih kategorija, pri opredeljivanju potrebnog broja časova teorijske obuke uzima se najmanji broj časova teorijske obuke (zbir časova predavanja i vežbi). Postoje tri plana teorijske obuke:

- Plan osnovnog fonda časova,
- Plan posebnog fonda časova i
- Plan dodatnih časova.

Auto škole (AŠ) mogu imati više verzija planova teorijske obuke, odnosno može postojati više verzija „Plana osnovnog fonda časova“, kao i više verzija „Plana posebnog fonda časova“ za određene skupove, odnosno za svaku kategoriju vozila. Suštinu planova teorijske obuke čini lista precizno definisanih časova teorijske obuke koji obrađuju konkretnu temu. Ukupan broj tema je 14.

Svaka AŠ ima slobodu da samostalno kreira svoj nastavni plan i kontrole koje će se primenjivati prilikom unosa i koje su konfigurabilne u zavisnosti od zakonske regulative. AŠ mogu da unose nove verzije planova teorijske obuke koje će poštovati nova pravila, ali tek nakon što se ta pravila unesu u sistem od strane odgovornih lica iz USP.

AŠ je u obavezi da prethodni dan pre dana održavanja teorijske obuke dostavi plan održavanja časova teorijske obuke, unosom plana u informacioni sistem. „Planom održavanja časova“ opredeljuje se kurs po kome predavač želi da drži obuku, datum i vreme početka prvog časa i redne brojeve časova iz odgovarajućih planova teorijske obuke. Ako je potrebno organizovati obuku koja nije u sklopu kursa, predavač će moći da izvrši izbor bilo kojeg časa iz odabrane verzije planova (ako postoji samo jedna verzija planova onda će samo ona biti aktivna).

Praktična obuka.

Minimalni broj časova praktične obuke zavisi od kategorije za koju se kandidat osposobljava i prethodno stečene kategorije vozila za koje kandidat ima vozačku dozvolu. Pregled minimalnog broja časova praktične obuke je definisan određenom tabelom. Tabela se nalazi na Portalu eUprava i definiše je administrator USP. Preduslov da bi kandidat započeo praktičnu obuku je unet podatak o dobijenom lekarskom uverenju.

U Sistemu postojati jedan „Plan praktične obuke“ (nema različitih verzija kao kod teorijske obuke) koji definiše minimalni broj časova praktične obuke po određenim kodovima, pri čemu AŠ mogu realizovati veći broj časova, odnosno broj časova koji su predviđeni svojim planovima. Ovaj plan unose i održavaju administratori USP i on se primenjuje za sve AŠ.

AŠ u sistemu vodi evidenciju izdatih „Knjiga rada instruktora vožnje“, u štampanom obliku, u kojoj se evidentira koji instruktor vožnje duži koju knjigu. Svaki instruktor je dužan da za sebe vodi „Knjigu rada instruktora vožnje“. „Knjižica kandidata“ je u svakom trenutku dostupna kandidatu i zaposlenim u AŠ.

Svaka AŠ ima pristup „Registru osposobljavanja kandidata za vozače“ koji predstavlja listu svih kandidata koji su upisani u AŠ sa osnovnim podacima o kandidatu: ime i prezime kandidata, ID broj i kategorija za koju se osposobljava. Određena AŠ ima uvid samo u podatke koji se odnose na njihove kandidate za vozače. Takođe, aktiviranjem odgovarajućih opcija, omogućen je prikaz ostalih podataka o osposobljavanju (upis/ispis, pregled teorijske obuke, pregled praktične obuke, pregled teorijskog ispita, pregled praktičnog ispita i knjižice kandidata).

Ispitna pitanja: teorijski ispit

Baza teorijskih pitanja se primarno nalazi u JIS MUP, ali i na Portalu eUprava. Svaka izmena ili dodavanje nekog novog pitanja se automatski replicira na Portal eUprava. Baza pitanja sadrži sva pitanja koja su u određenom trenutku aktuelna, sa mogućnošću njihovog menjanja, dopunjavanja, odnosno proširivanja baze ispitnih pitanja, novim oblastima, podoblastima, odnosno pitanjima. Unos pitanja i ažuriranje obavlja isključivo administrator iz USP putem jednostavne forme.

Sva pitanja se prvo unose na srpskom jeziku (ćirilčno pismo), a potom se unosi i prevod tih pitanja na mađarski, odnosno albanski jezik. Aplikacija podržava neograničen broj jezika. Srpski jezik na latinici se posebno ne unosi, već sistem automatski, na osnovu unetih pitanja na ćirilčnom pismu omogućava da kandidati mogu rešavati testove na latiničnom pismu. Svako ispitno pitanje mora imati najmanje dva ponuđena odgovora i najmanje jedan tačan odgovor.

Kombinacija ispitnih pitanja za teorijski ispit, za svakog pojedinačnog kandidata, se kreira u JIS MUP neposredno pre početka ispita i prosleđuje do završetka ispita Portalu eUprava. Za kreiranje ispitne kombinacije neophodno je postojanje precizno definisanog algoritma koji unose i održavaju administratori USP. Algoritam je utvrđen za svaku pojedinačnu kategoriju. U okviru algoritma definiše se broj pitanja iz određenih podoblasti, koje su prilikom unosa pitanja u sistem tačno određene i kojih može biti proizvoljan broj. Na ovaj način se postiže fleksibilnost sistema tako što se u slučaju potrebe za promenom algoritma ista izvršava jednostavno i brzo.

Policijske uprave (PU) na teritoriji Republike Srbije svakoj AŠ za koju su nadležne u Informativnom sistemu za osposobljavanje kandidata za vozače (ISO) određuju datum, odnosno datume teorijskih ispita, pri čemu se za svaki određeni datum teorijskog ispita podrazumeva da je određen i broj termina u okviru tog datuma, odnosno početak svakog termina. Da bi se određivanje broja termina uradilo što preciznije za svaku AŠ, u ISO sistemu se vodi evidencija o prosečnom trajanju teorijskog ispita i maksimalnom broju termina za svaku pojedinačnu učionicu AŠ u okviru istog dana.

Kandidat samostalno prijavljuje teorijski ispit neposredno u AŠ ili preko Portala, ukoliko ispunjava predviđene uslove za prijavu teorijskog ispita (završena teorijska obuka i ispunjeni svi drugi preduslovi u skladu sa Zakonom i Pravilnicima iz oblasti osposobljavanja kandidata za vozače). Ako kandidat ispunjava uslove za teorijski ispit podnosi „Prijavu za polaganje teorijskog ispita“, koja se automatski popunjava, jednostavnim aktiviranjem odgovarajućeg tastera. Nakon toga kandidatu se prikazuje uplatnica (uplata troškova MUP-a) ili informacija da se priznaje prethodno evidentirana uplata. Informacija o prethodno evidentiranim uplatama se, u zavisnosti od konkretnog slučaja, dobija od ISO sistema pomoću odgovarajućeg web servisa ili od Portala eUprava. Kada je kandidat otkazao ispit u propisanom roku informacija se dobija od Portala eUprava, a u suprotnom, po zahtevu kandidata, o oslobađanju od plaćanja odlučuje PU koja formira listu ovih kandidata koja se nalazi u ISO. Kandidat ne može podneti sledeću prijavu, ako je već podneo prijavu za teorijski ispit po kojoj nije zakazan datum polaganja. Takođe, nova prijava ne može biti podneta u periodu do isteka zakazanog datuma, osim u slučaju kada kandidat, AŠ ili PU otkazu zakazani datum teorijskog ispita.

Polaganje teorijskog ispita

Kada su svi prisutni kandidati prijavljeni (ulogovani) na sistem, ispitivač mora ručno da potvrdi uključenost audio-video sistema čekiranjem posebne opcije „Audio-video sistem uključen“. Nakon toga ispitivač pokreće teorijski ispit aktiviranjem tastera „START“. Kada su ispunjeni svi uslovi, nakon aktiviranja tastera za početak ispita, Sistem kreira ispitnu kombinaciju za svakog kandidata. Portal eUprava sve ispitne kombinacije prosleđuje ISO sistemu, odnosno JIS MUP. Svaki kandidat ima svoju jedinstvenu kombinaciju pitanja čije kreiranje je opisano u delu „Kreiranje ispitne kombinacije“. Kada započne ispit, kandidat ima uvid u vreme koje je preostalo do završetka ispita.

Redosled ponuđenih odgovora u svakoj ispitnoj kombinaciji se menja metodom slučajne raspodele. Za svako ispitno pitanje može biti jedan ili više tačnih odgovora, a kada pitanje ima više tačnih odgovora u tekstu pitanja je naveden taj broj. Kandidat može da označi jedan, odnosno najviše onoliko odgovora koliko je u tekstu pitanja navedeno da ih ima. Ako je kandidat obeležio samo jedan odgovor, na pitanju koje zahteva više odgovora, sistem upozorava kandidata da nije odgovorio u potpunosti na pitanje i prelazak na sledeće/prethodno pitanje nije moguće dok se ne označi zahtevani broj odgovora ili

„dečekiraju“ već dati odgovori. Opisani scenario važi samo u slučaju kada kandidat odgovara na pitanje sa više tačnih odgovora, ali ukoliko nije odabrao niti jedan odgovor moći će slobodno da pređe na sledeće ili prethodno pitanje.

Pet minuta pre kraja samog ispita, vreme koje se prikazuje na ekranu postaje crvene boje i tako kandidatu daje do znanja da mora teorijski ispit privesti kraju. Po isteku propisanog vremena teorijski ispit je okončan, odnosno odgovori koje je kandidat poslednje obeležio postaju konačni. Pitanja na koje kandidat nije dao odgovor ili je dao netačan odgovor (u celosti ili delom) nose 0 poena. Po završetku ispita (pre ili nakon isteka propisanog vremena) na ekranu se kandidatu prikazuje da li je položio teorijski ispit, odnosno na koja pitanja nije dao tačne odgovore, bez obzira da li je položio ili ne. Kandidat je položio ispit ako ima najmanje 90 procenata tačnih odgovora, nezavisno od konačnog zbira poena koji može da se razlikuje od kombinacije do kombinacije ispitnih pitanja.

Po završetku ispita ispitivači moraju aktivirati taster „Završetak teorijskog ispita“ čime se automatski kreira „Zapisnik o teorijskom ispitu“ za svakog pojedinačnog kandidata. Pored toga, kreira se i „Izveštaj o teorijskom ispitu“. „Zapisnike o teorijskom ispitu“ svih kandidata i „Izveštaj o teorijskom ispitu“, oba ispitivača (ispitivač iz AŠ i ispitivač iz MUP) moraju elektronski potpisati kvalifikovanim sertifikatom.

Preko opcije „Pregled teorijskog ispita“ kandidat ili administrator AŠ može da izvrši uvid u „Zapisnik o teorijskom ispitu“ i da ga po potrebi odštampa. Dok ispitivači elektronski ne potpišu „Zapisnike o teorijskom ispitu“, odnosno „Izveštaj o teorijskom ispitu“, ne može biti kreirana ni „Potvrda o položenom teorijskom ispitu“.

Ispitna pitanja: praktični ispit

Praktični ispit se sprovodi na osnovu ispitnih zadataka. AŠ mora da ima najmanje 15 ispitnih zadataka. Administrator AŠ putem ove opcije mora prema rednom broju ispitnog zadatka uneti tekstualni opis ispitnog zadatka u slobodnoj formi. Sistem automatski generiše redni broj ispitnog zadatka. Ispitni zadaci se prosleđuju u ISO, gde se vrši njihova potvrda od strane PU, o čemu Portal eUprava dobija povratnu informaciju. Ako AŠ nema 15 ispitnih zadataka sistem neće omogućiti početak rada AŠ (unošenje podataka o kandidatima), o čemu vodi računa ISO.

Kandidat samostalno prijavljuje praktični ispit neposredno u AŠ ili preko Portala, ukoliko ispunjava predviđene uslove za prijavu praktičnog ispita (završena praktična obuka i položen ispit iz prve pomoći). Ako kandidat ispunjava uslove za praktični ispit, podnosi „Prijavu za polaganje praktičnog ispita“, koja se automatski popunjava, jednostavnim aktiviranjem odgovarajućeg tastera. Nakon toga kandidatu se prikazuje uplatnica (uplata troškova MUP-a) ili informacija da mu se priznaje prethodno evidentirana uplata. Informacija o prethodno evidentiranim uplatama se u zavisnosti od konkretnog slučaja dobija od ISO sistema korišćenjem web servisa ili od Portala eUprava. Kada je kandidat otkazao praktični ispit u propisanom roku informacija se dobija od eUprave,

a u suprotnom, po zahtevu kandidata, o oslobađanju od plaćanja odlučuje PU koja formira listu ovih kandidata koja se nalazi u ISO. Kandidat ne može podneti sledeću prijavu, ako je već podneo prijavu za praktični ispit po kojoj nije zakazan datum polaganja. Takođe, nova prijava ne može biti podneta u periodu do isteka zakazanog datuma, osim u slučaju kada kandidat ili AŠ ili PU otkazu zakazani datum praktičnog ispita.

Zakazivanje datuma praktičnog ispita kandidatu je omogućeno putem opcije „Datumi praktični ispit“ na način da izvrši izbor konkretnog datuma praktičnog ispita, iz određenog broja datuma koje je PU dodelila AŠ. Određeni datum za praktični ispit koji je dobila AŠ je aktivan sve dok ne budu popunjeni raspoloživi termini za polaganje praktičnog ispita. Broj termina za polaganje praktičnog ispita određenog datuma zavisi od zbira prosečnih vremena trajanja praktičnih ispita za odgovarajuću kategoriju i efektivnog vremena potrebnog za sprovođenje praktičnog ispita u toku jednog dana. Kada je utvrđena ispunjenost opštih uslova pristupa se generisanju ispitnog zadatka (generisanje slučajnog broja) iz ukupnog broja ispitnih zadataka. Ispitni zadatak se generiše aktiviranjem opcije „Polaganje praktičnog ispita“.

Podatke iz bodovnih lista ispitivači mogu uneti nakon sprovedenog ispita za svakog kandidata ili nakon sprovedenog praktičnog ispita poslednjeg kandidata za sve kandidate koji su polagali praktični ispit tog datuma. Algoritam za određivanje kada je kandidat uspešno položio određene radnje i postupanja u okviru bodovne liste je posebno utvrđen. Nakon aktiviranja ove opcije ispitivač mora da odabere kandidata iz spiska na osnovu čega se automatski prikazuje odgovarajuća bodovna lista za unos podataka (bodovne liste se razlikuju za određene kategorije). U bodovnoj listi se automatski unosi datum, vreme početka ispita (vreme generisanja broja ispitnog zadatka), kao i podaci o kandidatu i ispitivaču.

Nakon unetih podataka ispitivači moraju potvrditi bodovnu listu nakon čega se pojavljuje poruka za proveru unetih podataka. Kada ispitivači potvrde bodovnu listu, istu potpisuju kvalifikovanim elektronskim potpisom. Nakon toga podaci iz bodovne liste se ne mogu menjati. Kandidat nije položio ispit ako je bar jedan ispitivač u bodovnoj listi dao ocenu da nije položio.

4. ARHITEKTURA SISTEMA ZA OSPOSOBLJAVANJE KANDIDATA ZA VOZAČE

Sistem za osposobljavanje kandidata za vozače predstavlja IKT rešenje koje je realizovano u skladu sa najmodernijim trendovima tehnološkog razvoja zahvaljujući dostignućima i nivou razvoja Portala eUprava i JIS MUP-a Republike Srbije za e-Government servise. Ovaj sistem predstavlja potpuni e-Government servis gde su uključeni akteri: organi državne uprave, privredni subjekti i građani.

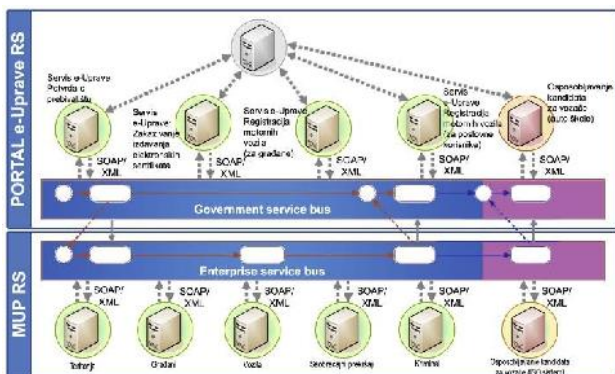
Koncept e-Governmenta Republike Srbije je takav da je pristup građanima i privrednim subjektima obezbeđen preko

Portala eUprava Republike Srbije (www.euprava.gov.rs) kao centralne tačke, dok podršku Portalu u vidu podataka i složenih servisa obezbeđuju ostali državni organi u okviru komunikacione mreže Uprave za zajedničke poslove republičkih organa (zatvorena mreža državnih organa). Ovakav koncept je uspostavila Vlada Republike Srbije još 2011. godine postavljanjem sveobuhvatnog Institucionalnog okvira za eUpravu u Srbiji [4].

Pored toga, u skladu sa evropskim preporukama i inicijativama primenjeni su koncepti interoperabilnosti u skladu sa Evropskim okvirom interoperabilnosti [5]. Vlada Republike Srbije je 10.01.2014. godine usvojila Nacionalni okvir interoperabilnosti (NOI) kojim se utvrđuju smernice za uspostavljanje i primenu interoperabilnosti u organima državne uprave u Republici Srbiji. NOI Republike Srbije treba da obezbedi usklađenost poslovnih procesa unutar i između organa državne uprave [6].

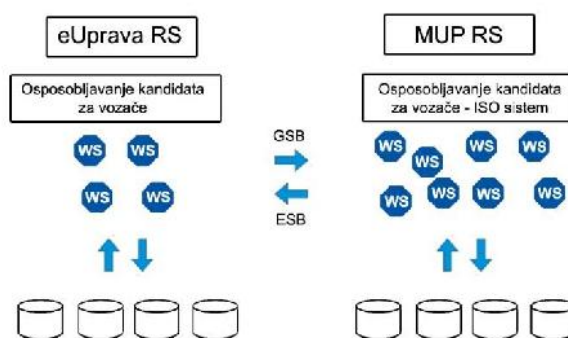
Implementirani Sistem za osposobljavanja kandidata za vozače primenom mehanizama interoperabilnosti rešio je probleme koji se odnose na: aplikativni domen, konceptualno projektovanje i implementaciju softverskih sistema, odnosno tehnologija. Posmatrano sa aspekta informacija, realizovana je sposobnost dva sistema da razmenjuju informacija između sebe i da nakon toga te iste informacije koriste u funkciji unapređenja poslovnih procesa obuke kandidata za vozače.

Portal eUprava realizovna je na Microsoft BizTalk Server platformi [7]. Na ovom Portalu se izvršavaju web servisi, tj. poslovni procesi koji podržavaju e-Government servise. Osposobljavanja kandidata za vozače kao opšti poslovni proces, skup „orkestriranih“ e-Government servisa, realizovan je na Portalu. Svi poslovni procesi kao aktivnosti auto škola i kandidata za vozače izvršavaju se na Portalu, dok podatke dobijaju i smeštaju u baze MUP-a Republike Srbije. Kako bi se obezbedila bolja komunikacija između Portala eUprava Republike Srbije i drugih državnih organa, na strani Portala je realizovana Government service bus (GSB). Ovo rešenje omogućava bržu i sigurniju komunikaciju i orkestraciju web servisa. Za komunikaciju sa Portalom eUprava na strani JIS MUP Republike Srbije realizovan je Enterprise Service Bus (ESB) koje je integrisan sa GSB (Slika 1). Ovakva integracija GSB-ESB predstavlja veoma napredno IKT rešenje u smislu pouzdanosti i sigurnosti.



Slika 1: Interoperabilnost GSB - ESB

Na strani JIS MUP-a Republike Srbije realizovan je drugi deo Sistema za osposobljavanja kandidata za vozače i naziva se ISO sistem. To je skup baza podataka i servisa koji obezbeđuju podatke poslovnim procesima koji se odvijaju na Portalu eUprava. Za ovu namenu razvijeno je i implementirano 16 web servisa. Logička slika Sistema za osposobljavanja kandidata za vozače i komunikacija između Portala eUprave i JIS MUP Republike Srbije predstavljena je na Slici 2.



Slika 2: Logička arhitektura Sistema za osposobljavanja kandidata za vozače

JIS MUP Republike Srbije je za realizaciju e-Government Sistema za osposobljavanje kandidata za vozače iskoristio u potpunosti EKSTRANET segment JIS MUP-a Republike Srbije, nadgradivši ga sa 16 web servisa. Pored toga, ovde su uključena i sva četiri osnovna slučaja korišćenja EKSTRANET MUP-a Republike Srbije [8].

5. ZAKLJUČAK

Obučenos vozača je veoma važan faktor i doprinosi povećanju sveobuhvatne bezbednosti saobraćaja u državi. Usvajanje kvalitetnih zakona koji se odnose na povećanje bezbednosti saobraćaja, sa jedne strane, i njihova adekvatna primena, sa druge strane, dovode do pozitivnih rezultata. Adekvatna primena propisa uslovljena je sistemom kontrole sprovođenja procesa osposobljavanja kandidata za vozače. Upravo ovaj proces kontrole i uvođenja sistema elektronskog poslovanja u ovoj oblasti je realizovan u okviru Informacionog sistema za osposobljavanje kandidata za vozače.

Suštinska uloga ovog sistema je da onemogući najveći broj nepravilnosti koje su bile zastupljene u prethodnom periodu u oblasti osposobljavanja kandidata za vozače, odnosno da deluje preventivno kroz spoznaju da svaka nepravilnost može biti otkrivena i sankcionisana i na taj način, da podrži ostvarenje osnovnog nacionalnog cilja koji se odnosi na zaštitu života i imovine građana.

Realizacija ovog e-Government servisa bila je moguća zahvaljujući stepenu razvoja e-Governmenta u Republici Srbiji kao i mogućnosti JIS MUP Republike Srbije kao servisno orjentisanog informacionog sistema.

Zahvaljujući usklađenosti zakonske regulative, usvojenih IKT standarda i stručnoj primeni IKT, Republika Srbija je dobila kvalitetan automatizovan IKT sistem za osposobljavanje kandidata za vozače, koji predstavlja sveobuhvatni e-Government sistem od nacionalnog značaja.

LITERATURA

- [1] Zakon o bezbednosti saobraćaja na putevima, „Sl. glasnik RS“, br. 41/2009, 53/2010, 101/2011, 32/2013 - odluka US, 55/2014, 96/2015 - dr. zakon i 9/2016 - odluka US
- [2] Pravilnik o teorijskoj i praktičnoj obuci kandidata za vozače, „Sl. glasnik RS“, br. 93/2013, 116/2013, 108/2014, 36/2015, 51/2015, 86/2015, 104/2015 i 77/2016
- [3] Pravilnik o organizovanju, sprovođenju i načinu polaganja vozačkog ispita, vođenju i rokovima čuvanja evidencija o vozačkom ispitu i uslovima koje mora da ispuni vozilo na kojem se obavlja vozački ispit, „Sl. glasnik RS“, br. 93/2013, 116/2013, 108/2014, 36/2015, 51/2015, 86/2015 i 104/2015
- [4] V. Nikolić, S. Radovanović, Integracija web servisa MUP-a Republike Srbije sa Portalom eUprave, INFOTECH 2012
- [5] V. Nikolić, J. Protić, P. Đikanović, eGovernment interoperability in the context of European Interoperability Framework (EIF), ICIST 2014
- [6] P. Đikanović, V. Nikolić, D. Sivčević, Nacionalni okvir interoperabilnosti Republike Srbije i servisno orijentisana arhitektura (SOA), YU INFO 2014
- [7] Ivan Lazarević S&T, Interoperabilnost kao obaveza, prezentacija Sinergija 2013.
- [8] V. Nikolić, J. Protić, P. Đikanović, G2G integracija MUP-a Republike Srbije sa Portalom eUprava, ETRAN 2013

INŽENJERING KARAKTERISTIKA U KONTEKSTU PREDIKCIJE KORIŠTENJEM BINARNE KLASIFIKACIJE FEATURE ENGINEERING IN THE CONTEXT OF PREDICTION USING BINARY CLASSIFICATION

Olivera Janković
ORAO a.d. Bijeljina, RS, BiH

Sadržaj – U okviru ovog rada se posmatra proces inženjeringa karakteristika kao jedan od potencijalnih načina da se postigne više sa podacima kojima se raspolaže za potrebe kreiranja prediktivnih modela. Konkretnije, za potrebe predikcije u kontekstu modela binarne klasifikacije primjenom algoritma logičke regresije, algoritma slučajna šuma i višeslojni perceptron, nad podacima koji predstavljaju simulaciju degradacije avionskog motora. Cilj je kreirati trening podatke tako da posjeduju karakteristike koje imaju prediktivnu snagu za ciljnu predikciju, odnosno pokazati na koji način i u kojoj mjeri kreirane karakteristike utiču na povećanu tačnost kreiranih prediktivnih modela korištenjem binarne klasifikacije.

Abstract - In this paper we observe the process engineering characteristics as one of the potential ways to achieve more with the available data for the purposes of creating predictive models. More specifically, for the purposes of prediction models in the context of binary classification by using algorithm logistic regression, the algorithm random forests and multilayer perceptron, using data that represent a simulation of the aircraft engine degradation. The aim is to create a training data so that they have characteristics that have predictive power for target prediction, and show how and the extent to which the created features affecting the increased accuracy of predictive models created using the binary classification.

1. UVOD

Jedna od aktuelnih rasprava i debata unutar naučne zajednice, vezano za multidisciplinarnu nauku koja u osnovi kombinuje znanja iz statistike, modelovanja i programiranja - nauku o podacima (*data science*), je određivanje ulaza ili varijabli koje trebaju biti uključene u neki prediktivni algoritam [1], [2]. Ovaj dio procesa se dosta često naziva inženjering karakteristika (*feature engineering*) i najčešće sam po sebi, pored ostalog, predstavlja i vremenski veoma zahtjevan element[3]. O inženjeringu karakteristika u okviru ovoga rada gledaće se kroz komponentnu okosnicu kreiranja i derivacije, izvođenja karakteristika iz sirovih podataka, odnosno mogućnost da se kreiraju i osmisle karakteristike u setovima podataka, koje će se koristiti kao svojevrsan izvor informacija u razvoju i kreiranju prediktivnog modela.

Inženjering karakteristika [4] nije formalno definisan pojam, u biti predstavlja još uvijek neodređeno dogovoren prostor zadataka koji se odnose na dizajniranje setova

karakteristika za aplikaciju mašinskog učenja. Prije svega, u tom procesu neophodno je razumjevanje svojstava, karakteristika zadatka koji se pokušava riješiti u cilju spoznaje kako i u kojoj interakciji mogu biti sa prednostima i ograničenjima modela koji će se koristiti. Pored toga, drugo obilježje je da to predstavlja eksperimentalni posao gdje će se testirati očekivanja i pronaći, saznati šta zapravo od prepostavljenog radi (daje rezultate) a šta ne. Sam posao je cikličan, počinje sa dizajniranjem karakteristika i provođenjem eksperimenta i analiziranjem rezultata na validacionim skupovima podataka. Nakon toga se mijenja skup karakteristika i nad njima se ponovo vrši eksperiment, analiza i validacija rezultata. Jasno je stoga da je to proces koji zasigurno traži vrijeme te da apriori odgovora nema.

Inženjering karakteristika u okviru ovog rada se posmatra kao jedan od načina da se postigne više sa podacima kojima se raspolaže za potrebe kreiranja prediktivnih modela (konkretno na predikciju da će se kvar desiti u određenom broju ciklusa avionskog motora, obzirom na prirodu korištenog seta podataka). U osnovi, da bi se obučio jedan efikasan model mašinskog učenja, potrebni su trening podaci koji posjeduju atribut koji imaju prediktivnu snagu za ciljnu predikciju, što u stvarnosti znači da podaci trebaju biti relevantni za predviđanje cilja kako bi mogli očekivati tačnu predikciju (*accurate predictions*).

Dakle, karakteristike podataka direktno utiču na prediktivne modele koji se koriste i rezultate koji se mogu postići. Međutim, neophodno je napomenuti da rezultati koji se postižu su, pored toga, i faktor odabranog modela, podataka koji stoje na raspolaganju i karakteristika koje se kreiraju, pri čemu se ne treba zanemariti i uloga objektivnih mjera koje se koriste za procjenu tačnosti. U biti, konačni rezultati ovise o mnogim, međusobno ovisnim svojstvima.

U okviru ovoga rada za ilustraciju odabranog postupka inženjeringa karakteristika i uticaja kreiranih (derivisanih) karakteristika na rezultate pomenute predikcije u kontekstu modela binarne klasifikacije (primjenom algoritma logičke regresije, algoritma slučajna šuma i višeslojni perceptron - klasifikatora Weka alata), će se koristiti javno dostupan set podataka koji predstavlja simulaciju degradacije avionskog motora.

2. INŽENJERING KARAKTERISTIKA

Inženjering karakteristika u kontekstu predikcije stanja određene opreme (motora, mašine,...) polazi od ideje da

se u osnovi konceptualno opiše i sažme stanje posmatrane opreme u datom vremenskom trenutku koristeći istorijske (prošle) podatke koji su prikupljeni do tog trenutka vremena [5]. Sam proces inženjeringa karakteristika se smatra za jednu od najkreativnijih oblasti prediktivnog modelinga, tako da postoji mnogo načina za kreiranje karakteristika. U biti postoje i različite tehnike koje se mogu koristiti u kontekstu takve predikcije (za prediktivno održavanje), a koja tačno od tehnika će biti korištena zavisi kako od podataka kojima se raspolaže tako i od samog poslovnog problema.

U situacijama kada istorijski podaci dolaze sa vremenskom oznakom (*time stamp*), inicirajući tako vrijeme prikupljanja za svaki dio podataka pojedinačno [6], u takvim situacijama, kada se od takvih podataka pripremaju setovi podataka za trening, veoma je česta potreba da se kreiraju i nove karakteristike. Postoje razni načini kreiranja karakteristika od podataka koji dolaze sa podacima sa vremenskim oznakama, pri čemu mjerne jedinice za vrijeme mogu biti sekunde, minute, sati, dani, milje, ciklusi,... U kontekstu takvog problema veoma su važne tzv. lag karakteristike (*lag*, usporavanje, kašnjenje, pomaknuto ..), koje treba konstruisati iz izvora podataka koji dolaze sa vremenskom oznakom. (Iste se takođe mogu kreirati i iz statičkih karakteristika koji su kreirani iz statičkih izvora podataka.)

U okviru ovog rada biće korištena jedna od opštih tehnika kotrljajućih agregata (*rolling aggregate*). U biti za svaki zapis opreme bira se veličina kotrljajućeg (*rolling*) prozora veličine "W" koji predstavlja broj jedinica vremena za koji se želi izračunati istorijski agregati. Nakon toga se izračunavaju karakteristike kotrljajućih agregata koristeći W periode prije datuma/vremenske oznake tog zapisa. Neki od primjera kotrljajućih agregata su: brojanje (*counts*), srednja vrijednost, standardna devijacija, autlajeri bazirani na standardnoj devijaciji, minimum ili maximum vrijednosti za odabranu veličinu W prozora. Postoji i opcija otkrivanja trenda promjena, ekstrema i nivoa promjena koristeći algoritme koji detektuju anomalije u podacima.

U okviru date eksperimentalne postavke biće korišteni primjeri kotrljajućih agregata srednja vrijednost i standardna devijacija (pojedinačno i zajedno).

3. BINARNA KLASIFIKACIJA ZA PREDIKCIJU

Binarna klasifikacija u osnovi je zadatak razvrstavanja elemenata određenog skupa u dvije grupe (postoje dvije klase) na temelju prethodno određenih pravila klasifikacije, na osnovu toga da li neki predmet ima ili nema neke određene karakteristike na primjer [7]. Stvarni izlaz mnogih algoritama za binarnu klasifikaciju je predviđanje rezultata. Binarna klasifikacija u kontekstu ovoga rada je korištena da se predvidi vjerovatnoća da će oprema - avionski motor imati kvar u nekom budućem periodu (izraženom kroz broj ciklusa). Generalno posmatravši taj vremenski period je determinisan na poslovnim pravilima i podacima sa kojim se raspolaže. U

praksi neki uobičajeni vremenski periodi su minimalno vrijeme realizacije (*lead time*) potrebno da se nabave rezervni dijelovi vjerovatno oštećene komponente ili vrijeme koje potrebno da se primjene postojeći resursi održavanja kako bi se izvršile rutine, uobičajeni postupci održavanja za slučaj rješavanja problema koji će se vjerovatno (po predikciji) desiti u okviru toga vremenskog perioda. Taj period za koji se vrši predviđanje uobičajeno se naziva horizont (vidokrug) period "X".

Da bi se vršila binarna klasifikacija, potrebno je da se identifikuju dva tipa primjera, koji se mogu nazvati pozitivan i negativan. U posmatranom kontekstu generalno uzevši, svaki primjer je zapis koji pripada vremenskoj jedinici za neku opremu, a koji konceptualno i sažeto opisuje njene operativne uslove do tog vremena, posredstvom inženjeringa karakteristika, koristeći istorijske i druge izvore podataka. U kontekstu binarne klasifikacije, pozitivni tipovi primjera obilježavaju, označavaju kvar (vrijednost oznake klase „1“), dok svaki negativan tip označava normalne operacije (vrijednost oznake „0“), pri čemu su oznake kategoričkog tipa. Cilj je u biti pronaći (najbolji) model koji identifikuje svaki novi primjer kao kvar ili kao normalnu operaciju u roku od narednih X jedinica vremena.

Da bi se kreirao jedan takav prediktivni model, koji će u osnovi dati vjerovatnoću dešavanja kvara opreme u sledećih X vremenskih jedinica (gdje je „X“ broj perioda vremena koji je od interesa) potrebno je izvršiti i označavanje primjeraka, pri čemu je za potrebe binarne klasifikacije neophodno izvršiti označavanje zapisa oznakama koje su kategoričke varijable (npr. Klasa {0,1} u okviru primjera datog eksperimentalnom postavkom).

4. EKSPERIMENTALNE POSTAVKE I REZULTATI

Kako bi se prikazao uticaj inženjeringa karakteristika, korištenjem kotrljajućih agregata (srednja vrijednost, standardna devijacija - pojedinačno i zajedno), na predikciju putem binarne klasifikacije, korišten je "Turbofan Engine Degradation Simulation Data Set", javno dostupan (doniran od NASA, C-MAPSS simulator sistema) set podataka koji predstavlja simulaciju degradacije avionskog motora. U okviru postavke je korišten jedan od četiri dostupna simulirana različita seta (svaki je nadalje sadržan od tri (pod)seta), koji su izvorno dostupni kao zip-kompresovana tekstualna datoteka [8][9].

U osnovi, u okviru rada biće korištena tri tipa seta podataka kao ulaz:

- Trening ili podaci za obučavanje modela. To su podaci avionskog motora radom do otkaza (u principu ovdje su podaci sve do momenta kada se desio kvar).
- Testni podaci ili podaci za testiranje – Ovo su operativni podaci koji u sebi ne sadrže zapis o kvaru. (Imaju istu strukturu, tj šemu podataka kao i trening podaci).

- Referentni (*ground truth*) podaci – Oni sadrže tačnu informaciju o preostalom periodu vremena/ciklusa za svaki motor koji se nalazi u testnim podacima.

U kontekstu prethodne podjele, konkretnije posmatrano, ulazni podaci se sastoje od sledećih setova podataka:

- Za trening je korišten, Train_FD003.txt (radi lakše čitljivosti svi nazivi atributa instanci semantički su prilagođeni adekvatnim terminima našeg jezika; na Sl.1 se može vidjeti dio atributa (u nastavku su atributi Senzor3-Senzor21)). Ovi podaci se sastoje od višestrukih multivarijantnih vremenskih serija, ciklusom kao vremenskom jedinicom zajedno sa očitanim vrijednostima 21 senzora za svaki ciklus, uz oznaku motora i tri različite postavke/setovanja za svaki motor. Svaka vremenska serija je generisana od strane različitih motora istog tipa (podaci se mogu smatrati da pripadaju floti motora iste vrste). Svaki motor započinje sa inicijalnom izdržljivošću i varijacijama u proizvodnji koji su nepoznati korisniku. U ovim simuliranim podacima se smatra/podrazumjeva da će svaki motor na početku svake vremenske serije da radi normalno. On počinje sa degradacijom svojih karakteristika u nekoj tački tokom serije operativnih (radnih) ciklusa. Taj degradacioni proces raste u obimu tokom vremena. Kada se postigne prethodno definisani prag (*threshold*), tada se motor smatra nesigurnim za buduće operacije. Drugim riječima, zadnji ciklus u svakoj vremenskoj seriji se smatra tačkom kvara za određeni motor. Ako se pogledaju dostupni podaci može se zaključiti da je motor sa IDmotora=1 imao kvar u 259 ciklusu (Sl.1), dok je motor sa IDmotora=2 u 253 ciklusu, na primjer. Set podataka za trening, Train_FD003.txt ima 24720 instanci i 26 atributa (inicijalno podaci nisu označeni, ne postoji oznaka klase (*class*)).

IDmotora	Ciklus	Setovanje1	Setovanje2	Setovanje3	Setovanje5	Senzor1	Senzor2
1.0	249.0	0.0017	4.0E-4	100.0	518.67	643.34	
1.0	250.0	0.0036	1.0E-4	100.0	518.67	643.85	
1.0	251.0	0.0021	0.0	100.0	518.67	643.54	
1.0	252.0	-5.0E-4	-3.0E-4	100.0	518.67	644.02	
1.0	253.0	0.0012	-4.0E-4	100.0	518.67	643.31	
1.0	254.0	-0.001	-4.0E-4	100.0	518.67	643.97	
1.0	255.0	0.0005	-4.0E-4	100.0	518.67	643.4	
1.0	256.0	0.0019	1.0E-4	100.0	518.67	643.84	
1.0	257.0	-0.0032	-2.0E-4	100.0	518.67	643.52	
1.0	258.0	-5.0E-4	1.0E-4	100.0	518.67	643.66	
1.0	259.0	0.0043	-1.0E-4	100.0	518.67	643.94	
2.0	1.0	0.0034	3.0E-4	100.0	518.67	642.38	
2.0	2.0	0.0031	3.0E-4	100.0	518.67	641.9	
2.0	3.0	-7.0E-4	5.0E-4	100.0	518.67	641.85	
2.0	4.0	0.0049	-4.0E-4	100.0	518.67	642.07	
2.0	5.0	3.0E-4	-1.0E-4	100.0	518.67	642.16	
2.0	6.0	-0.0012	2.0E-4	100.0	518.67	642.18	
2.0	7.0	0.0051	-4.0E-4	100.0	518.67	642.75	
2.0	8.0	5.0E-4	1.0E-4	100.0	518.67	642.43	
2.0	9.0	-4.0E-4	-1.0E-4	100.0	518.67	642.16	
2.0	10.0	6.0E-4	-1.0E-4	100.0	518.67	641.85	
2.0	11.0	-0.0018	0.0	100.0	518.67	641.97	

Slika 1. Dio seta trening podataka prilagođen arff formatu (naznačen zadnji ciklus 259 za IDmotora=1)

- Za testiranje je korišten Test_FD003.txt. Testni podaci imaju istu šemu podataka kao i trening podaci. Jedina razlika leži u tome da oni ne

sadrže podataka o tome kada se desio kvar. Drugim riječima, zadnje vrijeme tj. zadnji ciklus ne predstavlja tačku kvara. Tako npr. u ovim testnim podacima motor sa IDmotora=1 je radio od ciklusa 1 do ciklusa 233. (Nije pokazano koliko je još ciklusa motor imao prije kvara). Dakle razlika između trening seta podataka i testnog seta podataka je samo u kompletnosti ciklusa do pojave kvara. Set podataka za testiranje, Test_FD003.txt ima 16596 instanci i 26 atributa.

IDmotora	Ciklus	Setovanje1	Setovanje2	Setovanje3	Setovanje5	Senzor1	Senzor2
1.0	223.0	-5.0E-4	4.0E-4	100.0	518.67	642.3	
1.0	224.0	-0.0025	2.0E-4	100.0	518.67	643.24	
1.0	225.0	0.003	-1.0E-4	100.0	518.67	642.69	
1.0	226.0	0.0016	-4.0E-4	100.0	518.67	643.01	
1.0	227.0	-5.0E-4	2.0E-4	100.0	518.67	642.52	
1.0	228.0	-8.0E-4	0.0	100.0	518.67	642.39	
1.0	229.0	0.003	1.0E-4	100.0	518.67	642.98	
1.0	230.0	0.0018	0.0	100.0	518.67	642.8	
1.0	231.0	-2.0E-4	4.0E-4	100.0	518.67	642.74	
1.0	232.0	0.0038	-5.0E-4	100.0	518.67	642.13	
1.0	233.0	0.0021	2.0E-4	100.0	518.67	642.59	
2.0	1.0	-0.0017	-2.0E-4	100.0	518.67	642.5	
2.0	2.0	6.0E-4	2.0E-4	100.0	518.67	642.22	
2.0	3.0	0.002	-1.0E-4	100.0	518.67	642.19	
2.0	4.0	-0.0019	-1.0E-4	100.0	518.67	642.46	
2.0	5.0	-0.0039	5.0E-4	100.0	518.67	642.37	
2.0	6.0	-0.0023	5.0E-4	100.0	518.67	642.19	
2.0	7.0	6.0E-4	-5.0E-4	100.0	518.67	641.95	
2.0	8.0	2.0E-4	-1.0E-4	100.0	518.67	642.38	
2.0	9.0	-0.0051	1.0E-4	100.0	518.67	642.4	
2.0	10.0	4.0E-4	0.0	100.0	518.67	642.47	
2.0	11.0	-0.0015	3.0E-4	100.0	518.67	642.3	
2.0	12.0	2.0E-4	-3.0E-4	100.0	518.67	642.59	

Slika 2. Dio seta testnih podataka u .arff formatu (naznačen zadnji ciklus 233 za IDmotora=1)

- RUL_FD003.txt sadrži referentne podatke (jednodimenzionalna tabela, vektor). Ovi referentni podaci obezbjeđuju broj preostalih radnih ciklusa za motor koji se nalazi u testnim podacima. U ovom slučaju ovi podaci sadrže ukupno 100 vrijednosti (za svaki IDmotora - predstavljaju preostali broj ciklusa za svaki IDmotora koji se nalazi u testnim podacima). Tako npr. u prvom redu se nalazi vrijednost 44, što znači da je motor sa IDmotora=1 imao još 44 ciklusa dodatno na ona 233 ciklusa iz testnih podataka, prije kvara.

Karakteristike koje će biti uključene u trening podacima mogu biti grupisane u dvije kategorije. Selektovani su svi sirovi atributi, atributi koji su uključeni u originalne ulazne podatke. Pored njih tu su i agregirani atributi, atributi koji u osnovi sažimaju istorijske aktivnosti za posmatranu problematiku vezanu za avionski motor. Konkretno, u okviru eksperimentalne postavke ovoga rada kreirana su setovi dva tipa agregiranih karakteristika za svaki od 21 senzora podataka:

- SSenzor1–SSenzor21: predstavljaju kretanje prosječne vrijednosti – srednja vrijednost sa senzora u najviše W prethodnih ciklusa.
- SDSenzor1–SDSenzor21: standardna devijacija senzorskih vrijednosti u najviše W nedavnih ciklusa.

a koji su uključeni u trening skup podataka pojedinačno i zajedno. Naime, kreirana su tri trening skupa podataka, koji predstavljaju kombinacije: sirovih podataka i SSenzor1–SSenzor21 (SS), sirovih podataka i SDSenzor1–SDSenzor21 (SDS), sirovih podataka i

SSenzor1–SSenzor21 i SDSenzor1-SDSenzor21 (SS i SDS). Posmatrano sumarno kroz broj atributa to znači dodatnih 21, 21 i 42 atributa u odnosu na početni (originalni) koji ima 26 atributa, odnosno 48, 48, 69 atributa ukupno za pomenuta tri trening skupa respektivno (uračunat i atribut klase koji će se naknadno kreirati). Analogan postupak se odvija i na testnim podacima. Eksperimentalna postavka uključuje i dvije vrijednosti parametra vremenskog prozora $W(W=5$ i $W=10)$, za koje se vrši agregiranje, za sva tri navedena trening skupa.

Predikcija putem binarne klasifikacije korištena u ovom radu, u kontekstu prirode izabranog seta podataka, se odnosi na predviđanje kvara avionskog motora u opsegu određenog broja ciklusa, konkretnije predviđanje kvara je rađeno za opseg od 30 ciklusa (ciklus je u tom smislu mjerna jedinica vremena). Neophodan korak (već je pomenuto da trening skup (niti testni analogno tome) izvorno ne sadrži oznaku klase) da bi se izvršila predikcija putem binarne klasifikacije je označavanje klase. Oznaka klase za potrebe binarne klasifikacije je urađeno uzimajući 30 zapisa (instanci, primjeraka) i označavajući ih sa „blizina kvara“ - vrijednost oznake je 1, dok je označavanje za sve ostale zapise „normalno“ tj. nema kvara, vrijednost oznake je 0 (prethodno kreiran atribut Klasa $\{0,1\}$). Označavanje testnih podataka Test_FD003.txt je izvršeno na bazi referentnih podataka RUL_FD003.txt, pri čemu po analogiji prolaze kroz istu proceduru označavanja kao i označavanje trening podataka.

Za potrebe izgradnje klasifikacionog modela korištena su tri različita klasifikatora: algoritam logističke regresije (Logistic Regression), algoritam slučajna šuma (Random Forest) i višeslojni perceptron (MLP, Multilayer Perceptron). Logistička regresija (u osnovi koje leži logistička funkcija – poznata i kao sigmoid funkcija) svakako je jedan od najpopularnijih algoritama mašinskog učenja za binarne klasifikacije, jer je to u biti jednostavan algoritam koji postiže dobre rezultate na širokom rasponu problema. Glavna osobina algoritma slučajnih šuma je da on pri raspoznavanju ne koristi samo jedan klasifikator nego kreira veći broj klasifikatora u obliku stabla odlučivanja (*decision trees*) pri čemu svako od njih učestvuje u formiranju konačnog rezultata. Višeslojni perceptroni predstavljaju najistaknutiji tip vještačke neuronske mreže i pripadaju klasi mreža sa prostiranjem unaprijed, tzv. *feedforward* mreže, koje ne sadrže nikakve cikluse (opozit su periodične neuronske mreže koje imaju cikluse). U radu će biti korištena implementacija MLP Weka alata Ova funkcija implementira algoritam povratnog prostiranja (*backpropagation*) za izgradnju modela neuronske mreže za klasifikaciju instance [10].

Za potrebe kreiranja pomenutih verzija trening i testnih setova podataka (ukupno po sedam, originalna i različite opcije agregiranih karakteristika i vremenskog okvira) i procesa označavanja klase u skladu sa odabranom vrijednošću predviđanja razvijena je adekvatna programska podrška (C#), a tako kreirani trening i testni skupovi korišteni su u okviru Weka alata (.arff

formalizovan Weka format) za data mining - korištenjem izvedbe Weka alata prethodno pomenutih klasifikatora.

Procjena performansi izgrađenog modela je krajnji, potreban postupak. Najjednostavnije, procjena bi mogla biti performansa modela korištenjem trening podataka, procjena koja je previše optimistična, obzirom da je model krojen/obučavan na podacima koji se ujedno i koriste za procjenu performanse. U suštini, neophodan je više realan pristup za mjerenje performansi modela (robustniji model), najbolje na novim, nekorištenim podacima. Potrebno je napomenuti da u slučajevima, opcijama koje sadrže vremenski označene podatke [11], tipične trening i testne rutine trebaju da uzmu u obzir aspekte vremenskih promjena (npr. tako da su svi test primjerci kasnije u vremenu, u odnosu na trening i validacione primjerke) stoga uobičajeni postupci korištenjem k-struke unakrsne validacija se ne preporučuju. Procjena performansi kreiranih prediktivnih modela u ovom radu je izvršena opcijom testiranja korištenjem prethodno pomenutih testnih podataka (prethodno pripremljenih u skladu sa pripremanjem izvršenim na trening podacima (neophodnost iste šeme; jedan originalni i dodatnih šest različitih skupova testnih podataka)).

U Tabeli I,II i III su prikazani postignuti rezultati različitih klasifikatora: logističke regresije, Random Forest i MLP respektivno, dobijeni treniranjem nad kompletnim setovima za trening i evaluacijom korištenjem kompletnog seta podataka za testiranje, pri čemu su u testnim podacima korištene sve vremenske serije, (postoji opcija sa samo 100 zapisa, za svaki motor po jedan maksimalni ciklus). Svi rezultati koji su bolji od onih postignutih nad originalnim setom podataka, za svaki klasifikator pojedinačno, su boldirani, a najbolje vrijednosti za svaku korištenu mjeru su označene crvenom bojom.

Kao što se može vidjeti u pomenutim tabelama dati su default dostupni Weka rezultati: klasifikacione tačnosti (*classification accuracy*) izraženi u procentima (ispod je radi ilustracije, u zagradama, pridodat broj pogrešno klasifikovanih instanci od ukupno 16596 koje su korištene za testiranje); koeficijent Kappa statistike (*Kappa statistics*) kao mjera slaganja predikcije sa pravom klasom (1.0 označava potpuno slaganje); srednja apsolutna greška MAE (*mean absolute error*); korijen srednje kvadratne greške RMSE (*root mean square error*); relativna apsolutna greška RAE (*relative absolute error*); korijen relativne kvadratne greške RRSE (*root relative squared error*). (Niže vrijednosti grešaka znače da je model tačniji u donošenju predviđanja).

Na osnovu obavljenih eksperimenata, dobijenih i prikazanih rezultata neki od osnovnih zaključaka koji se mogu izvesti su sledeći:

- Svaki od korištenih klasifikatora imao je određene koristi od najmanje jedne od šest kreiranih opcija setova podataka (sa kreiranim karakteristikama, za određene lag vrijednosti).

Tabela I. Rezultati binarne klasifikacije korištenjem algoritma logističke regresije, za originalni set i setove podataka nastale kreiranjem agregiranih karakteristika, za dvije različite vrijednosti vremenskog prozora W (evaluacija korištenjem testnih setova podataka)

	Originalni set podataka	W=10			W=5		
		SS	SDS	SS i SDS	SS	SDS	SS i SDS
Klasifikaciona tačnost (%) (broj pogrešno klasifikovanih)	99.0299 (161)	99.0118 (164)	99.0721 (154)	99.1082 (148)	99.0359 (160)	98.9636 (172)	99.0239 (162)
Kappa koeficijent	0.6775	0.6796	0.6968	0.7109	0.6838	0.6575	0.6847
MAE	0.129	0.0123	0.0122	0.0115	0.012	0.0131	0.012
RMSE	0.0863	0.0867	0.0847	0.0846	0.0856	0.0875	0.0865
RAE(%)	9.717	9.2401	9.2079	8.639	9.0216	9.84	9.0371
RRSE(%)	53.4882	53.7312	52.4002	52.4313	53.0201	54.1858	53.589

Tabela II. Rezultati binarne klasifikacije korištenjem algoritma slučajna šuma (Random Forest), za originalni set i setove podataka nastale kreiranjem agregiranih karakteristika, za dvije različite vrijednosti vremenskog prozora W (evaluacija korištenjem testnih setova podataka)

	Originalni set podataka	W=10			W=5		
		SS	SDS	SS i SDS	SS	SDS	SS i SDS
Klasifikaciona tačnost (%) (broj pogrešno klasifikovanih)	99.0058 (165)	99.0359 (160)	99.0419 (159)	98.9998 (166)	98.9937 (167)	98.9696 (171)	98.9516 (174)
Kappa koeficijent	0.6386	0.6561	0.6503	0.6325	0.6373	0.6255	0.6165
MAE	0.0139	0.0133	0.0143	0.0134	0.0134	0.0149	0.0138
RMSE	0.0862	0.0853	0.0838	0.0836	0.0866	0.0867	0.0867
RAE(%)	10.4587	10.0401	10.7679	10.124	10.0496	11.2043	10.3647
RRSE(%)	53.4313	52.8708	51.9477	51.78	53.6424	53.724	53.7075

Tabela III. Rezultati binarne klasifikacije korištenjem klasifikatora višeslojnog perceptrona (MLP), za originalni set i setove podataka nastale kreiranjem agregiranih karakteristika, za dvije različite vrijednosti vremenskog prozora W (evaluacija korištenjem testnih setova podataka)

	Originalni set podataka	W=10			W=5		
		SS	SDS	SS i SDS	SS	SDS	SS i SDS
Klasifikaciona tačnost (%) (broj pogrešno klasifikovanih)	99.0359 (160)	99.287 (128)	99.0058 (165)	99.0359 (160)	99.066 (155)	98.9576 (173)	99.0781 (153)
Kappa koeficijent	0.6738	0.7421	0.6831	0.6886	0.6833	0.6614	0.6971
MAE	0.0102	0.0081	0.01	0.0098	0.0095	0.0104	0.0094
RMSE	0.094	0.0859	0.0956	0.0956	0.0914	0.0975	0.0938
RAE(%)	7.7106	6.1023	7.5702	7.3795	7.1959	7.8479	7.1115
RRSE(%)	58.2292	53.2359	59.2349	59.2569	56.6404	60.4011	58.1351

- Različiti su skupovi trening podataka sa kojima su klasifikatori postigli najbolje rezultate posmatrano za svaki klasifikator pojedinačno u odnosu na pripadajuće originalne trening skupove podataka. Npr. klasifikator logističke regresije postigao je najbolji rezultat na trening skupu podataka u kojem se nalaze SS i SSD karakteristike zajedno, po svim mjerama. (vrijednosti označene crvenom bojom).
- Vidljivo je da je za isti tip odabranih agregiranih karakteristika na rezultate klasifikatora uticala i odabrana veličina vremenskog okvira W. Na primjer isti tip agregiranih karakteristika (SDS) i kraći vremenski okvir (W=5) za Random Forest klasifikator (i MLP) nije ostavario doprinos, dok je za pomenuti tip agregiranih karakteristika i za opciju većeg vremenskog okvira (W=10) isti klasifikator postigao najveću klasifikacionu tačnost od 99.0419%.
- Najbolji rezultat ukupno posmatrano, uzimajući u obzir sve trening skupove i korištene klasifikatore, bez obzira na korištenu metriku postigao je višeslojni perceptron (najveća klasifikaciona tačnost od 99.287% (najmanji broj od 128 neispravno klasifikovanih instanci), najveći koeficijent Kappa statistike 0.7421, najmanja vrijednost srednje apsolutne greške 0.0081, najmanja vrijednost korijena srednje kvadratne greške 0.0859, najmanja vrijednost procenata relativne apsolutna greške i korijena relativne kvadratne greške sa 6.1023 i 53.2359 respektivno).

5. ZAKLJUČAK

U radu je prikazan jedan način inženjeringa karakteristika, tehnika kotrljajućih agregata, karakterističan za podatke vremenskih serija, sa ciljem da se putem kreiranih karakteristika na određeni način sažme i uključi tzv. istorijski uticaj na predikcioni model i u krajnjem da se korištenjem istih postignu bolje performanse kreiranog modela predikcije.

Na osnovu eksperimentalne postavke i postignutih rezultata na kreiranim setovima podataka, koji su bazirani nad setovima podataka koji predstavljaju simulaciju degradacije avionskog motora, namjera je bila pokazati, dobiti odgovor na pitanje koji, i u kojoj mjeri, od korištenih primjera trening setova podataka rade najbolje u kontekstu korištenih klasifikatora. Uzimajući u obzir činjenicu da na ovakva pitanja nema a priori odgovora, prikazano može predstavljati jedan koristan način da se istovremeno prikaže, određeni postupak inženjeringa karakteristika i uporede uticaji kreiranih karakteristika na rezultate predikcije putem modela binarne klasifikacije, na jedan pregledan način koji može poslužiti za istraživanje uticaja ostalih opcija kotrljajućih agregata na primjer, pri istim ili različitim vrijednostima vremenskog okvira.

LITERATURA

- [1] Waller M.A. and S. E. Fawcett, "Data Science, Predictive Analytics, and Big Data: A Revolution That Will Transform Supply Chain Design and Management", *Journal of Business Logistics*, 34(2): 77–84, 2013.
- [2] Boire R. "Feature Engineering within the Predictive Analytics Process — Part One", <http://www.predictiveanalyticsworld.com/patimes/feature-engineering-within-the-predictive-analytics-process-part-one/7657/> 2016.
- [3] Heaton, J. "An empirical analysis of feature engineering for predictive modeling", Pages: 1 - 6, SoutheastCon 2016, 2016.
- [4] Yu, H.F. and H.Y. Lo, H.P. Hsieh, J.K. Lou, T. G. McKenzie, J.W. Chou, P.H. Chung, C.H. Ho, C.F. Chang, Y.H. Wei et al., "Feature engineering and classifier ensemble for kdd cup 2010", *KDD Cup*, 2010.
- [5] Boyle, F.U. "Predictive Maintenance Modelling Guide R Notebook, Cortana Intelligence Gallery", <https://gallery.cortanaintelligence.com/Notebook/Predictive-Maintenance-Modelling-Guide-R-Notebook-1> 2016.
- [6] Janković, O. "Modeliranje i predikcija podataka vremenskih serija u kontekstu data mininga", VII Naučni skup MREŽA 2015, Valjevo, Zbornik Radova, str. 41-47, 2015.
- [7] Witten, I. H. and E. Frank, *Data Mining Practical Machine Learning Tools and Techniques*, Elsevier, 2011.
- [8] Saxena, A. and K. Goebel, "Turbofan Engine Degradation Simulation Data Set", NASA Ames Prognostics Data Repository, (<http://ti.arc.nasa.gov/project/prognostic-data-repository>), NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA, 2008.
- [9] Saxena, A. Goebel, K. Simon, D. and N. Eklund, "Damage propagation modeling for aircraft engine run-to-failure simulation". In *International Conference on Prognostics and Health Management*, pages 1–9, 2008.
- [10] Janković, O. "Primjena i evaluacija klasifikatora višeslojnog perceptrona za potrebe klasifikacije linearno neseparabilnih problema", *SYM-OP-IS 2015*, str. 208-211, Ivanjica, 2015.
- [11] Janković, O. "Data Mining: Evaluacija klasifikacije iz perspektive strima podataka", *YUINFO 2016*, str. 373-378, Kopaonik, 2016.

SOFTVERSKI ALGORITAM ZA VERIFIKACIJU MINUCIJA OTISKA PRSTA NOVOROENIH BEBA

DATA VERIFICATION SOFTWARE ALGORITHM OF MINUTIAE FINGERPRINT NEWBORN BABIES

Komlen Lalović¹, Aleksandar Lugonja², Jelena Lalović², Ivana Kekić³, Filip Karaičić⁴, Vuk Popović⁴

Visoka škola za Informacione tehnologije ITS - Beograd¹

Golden Mind LLC – ICT Consulting²

Beohram tizr company – Belgrade³

Quantox tehnology – Consulting ICT, Belgrade⁴

Sadržaj – U ovom radu će biti predstavljen algoritam koji je razvijen u pseudo kodu za potrebe verifikacije minucija otiska prsta tek rođene bebe. Takođe, ekskluzivno će biti prikazan deo kvalitativnog istraživanja koja su empirijski potvrdila da beba poseduje formiran otisak prsta i da je moguće njime garantovati identitet.

Abstract – In this work we will present algorithm developed in pseudo code for fingerprint minutiae verification of newborn baby. Also, exclusive part of qualitative research which will be presented that confirmed scientific fact for newborn to possess formed fingerprint and that it can be used for identity guarantee.

1. INTRODUCTION

There are various definitions of ¹Algorithm in different science fields and disciplines. Regarding computer science algorithm is step by step set of commands, instructions and operations that are going to be performed. Purpose of algorithms is to provide calculation, automating of actions and processing of data.

An algorithm is a set of steps as explained. You have to learn how to make algorithms using pseudo-code or real code, that is why people who develop algorithms need to have programming knowledge. If you want to optimize your algorithms then you have to possess math knowledge as well. At the end you have to have basic knowledge about all that, since it represents a combination of various knowledge. Good fact is that learning about algorithms can be as simple as you want it to be, and as you are able to acquire. [1]

We are determined to solve one large human problem and remove bad shadow on possible past happenings in many countries, stealing or replacing identity of newborn babies.

Also preventing that kind of fear that future mother have, and make easier and relaxed to gynecologist, midwives and nurses that bright moment such as bringing new life on this world, invented is this Patent device – Device for biometric identification of parenthood – maternity and developed this algorithm as part of its software.

Patent Innovation, is generally, placed in filed applied Information Technology, Biometry systems, and concretely device will be dual fingerprint scanner, scanning two fingers at the same time (one mother and one baby finger), after that moment device will make unique Identification (ID) reference and that reference will be Identifier for each relationship mother-baby for every newborn baby in birth hospitals, bounded and encrypted. [2]

According to International classification of Patents, this patent is classified with symbol G06F21/00 which are Biometry systems – devices for fingerprint scanners.

2. TECHNICAL PROBLEM

Technical problem which needs to be set, asked and solved with this Algorithm of Patent device is consists of three partial task as follows:

- Writing one optimal algorithm for emulating and executing every functionality that device for biometric identification of maternity- parenthood possess. In future realization give recommendations for traversing that pseudo-code in accurate programming language, probably C programming language, since it has to be structural and low level, not OO and high level programming language as it is JAVA or C++ . It is very important that those algorithm realization is applicable for each existing platform including hardware and software, and C programming language is proper choice for that. [3] [4]

Modeling and building solution device - dual biometric fingerprint scanner for scanning fingers of mother and baby, right at the moment of birth, at first baby moments on this world. Device will be with small differences from today's existing classic fingerprint scanners, thus it would have two fields for scanning fingers of two different persons (mother and baby). Those two fields for scanning can be physically divided during process of device construction or they can be mapped by software

¹ Algorithm - stems from the name of a Latin translation of a book written by al-Khwarizmi, a Persian [22] mathematician, astronomer and geographer. Al-Khwarizmi wrote a book titled „On the Calculation with Hindu Numerals“ in about 825 AD, and was responsible for spreading the Indian system of numeration through Europe.

definition on scanning surface as existing scanners posses. [5]

This science fact is essential for this device, this research and this Project realization that will provide qualitative jump in gynecology and midwifery and nursing in every birthing center whole over the world.

3. DISCUSSION

Science fact, rather say axiom, in Biometry as branch of Advanced security systems, Discipline - Informatics and Computing, Science Field - Natural Sciences and Mathematics, is that fingerprint is formed during prenatal period for every fetus and stays constant in shape of minutiae during whole life. [6]

According to many research realized on fingerprints of fetus, ultra waves and biometry scanning is that in totally summary minutiae² on each finger is formed by the end of 7th month during pregnancy. This is important to mention that babies whom born before regular time of birth, during 8th, and especially by ending of 7th month of pregnancy have formed fingerprint on each finger, both hands and foots fingers. [7]

The 100% guarantee of baby identity and maternity over new born babies will be one moment scanning of fingerprint mother and baby at the moment of birth, where mother can meet her baby for first time, doctors and nurses make measures, weight and height of baby and clean with alcohol or other liquid one of baby fingers and puts on smaller field of fingerprint scanner together with mother finger on larger field of scanner and device make scanning and generating unique ID reference for that pair of (mother-baby). And that is crucial essence and prove that new born baby is from that mother on birth. After few days when mother and baby lives the birthplace the check is made on the same device and device make confirmation of baby identity bounded with ID reference for identity of his mother. That procedure will gain new quality in whole, that will prevent any possibility of making error. [8]

There are large number of various fears during birth process, both mother and people in medical Care system in birthplace. Reading and learning on study which was made in Australia and New Zealand from 2009 until 2011 year and 17 workshops with over 700 midwives this device can prevent part of one of those big fears – dealing with unknown (n=32). [9]

4. PATENTED DEVICE

Data received during process of fingerprint scanning mother and baby, together with unique ID reference are being encrypted and stored on device memory or on a

² Minutiae - Fingerprint specific points visible on a finger image

server in encrypted form, never leave the device in opened shape and available for public, just for authorized nurses, doctors and midwives in birthplaces.

During every next process of scanning when the confirmation of parenthood, precisely maternity would be confirmed for each pair – person with baby, authorized person-representative of birthplace and mother would enter PIN code that only they posses for their data. [10]

Changing of stored data will be disabled and identity of new born baby is guaranteed in 100% and there is no possibility of making mistake during this process with Patent device.

Information stored on device or server with its backup copy are always in encrypted form and there is no possibility of corruption or deleting this data. Just possibility of archiving data is enabled after confirmation of mother that everything is normal and after leaving birthplace by these pair (mother-baby), that is moment when need for guarantee of maternity in birthplace is no longer necessary.

At that moment, leaving birthplace by mother and baby is final moment when last check is being done. At the same time device is doing scanning with mother and baby fingers at the same time, compares it with existing encrypted data stored at birth moment for that pair and if check if regular device confirm that fact – It is yours baby! There is no place for fear nor for mother, nor for nurses, doctors, midwives. One huge human fear, reasonable fear for every mother in these moments and really fear for people who helps and work in birthplaces.

Figure 1 presents front view of Patented device. It can be seen elements such as: Display, field for scanning of mother fingerprint, field for scanning baby fingerprint, power switch, button for set, button for reset and button for run. [10]

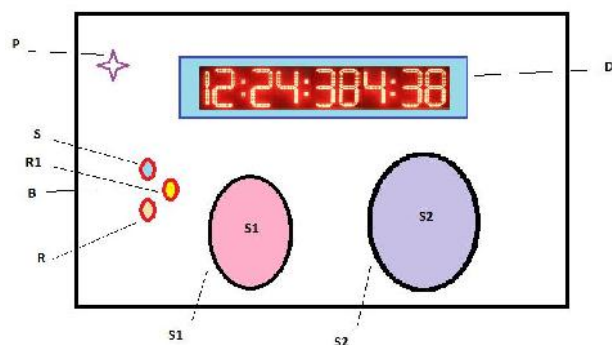


Figure 1 – Device for biometric identification

5. ALGORITHM FOR VERIFICATION OF NEWBORN BABY FINGERPRINT

Algorithm for fingerprint verification has its own logic which is presented by Figure 2. Its purpose is to provide confirmation of new scanned pair mother and baby fingerprint with scanned one at moment of birth. [11]

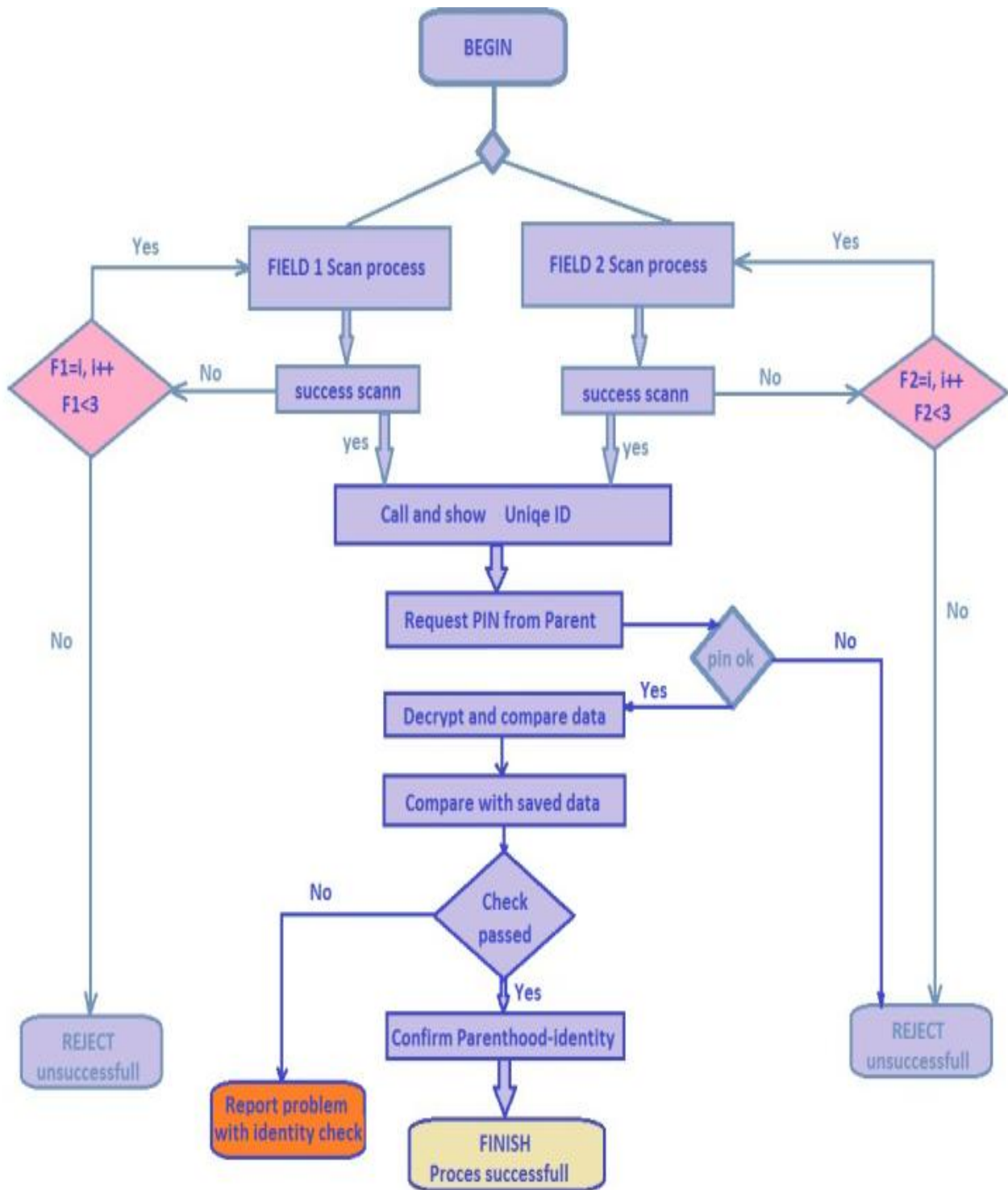


Figure 2 - Graphic view of verification algorithm

6. CONSLUSION

Main efforts of every kind of Biometry is to accomplish to minimize FAR ³(False Accept Rate) which represents mistake in allowing access and provide them credentials and privileges when they do not have granted and defined access and privileges.

After that primary goal, next and also high important effort is to maximize FRR ⁴(False Reject Rate) which is method where biometry system in rejecting or not allowing access to somebody who really has granted and defined access and credentials. Both FRR and FAR has same purpose – to provide much more accurate and secure system where is implemented.

This device is in its whole essential pointed to accomplish that part of biometry since it combines two scanned data, generates hash value for further check so its accuracy grows exponentially.

LITERATURE

- [1] Algorithms (4th Edition) Hardcover, Authors: Robert Sedgewick, Kevin Wayne, – March/19/2011, ISBN-13: 978-0321573513 ISBN-10: 032157351X Edition: 4th
- [2] <http://www.epo.org/index.html>
- [3] C PROGRAMMING TUTORIAL, Simply Easy Learning available on URL - http://www.tutorialspoint.com/cprogramming/cprogramming_tutorial.pdf
- [4] JAVA 7EE TUTORIAL, http://www.tutorialspoint.com/java/java_decision_making.htm
- [5] NIST, A Survey of Access Control Methods
- [6] Before We Are Born, 9th Edition, Authors: Keith Moore, T..N. Peraud, Mark Torchia, Elsevier UK, Saunders, ISBN: 9780323313377, 2014
- [7] Handbook of Biometrics, ANIL K. JAIN- Michigan State University, USA, PATRIC FLYNN- University of Notre Dame, USA, ARUN A. ROSS- West Virginia University, USA (2008), Sringer, USA
- [8] Software Algorithm of Device for biometric identification of Parenthood, Authors: Komlen Lalović, Jasmina Nikolić, Ivan Tot, Žana Lalović - BISEC 2016 - International conference in Security ICT, October 15th 2016, Belgrade.
- [9] What do midwives fear? Authors: Hannah Grace Dahlen, Shea Caplice, Published Online: July 24, 2014 – Elsevier, Women and Birth, Journal of Australian College of Midwives
- [10] Biometric Verification of Maternity and Identity Switch Prevention in Maternity Wards, Authors: Komlen Lalović, Nemanja Maček, Milan Milosavljević, Mladen Veinović, Igor Franc, Jelena Lalović, Ivan Tot - Acta Polytechnica Hungarica - with Impact Factor 0.54, Volume 13, Issue Num 13, 2016 - DOI: 10.12700/APH.13.5.2016.5.4
- [11] Device for biometric identification of Maternity, Authors: Komlen Lalović, Milan Milosavljević, Ivan Tot, Nemanja Maček - SERBIAN JOURNAL OF ELECTRICAL ENGINEERING, Vol. 12, No. 3, October 2015, ISSN 1451 – 4869 - DOI: 10.2298/SJEE1503293L

³ FAR - False Accept Rate

⁴ FRR - False Reject Rate

VIZELNI PRIKAZ RADA JEDNOTAKTNOG PROCESORA

VISUAL DISPLAY OF SINGLE-CLOCK PROCESSOR'S IMPLEMENTATION

Filip Klain¹, Vladimir Stanković¹

Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija¹

Sadržaj – Postoji veći broj istraživanja koja pokazuju da studenti mnogo više vole da koriste računare prilikom učenja odnosno savladavanja gradiva u odnosu na klasično učenje, kao i da je takav način učenja često efikasniji. U ovom radu prikazan je opis računarske aplikacije za vizuelni prikaz rada jednotaktnog procesora, koji se na Elektronskom fakultetu u Nišu proučava iz predmeta Arhitektura i organizacija računara u okviru studijskog programa na modulu za Računarstvo i informatiku.

Abstract – There are many studies, which show that students are much more fond of using personal computers when studying, compared to studying in the classical way. These studies also show that this type of studying is often more efficient. This paper presents a description of a computer application for a visual display of single-clock processor's implementation. Studying a single-clock processor is part of the curriculum of the Computer Science module, within the subject Computer architecture and organization, at the faculty of Electronic engineering in Nis.

1. UVOD

Svedoci smo ekspanzije razvoja računarstva po pitanju mnogih kriterijuma, između ostalog i po pitanju broja korisnika računara, mobilnih telefona, raznih 'pametnih' uređaja. Današnji prosečan čovek ne može ni da zamisli svoj život bez korišćenja ovakvih uređaja. Oni su potpuno ušli u živote pre svega mladih ljudi, a ni starije generacije ne zaostaju previše. Pritom se razni pametni uređaji sve više koriste u profesionalne svrhe, odnosno kao pomoć u profesionalnom radu. Samim tim logično je da i studenti žele da koriste slične uređaje u procesu učenja, odnosno savladavanja gradiva. Postoji veći broj istraživanja koja pokazuju da studenti više vole da uče uz pomoć računara, u odnosu na klasično učenje, kao i da učenje uz pomoć računara daje bolje rezultate. Recimo, u radu [1] je dat podatak da su dve trećine studenata za crtanje konceptualnih mapa koristile softver, dok je samo jedna trećina koristila papirnu verziju. U radu [2], koji se bavi korišćenjem IT alata za podučavanje kursa iz Materijala, iznet je podatak da 76% studenata smatra da korišćenje IT tehnologija povećava atraktivnost kursa, dok 75% studenata preferira da o karakteristikama raznih materijala uči uz pomoć računarskih programa. U radu [3] razmatra se uticaj korišćenja računara na podučavanje matematike kod dece sa smetnjama u razvoju u trećem, četvrtom i petom razredu osnovne škole. Rezultati pokazuju da su,

sva tri posmatrana razreda, deca koja su koristila računar imala veće ocene u odnosu na decu podučavanu na klasičan način. Proučavana je i upotreba računarskih igara – u [4] je pokazano da računarske igre pozitivno utiču na savladavanje gradiva i to najviše kod predmeta poput matematike, fizike i jezika, dok su slabiji rezultati postignuti kod socijalnih predmeta, biologije i logike. U [5] je pokazano da korišćenje softvera za simulaciju odnosno grafički prikaz grudi pomaže studentima medicine – preko 70% studenata smatra da bi sličan softver bio pogodan i za ostale predmete/aktivnosti, dok bi 74% studenata softver preporučilo ostalim studentima. U [6] je obavljeno poređenje dve grupe studenata, jedne (eksperimentalne) koja je koristila klasično učenje u kombinaciji sa korišćenjem računara i druge (kontrolne) koja je učila samo klasično – eksperimentalna je u proseku imala 10 poena više. Pritom su studenti eksperimentalne grupe, popunjavajući anketu, rekli da su više vremena provodili koristeći računar (82% njih), više su uživali u računarskom simulatoru (91%), njihov prvi izbor u budućnosti, za slične stvari, biće računar (82%), a takođe su izjavili i da im je korišćenje računara pomoglo da razumeju ono što su pročitali (91%). Konačno, u [7] se proučava korišćenje virtualne laboratorije za podučavanje fizike. Studenti su, nakon kursa, takođe učestvovali u anketi, gde su davali odgovore koristeći skalu od 1 do 5. Rezultati ankete pokazuju da je 80% ili više studenata dalo ocenu 4 ili 5 na pitanja koja se tiču evaluacije realističnosti eksperimenata, lakoće rada u virtualnoj laboratoriji, stepena korisnosti virtualne laboratorije, stepena dobijene pomoći u boljem razumevanju gradiva, kao i stepena (povećanog) interesovanja da fiziku uče uz pomoć virtualne laboratorije.

Imajući u vidu rezultate iz navedenih istraživanja, pokušali smo da olakšamo savladavanje gradiva o jednotaktnom procesoru, koji se proučava iz predmeta Arhitektura i organizacija računara na Elektronskom fakultetu u Nišu [8]. Naime, u okviru ovog kursa proučava se hipotetički procesor, sličan familiji MIPS procesora, koji je u stanju da sve instrukcije izvrši za jedan takt. Analiziraju se putevi podataka ovog procesora, kao i implementacija njegove upravljačke jedinice uz pomoć logičkih kola. Nakon toga se u okviru kursa proučava višetaktni procesor (čija se upravljačka jedinica realizuje kako uz pomoć logičkih kola i flip flopova tako i mikroprogramski), a nakon njega razmatra se protočni procesor. Po iskustvima drugog autora ovog rada (koji je nastavnik iz pomenutog predmeta), studenti koji shvate suštinu jednotaktnog procesora, nemaju previše problema

da razumeju i gradivo o višetaktnom i protočnom procesoru. Sa druge strane, studenti kojima je jednotaktni procesor problem, a postoji priličan broj takvih studenata, imaju velike poteškoće da razumeju detalje implementacije i načina rada višetaktnog i protočnog procesora. Kako bismo pomogli studentima, razvili smo računarsku aplikaciju koja vizuelno prikazuje način rada jednotaktnog procesora. U nastavku ovog rada, u drugom odeljku ćemo ukratko dati osnovne karakteristike razmatranog jednotaktnog procesora, dok ćemo u trećem opisati pomenutu aplikaciju. Četvrti odeljak sadrži zaključak.

2. JEDNOTAKTNI PROCESOR

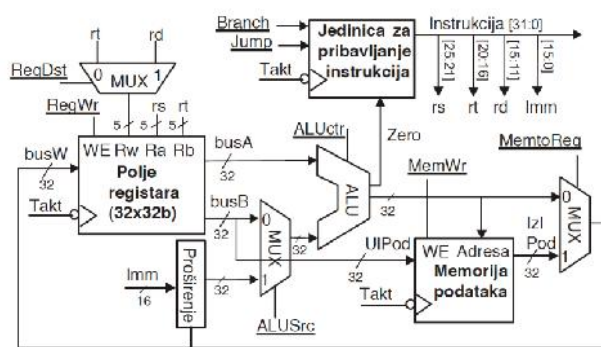
Kako sam naziv kaže jednotaktni procesor je procesor koji svaku instrukciju izvršava za jednu periodu takta. U pitanju je hipotetički procesor, koji je u stanju da izvrši znatno manji broj instrukcija u odnosu na standardne procesore. Pritom su izabrane tipične instrukcije iz familije MIPS procesora, koje oslikavaju suštinu ovih procesora, i to tako da se upotrebe sva 3 postojeća formata instrukcija procesora MIPS. U pitanju je sledećih 7 instrukcija:

1. ADD rd, rs, rt $R[rd] \leftarrow R[rs] + R[rt]$
2. SUBU rd, rs, rt $R[rd] \leftarrow R[rs] - R[rt]$
3. ANDI rt, rs, imm $R[rt] \leftarrow R[rs] \text{ AND } imm$
4. LW rt, rs, pom $R[rt] \leftarrow Mem[R[rs] + pom]$
5. SW rt, rs, pom $Mem[R[rs] + pom] \leftarrow R[rt]$
6. BEQ rs, rt, pom if ($R[rs] = R[rt]$) $PC \leftarrow PC + (pom \ll 2)$
7. J odr $PC \leftarrow PC_{31..28} \parallel (odr \ll 2)$

Kod instrukcija 3. do 6. vrši se odgovarajuće proširenje (nulama ili znakovno) polja *imm* odnosno *pom* pre izvođenja odgovarajuće operacije kako bi operandi bili iste dužine. Recimo, svi registri su 32-bitni, a polje *imm* je 16-bitno. Zbog toga se pre izvođenja logičke I operacije vrši proširenje nulama polja *imm* (dodavanjem 16 nula na mestu najveće težine) kako bi oba operanda bila dužine 32b. Slična je situacija i po pitanju polja *pom*, stim što se u ovom slučaju vrši znakovno proširenje. Kod instrukcije BEQ se u slučaju da je uslov grananja ispunjen (registri rs i rt imaju istu vrednost) u programski brojač (PC – Program Counter) upisuje vrednost adrese na koju treba da se obavi grananje, a to je relativna adresa u odnosu na trenutnu vrednost programskog brojača. Obzirom da su sve instrukcije dužine 4B, pre sabiranja se *pom* pomera za 2 pozicije ulevo, što je ekvivalentno množenju sa 4. To praktično znači da polje *pom* pokazuje za koliko instrukcija treba obaviti grananje u odnosu na instrukciju koja je statički sledbenik grananja. Ovo stoga što je u trenutku izvršenja grananja (provera ispunjenja uslova i izračunavanje odredišta grananja) programski brojač već uvećan za 4 (ovo se automatski vrši prilikom pribavljanja instrukcije), tako da on sadrži adresu instrukcije statičkog sledbenika grananja.

Na slici 1 (koja je preuzeta iz [8]) prikazan je izgled razmatranog jednotaktnog procesora. Vide se putevi podataka procesora, sa pridruženim upravljačkim signalima, koji su prikazani podvučenim linijama. Nazivi

upravljačkih signala su tako odabrani da oni upućuju na funkciju koju taj signal ima. Tako na primer signal RegDst (Register Destination) odnosi se na odredišni registar, i vodi se na upravljački ulaz multipleksera koji na izlaz treba da propusti rt ili rd. Kao što se može videti, izlaz ovog multipleksera vodi se na Rw ulaz polja registara i definiše registar u koji treba da se obavi upis. Kod onih instrukcija kod kojih je odredišni registar rd (a to su ADD i SUBU) signal RegDst treba da ima vrednost 1, kako bi se na izlaz multipleksera propustila vrednost rd, dok kod onih instrukcija kod kojih je odredišni registar rt (ANDI i LW) signal RegDst treba da ima vrednost 0, kako bi se na izlaz multipleksera propustila vrednost rt. Kod instrukcija kod kojih ne postoji upis u polje registara (SW, BEQ i J) vrednost signala RegDst nije bitna.



Slika 1. Putevi podataka jednotaktnog procesora

U okviru kursa obavlja se slična analiza za svaki od postojećih upravljačkih signala, nakon čega se definišu odgovarajući analitički izrazi, odnosno šema koja prikazuje implementaciju upravljačke jedinice logičkim kolima. Tabela 1 daje prikaz vrednosti upravljačkih signala za svaku od razmatranih instrukcija. Naravno, da bi sve ovo bilo moguće razumeti, neophodno je da student shvati kako se realizuje svaka od instrukcija, koje hardverske elemente koristi, kojim linijama putuju podaci itd.

Instr.	Add	Subu	Andi	Lw	Sw	Beq	J
RegDst	1	1	0	0	x	x	x
RegWr	1	1	1	1	0	0	0
ExtOp	x	x	0	1	1	x	x
AluSrc	0	0	1	1	1	0	x
MemWr	0	0	0	0	1	0	0
Memtoreg	0	0	0	1	x	x	x
Branch	0	0	0	0	0	1	0
Jump	0	0	0	0	0	0	1

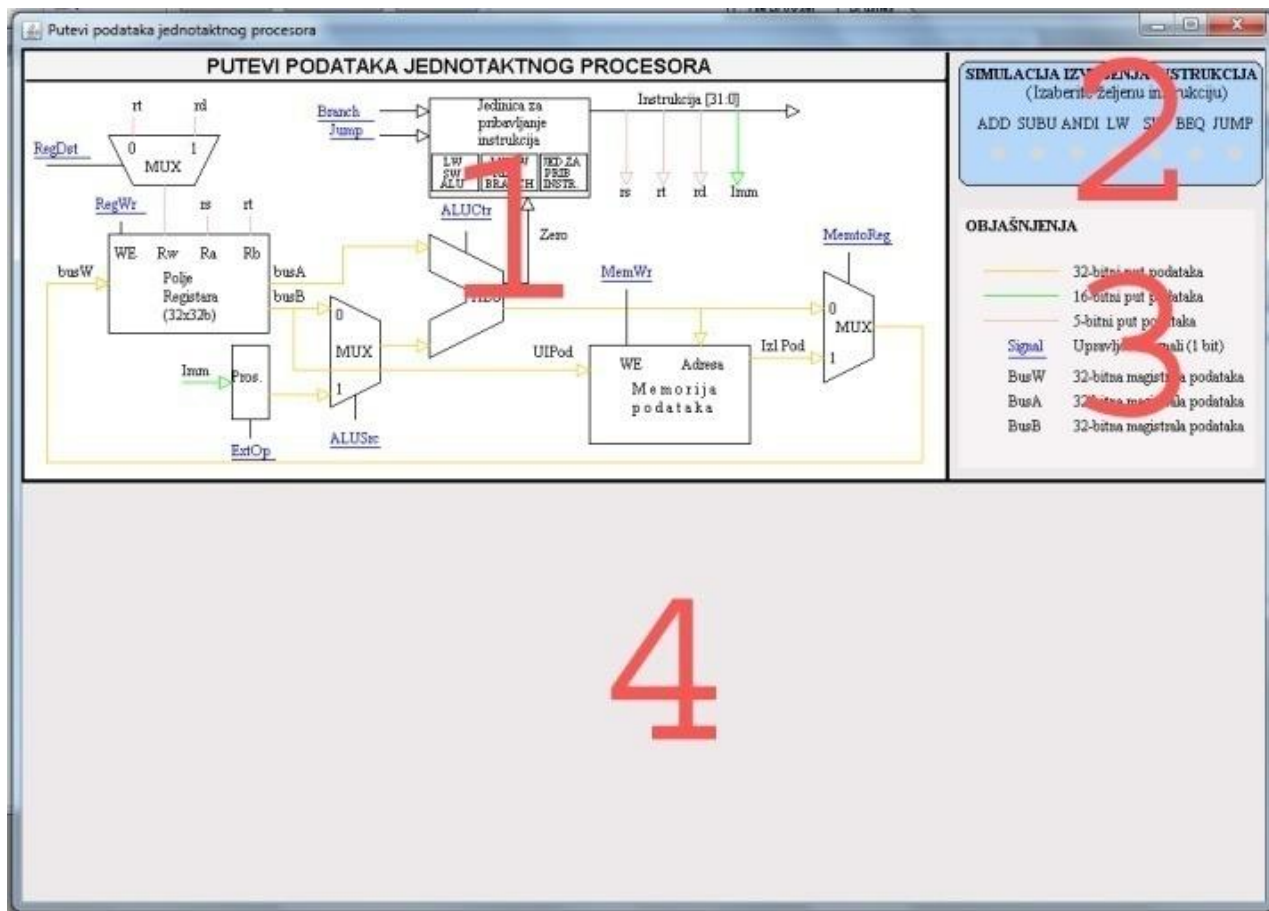
Tabela 1. Prikaz vrednosti upravljačkih signala u toku izvršenja pojedinih instrukcija

3. APLIKACIJA ZA VIZUELNI PRIKAZ RADA JEDNOTAKTNOG PROCESORA

Aplikacija za vizuelni prikaz rada jednotaktnog procesora implementirana je u programskom jeziku Java. Osnovni ekran aplikacije sastoji se od četiri oblasti, kao što se može videti na slici 2.

Na gornjoj polovini ekrana nalaze se tri oblasti: interaktivna šema puteva podataka jednotaktnog procesora (oblast 1), opcije za pokretanje simulacije

izvršenja pojedinih instrukcija (oblast 2), kao i dodatna objašnjenja o dužini pojedinih linija odnosno magistrala koje se pojavljuju na šemi (oblast 3).



Slika 2. Početni ekran aplikacije

Interaktivna šema (oblast 1) nam omogućava da klikom na bilo koji element šeme dobijemo detaljno objašnjenje o tom elementu u donjem delu ekrana (oblast 4). Ako je u pitanju neki hardverski element, biće prikazan šematski izgled tog elementa i njegova funkcija, kao što možemo da vidimo na slici 3. Na njoj je prikazano detaljno objašnjenje hardverskog elementa „polje registrara“. Možemo da vidimo da su, u donjem delu ekrana, dati razni detalji poput dužine registrara, objašnjenja čemu služi svaki od portova (WE, Rw, Ra, Rb, busW, busA, busB), kako se vrši čitanje, a kako upis u polje registrara, kao i sve ostalo što je od značaja za razumevanje rada ovog elementa.

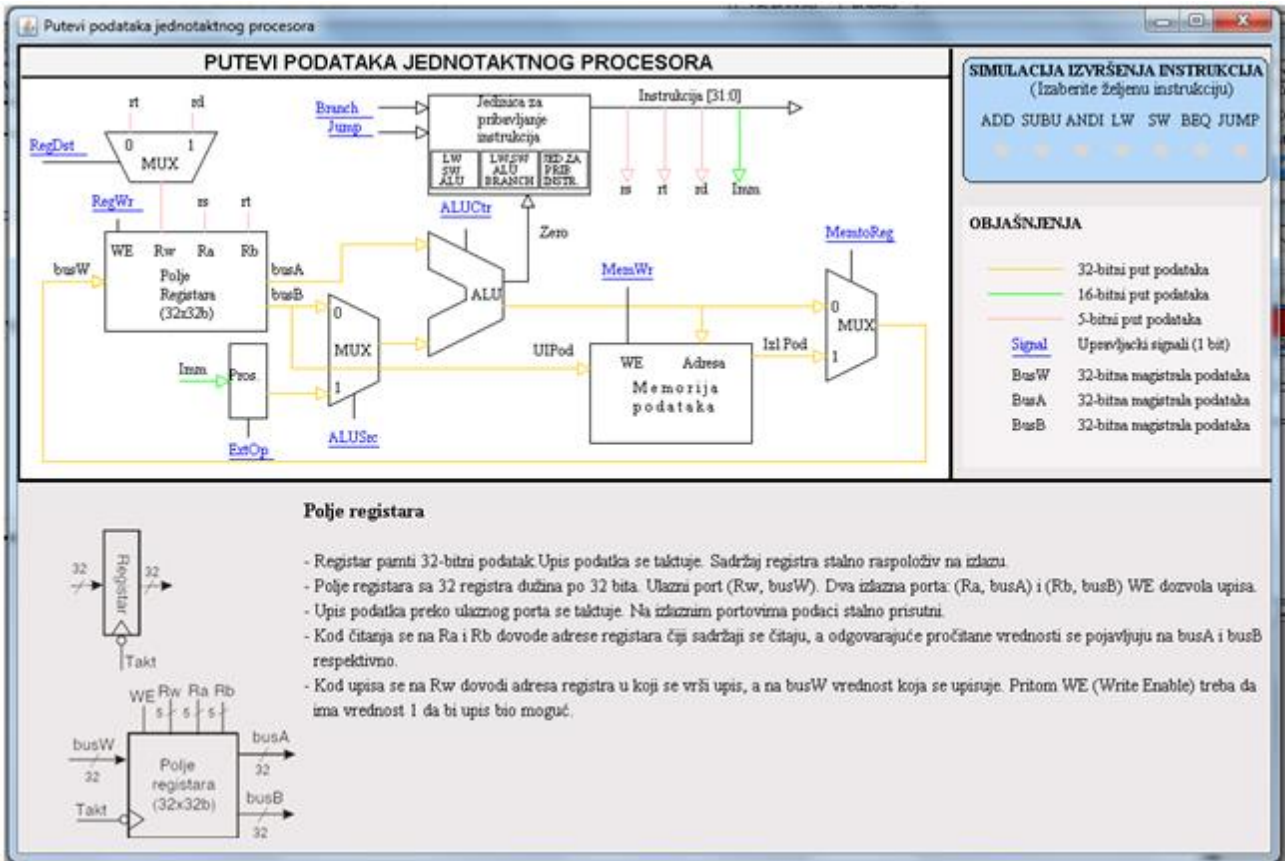
Ukoliko korisnik klikne na neki upravljački signal onda će u donjem delu ekrana biti prikazana definicija tog signala, data tabela sa vrednostima tog signala za svaku instrukciju, kao i logička šema i izraz za dobijanje vrednosti tog signala. Recimo, na slici 4 prikazano je odgovarajuće objašnjenje za upravljački signal *AluSrc*. Ovaj signal definiše drugi izvorišni operand, odnosno vrednost koja se vodi na donji ulaz aritmetičko-logičke jedinice (ALU). To će, ako je *AluSrc*=0, biti registar *rt*,

čija se vrednost čita iz polja registrara i pojavljuje na izlazu *busB* ili će, ako je *AluSrc*=1, biti neko od proširenih polja *imm* ili *pom*, koja su na šemi (oba) označena kao *Imm*.

Oblast 4 takođe služi za dodatna objašnjenja prilikom simulacije izvršenja instrukcija. Naime, deo za pokretanje simulacije (oblast 2) sastoji se od 7 radio dugmeta – svakoj instrukciji odgovara po jedno radio dugme. Klikom na neko od njih u donjem delu aplikacije dobija se detaljno objašnjenje izvršenja izabrane instrukcije, i to korak po korak. Naime, iako sve instrukcije traju po jedan takt procesora, radi lakšeg razumevanja izvršenje svake instrukcije podeljeno je na odgovarajući broj koraka, odnosno aktivnosti. Za svaki od koraka u gornjem delu ekrana (oblast 1) crvenom bojom se označavaju linije puteva podataka koji se koriste kod posmatrane instrukcije u tom koraku, a istovremeno se u donjem delu ekrana (oblast 4) prikazuju detaljna objašnjenja za dati korak. U donjem delu se takođe prikazuje deo tabele sa vrednostima upravljačkih signala za izabranu instrukciju, kao i odgovarajući format i dejstvo instrukcije. U svakom trenutku možemo se vratiti korak unazad ili izabrati

objašnjenje za neki element ili upravljački signal i opet nastaviti simulaciju. Na slici 5 možemo videti izgled ekrana kad se odabere tj. pokrene simulacija za ADD instrukciju. U prvom koraku se registri rs i rt čitaju iz polja registara, tako da možemo da vidimo da su na šemi crvenom bojom obojeni registri rs i rt, odnosno ulazi Ra i Rb u polje registara (kako bismo pročitali vrednosti rs i

rt). Istovremeno u donjem delu ekrana prikazane su vrednosti svih upravljačkih signala za instrukciju ADD, odgovarajući format instrukcije ADD (tzv. R format) i njeno dejstvo, kao i tekst koji opisuje prvi korak, odnosno prvu aktivnost koju je potrebno izvršiti kako bi se obavila instrukcija ADD.

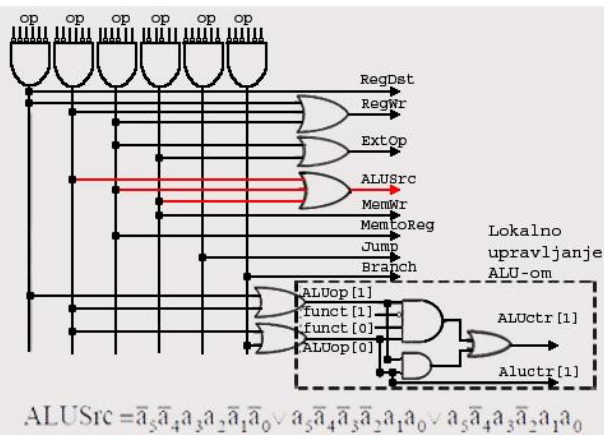


Slika 3. Objasnjenje elementa „polje registara“

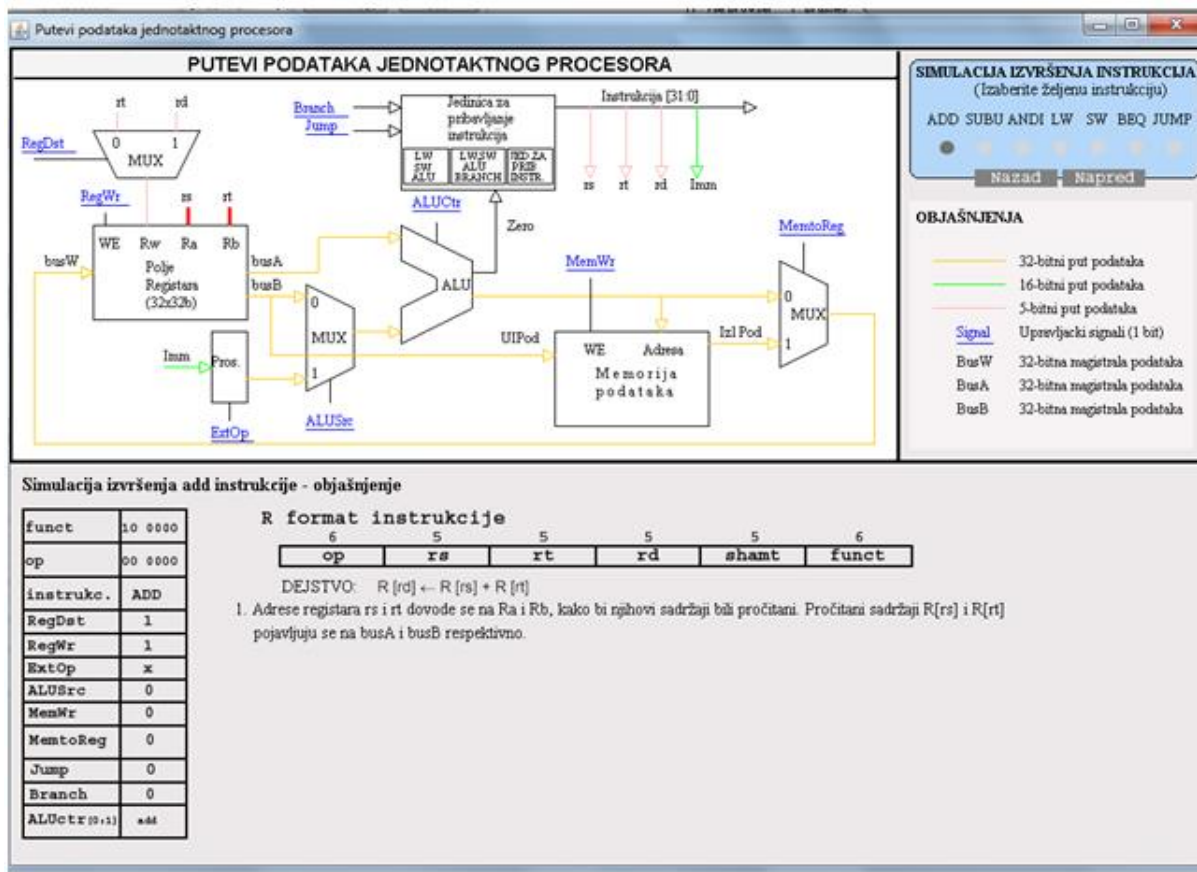
Upravljački signal ALUSrc

Upravljački signal ALUSrc služi za biranje podataka koji se vodi na donji ulaz ALU-a. Ima vrednost 0 kod onih instrukcija gde je drugi operand rt, a vrednost 1 kod onih instrukcija gde je drugi operand prošireno polje immediate.

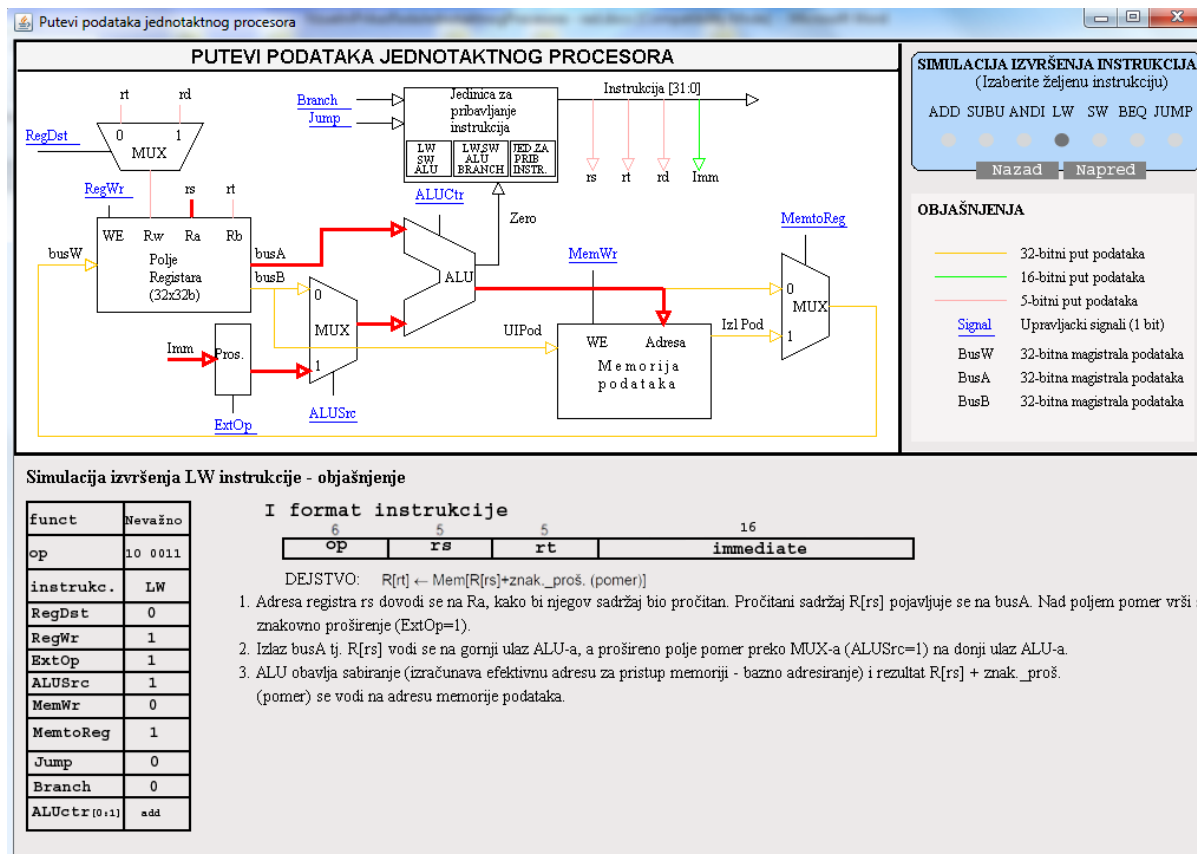
funct	10 0000	10 0011					
op	00 0000	00 0000	00 0000	10 0011	10 1011	00 0100	00 0010
instrukc.	ADD.	SUBU.	ANDI	LW	SW	BEQ	J
RegDst	1	1	0	0	x	x	x
RegWr	1	1	1	1	0	0	0
ExtOp	x	x	0	1	1	x	x
ALUSrc	0	0	1	1	1	0	x
MemWr	0	0	0	0	1	0	0
MemtoReg	0	0	0	1	x	x	x
Jump	0	0	0	0	0	0	1
Branch	0	0	0	0	0	1	0
ALUctr	add	sub2	and	add	add	sub1	x



Slika4. Objasnjenje upravljackog signala ALUSrc



Slika 5. Simulacija izvršenja instrukcije ADD – stanje nakon 1. koraka



Slika 6. Simulacija izvršenja instrukcije LW – stanje nakon 3. koraka

Obzirom da je instrukcija LW jedna od najsloženijih u odabranom skupu instrukcija, u daljem tekstu ćemo prikazati niz koraka, odnosno aktivnosti od kojih se sastoji izvršenje ove instrukcije.

1. Adresa registra rs dovodi se na Ra, kako bi njegov sadržaj bio pročitani. Pročitani sadržaj R[rs] pojavljuje se na busA. Nad poljem pom vrši se znakovno proširenje (ExtOp=1).
2. Izlaz busA tj. R[rs] vodi se na gornji ulaz ALU-a, a prošireno polje pom preko MUX-a (AluSrc=1) na donji ulaz ALU-a.
3. ALU obavlja sabiranje (izračunava efektivnu adresu za pristup memoriji – bazno adresiranje) i rezultat R[rs]+znak._proš.(pom) se vodi na adresu memorije podataka.
4. Na izlazu IzIPod pojavljuje se pročitani podatak iz memorije i vodi se na ulaz 1 MUX-a. Pošto je MemToReg=1, pročitani podatak se prosleđuje na busW.
5. Pošto je RegDst=0, na ulaz Rw se dovodi adresa rt. RegWr=1 pa se podatak koji je pročitani iz memorije upisuje u registar rt.

Zbog nedostatka prostora nismo u mogućnosti da prikažemo slikama sve korake izvršenja instrukcije LW. Na slici 6 prikazan je izgled ekrana aplikacije nakon izvršenja 3. koraka. Korisnik lako može da pređe na naredni korak ili da se vrati na prethodni korak klikom na dugme 'Napred' ili 'Nazad' (u oblasti 2). Na ovaj način olakšano je shvatanje suštine i detalja izvršenja svake instrukcije jednodaktnog procesora.

4. ZAKLJUČAK

Postoji veći broj radova koji potvrđuju zainteresovanost studenata da gradivo savladavaju uz pomoć računara, kao i odgovarajuću efikasnost ovakvog pristupa. U ovom radu opisali smo računarsku aplikaciju koju smo razvili, za vizuelni prikaz rada jednodaktnog procesora, koji se proučava na Elektronskom fakultetu u Nišu, u okviru modula za Računarstvo i informatiku, iz predmeta Arhitektura i organizacija računara. Aplikacija vizuelno prikazuje puteve podataka jednodaktnog procesora, omogućuje prikaz detalja za svaki hardverski element i upravljački signal na šemi i daje detaljan prikaz svih 7 instrukcija koje jednodaktni procesor može da izvrši.

Autori se nadaju da će korišćenje ove aplikacije studentima omogućiti lakše razumevanje načina rada jednodaktnog procesora.

ZAHVALNICA

Istraživanja izložena u ovom radu su delimično finansirana od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, u okviru projekta TR-32012 – *Inteligentni kabinet za fizikalnu medicinu*.

LITERATURA

- [1] M. J. Eppler, "A comparison between concept maps, mind maps, conceptual diagrams, and visual metaphors as complementary tools for knowledge construction and sharing." *Information visualization*, Vol.5, No. 3, 2006. pp. 202-210.
- [2] M. Krzywicka, D. Dobrowolski, J. Grudzinski, "Application of Tools for Creating Maps of Knowledge in Teaching Material Science to Students of University of Life Sciences", *Annales UMCS Informatica*, Vol. 15, No. 1, 2015, pp. 16-20.
- [3] Z. R. Mevarech, Y. Rich, "Effects of Computer-Assisted Mathematics Instruction on Disadvantaged Pupils' Cognitive and Affective Development", *The Journal of Educational Research*, Vol. 79, No. 1, 1985, pp. 5-11.
- [4] J. M. Randel, B. A. Morris, C. D. Wetzel, B. V. Whitehill, "The effectiveness of games for educational purposes: a review of recent research", *Simulation and Gaming*, Vol. 23, No. 3, 1992, pp. 261–276.
- [5] M. A. Roubidoux, C. M. Chapman, M. E. Piontek, "Development and evaluation of an interactive web-based breast imaging game for medical students", *Academic Radiology*, Vol. 9, Issue 10, 2002, pp. 1169–1178.
- [6] J. A. Betz, "Computer games: Increase learning in an interactive multidisciplinary environment", *Journal of Educational technology systems*, Vol. 24, No. 2, 1995-96, pp. 195-205.
- [7] Y. Daineko, V. Dmitriyev, M. Ipalakova, "Using virtual laboratories in teaching natural sciences: An example of physics courses in university", *Computer Applications in Engineering Education*, 2016, pp. 1-9.
- [8] N. Milenković, "Arhitektura i organizacija računara", Elektronski fakultet, Niš, 2004.

VIZUELNI PRIKAZ RADA PROTOČNOG PROCESORA

VISUAL DISPLAY OF PIPELINED PROCESSOR'S INSTRUCTION EXECUTION

Nemanja Petrašinović¹, Vladimir Stanković¹

Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet, Aleksandra Medvedeva 14, 18000 Niš, Srbija¹

Sadržaj – Postoji veći broj istraživanja koja pokazuju da studenti mnogo više vole da koriste računare prilikom učenja odnosno savladavanja gradiva u odnosu na klasično učenje, kao i da je takav način učenja često efikasniji. U ovom radu prikazan je opis računarske aplikacije za vizuelni prikaz rada protočnog procesora, koji se proučava u okviru većine studijskih programa na modulima za Računarstvo i informatiku, iz predmeta Arhitektura i organizacija računara.

Abstract – There are many studies, which show that students are much more fond of using personal computers when studying, compared to studying in the classical way. These studies also show that this type of studying is often more efficient. This paper presents a description of a computer application for a visual display of pipelined processor's instruction execution. Studying a pipelined processor is part of many curricula that contain Computer Science modules, within the subject Computer architecture and organization.

1. UVOD

Svedoci smo ekspanzije razvoja računarstva po pitanju mnogih kriterijuma, između ostalog i po pitanju broja korisnika računara, mobilnih telefona, raznih 'pametnih' uređaja. Današnji prosečan čovek ne može ni da zamisli svoj život bez korišćenja ovakvih uređaja. Oni su potpuno ušli u živote pre svega mladih ljudi, a ni starije generacije ne zaostaju previše. Pritom se razni pametni uređaji sve više koriste u profesionalne svrhe, odnosno kao pomoć u profesionalnom radu. Samim tim logično je da i studenti žele da koriste slične uređaje u procesu učenja, odnosno savladavanja gradiva. Postoji veći broj istraživanja koja pokazuju da studenti više vole da uče uz pomoć računara, u odnosu na klasično učenje, kao i da učenje uz pomoć računara daje bolje rezultate. Recimo, u radu [1] je dat podatak da su dve trećine studenata za crtanje konceptualnih mapa koristile softver, dok je samo jedna trećina koristila papirnu verziju. U radu [2], koji se bavi korišćenjem IT alata za podučavanje kursa iz Materijala, iznet je podatak da 76% studenata smatra da korišćenje IT tehnologija povećava atraktivnost kursa, dok 75% studenata preferira da o karakteristikama raznih materijala uči uz pomoć računarskih programa. U radu [3] razmatra se uticaj korišćenja računara na podučavanje matematike kod dece sa smetnjama u razvoju u trećem, četvrtom i petom razredu osnovne škole. Rezultati pokazuju da su, u sva tri posmatrana razreda, deca koja su koristila računar imala veće ocene u odnosu na decu podučavanu na klasičan način. Proučavana je i upotreba računarskih igara

– u [4] je pokazano da računarske igre pozitivno utiču na savladavanje gradiva i to najviše kod predmeta poput matematike, fizike i jezika, dok su slabiji rezultati postignuti kod socijalnih predmeta, biologije i logike. U [5] je pokazano da korišćenje softvera za simulaciju odnosno grafički prikaz grudi pomaže studentima medicine – preko 70% studenata smatra da bi sličan softver bio pogodan i za ostale predmete/aktivnosti, dok bi 74% studenata softver preporučilo ostalim studentima. U [6] je obavljeno poređenje dve grupe studenata, jedne (eksperimentalne) koja je koristila klasično učenje u kombinaciji sa korišćenjem računara i druge (kontrolne) koja je učila samo klasično – eksperimentalna je u proseku imala 10 poena više. Pritom su studenti eksperimentalne grupe, popunjavajući anketu, rekli da su više vremena provodili koristeći računar (82% njih), više su uživali u računarskom simulatoru (91%), njihov prvi izbor u budućnosti, za slične stvari, biće računar (82%), a takođe su izjavili i da im je korišćenje računara pomoglo da razumeju ono što su pročitali (91%). Konačno, u [7] se proučava korišćenje virtualne laboratorije za podučavanje fizike. Studenti su, nakon kursa, takođe učestvovali u anketi, gde su davali odgovore koristeći skalu od 1 do 5. Rezultati ankete pokazuju da je 80% ili više studenata dalo ocenu 4 ili 5 na pitanja koja se tiču evaluacije realističnosti eksperimenata, lakoće rada u virtualnoj laboratoriji, stepena korisnosti virtualne laboratorije, stepena dobijene pomoći u boljem razumevanju gradiva, kao i stepena (povećanog) interesovanja da fiziku uče uz pomoć virtualne laboratorije.

Imajući u vidu rezultate iz navedenih istraživanja, pokušali smo da olakšamo savladavanje gradiva o protočnom procesoru, koji je predmet kurseva iz Arhitekture i organizacije računara na mnogim studijskim programima, kako u svetu, tako i kod nas [8, 9]. Razvili smo računarsku aplikaciju koja vizuelno prikazuje izvršavanje instrukcija na protočnom procesoru. Pritom je naglasak stavljen na dva osnovna načina razrešavanja hazarda podataka: umetanje zastoja i premošćavanje, kao i na dve osnovne strategije rukovanja grananjima: pretpostavka da će se grananje obaviti odnosno da se neće obaviti. U nastavku ovog rada, u drugom odeljku ćemo ukratko dati osnovne karakteristike razmatranog protočnog procesora, dok ćemo u trećem opisati pomenutu aplikaciju. Četvrti odeljak sadrži zaključak.

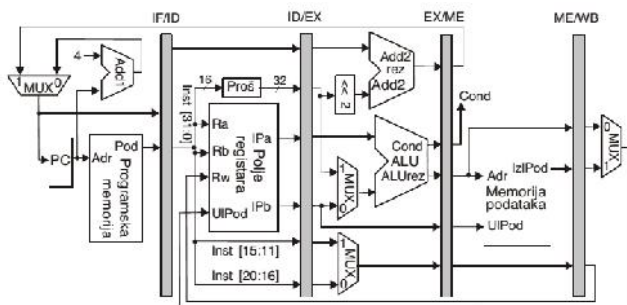
2. PROTOČNI PROCESOR

Protočna organizacija procesora je oblik implementacije procesora kod kojeg se preklapa izvršenje više instrukcija.

Logičke (a i hardverske) celine koje izvršavaju pojedinačne faze protočne obrade nazivaju se stepenima protočnog procesora.

Svaku instrukciju možemo raščlaniti na pet faza (ovo je samo jedan od mogućih odnosno postojećih načina):

1. Pribavljanje instrukcije (**IF** – Instruction Fetch)
2. Dekodiranje instrukcije i pribavljanje operandata (**ID** – Instruction Decode)
3. Izvršenje instrukcije (**EX** - EXecute)
4. Obračanje memoriji podataka (**ME** – MEmory access)
5. Upis rezultata u određeni registar (**WB** – Write Back)



Slika 1. Putevi podataka protočnog procesora sa pridodatim programskom memorijom i memorijom podataka

Svaka od 5 faza traje po jedan takti ciklus procesora. Svakoj fazi je pridružen odgovarajući stepen procesora, u kome se obavljaju neophodne aktivnosti. Pritom su stepeni međusobno razdvojeni tzv. protočnim registrima, koji prihvataju podatke iz prethodnog stepena i šalju podatke sledećem stepenu. Registre jednostavno označavamo imenima stepena između kojih se nalaze (IF/ID, ID/EX, EX/ME i ME/WB). Na slici 1 (koja je preuzeta iz [9]) prikazan je izgled razmatranog protočnog procesora. U pitanju je hipotetički procesor, po uzoru na familiju procesora MIPS, koji je u stanju da izvrši samo 6 tipova instrukcija, ali koje zapravo predstavljaju suštinu onoga što MIPS procesor može. Instrukcije koje je moguće izvršiti, kao i njihova dejstva su:

1. ADD Ri, Rj, Rk $R_i \leftarrow R_j + R_k$
2. SUBU Ri, Rj, Rk $R_i \leftarrow R_j - R_k$
3. ANDI Ri, Rj, #imm $R_i \leftarrow R_j \text{ AND } imm$
4. LW Ri, pom(Rj) $R_i \leftarrow Mem[R_j + pom]$
5. SW Ri, pom(Rj) $Mem[R_j + pom] \leftarrow R_i$
6. BEQ Ri, Rj, pom $\text{if } (R_i = R_j) \text{ PC} \leftarrow PC + (pom \ll 2)$
else $\text{PC} \leftarrow PC + 4$

Kod instrukcija 3. do 6. vrši se odgovarajuće proširenje (nulama ili znakovno) polja *imm* odnosno *pom* pre izvođenja odgovarajuće operacije kako bi operandi bili iste dužine. Recimo, svi registri su 32-bitni, a polje *imm* je 16-bitno. Zbog toga se pre izvođenja logičke I operacije vrši proširenje nulama polja *imm* (dodavanjem 16 nula na mestu najveće težine) kako bi oba operanda bila dužine 32b. Slična je situacija i po pitanju polja *pom*, stim što se u ovom slučaju vrši znakovno proširenje. Kod instrukcije BEQ se u slučaju da je uslov grananja ispunjen (registri Ri i Rj imaju istu vrednost) u programski brojač (PC –

Program Counter) upisuje vrednost adrese na koju treba da se obavi grananje, a to je relativna adresa u odnosu na trenutnu vrednost programskog brojača. Obzirom da su sve instrukcije dužine 4B, pre sabiranja se *pom* pomera za 2 pozicije ulevo, što je ekvivalentno množenju sa 4. To praktično znači da polje *pom* pokazuje za koliko instrukcija treba obaviti grananje u odnosu na instrukciju koja je statički sledbenik grananja. Ovo stoga što je u trenutku izvršenja grananja (provera ispunjenja uslova i izračunavanje odredišta grananja se vrši u EX fazi, a sam upis u PC u ME fazi) programski brojač već uvećan za 4 (ovo se automatski vrši u IF fazi), tako da on sadrži adresu instrukcije statičkog sledbenika grananja.

Razmotrimo primer izvršavanja sledeće 2 instrukcije na protočnom procesoru:

```
ADD R1, R2, R3   IF  ID  EX  ME  WB
SUBU R4, R5, R1   IF  ID  EX  ME  WB
```

Prva instrukcija sabira registre R2 i R3 i zbir upisuje u R1, dok druga instrukcija oduzima R5 i R1 i razliku upisuje u R4. Ovde dolazi do problema što druga instrukcija pokušava da pročita sadržaj registra R1 u svojoj ID fazi, dok se nova vrednost R1, odnosno zbir R2+R3, upisuje u WB fazi prve instrukcije. Ako se ovo dozvoli doći će do nekorektnog izvršavanja programa. Ovakva situacija može se jednostavno rešiti umetanjem zastoja – drugoj instrukciji se ne dozvoljava da pročita sadržaj registra R1 i uđe u EX fazu sve dok prva instrukcija ne obavi upis u R1. Drugi, efikasniji način na koji se ovaj problem može rešiti je korišćenje premoščavanja. Naime, nova vrednost R1 je poznata nakon EX faze prve instrukcije, obzirom da se u toj fazi izvršava sabiranje R2 i R3. Ako bi se ta vrednost prosledila drugoj instrukciji pre nego što ona uđe u svoju EX fazu (a to je upravo sledeći takt), uopšte ne mora da se čeka da se zbir R2+R3 upisuje u R1.

Do problema može doći i prilikom izvršenja instrukcije grananja. Instrukcija grananja izračunava adresu odredišta grananja i ishoda uslova grananja. U zavisnosti od ishoda uslova grananja zavisi koja je sledeća instrukcija koja treba da se izvrši nakon grananja. U opštem slučaju može da se desi da se grananje obavlja, odnosno da sledeću treba izvršiti instrukciju na koju se vrši grananje, a da je neka od instrukcija koje predstavljaju statičke sledbenike grananja u međuvremenu, zbog protočnog pribavljanja i izvršenja instrukcija, obavila upis u registarko polje ili memoriju. To bi očigledno predstavljalo neispravno izvršavanje programa. U našem primeru grananjima rukujemo tako što koristimo strategiju predviđanja grananja, gde možemo da predvidimo da će se grananje obaviti ili da se grananje neće obaviti. U prvom slučaju se kod detekcije instrukcije grananja vrši zaustavljanje pribavljanja instrukcija statičkih sledbenika instrukcije grananja, jer očekujemo da se grananje obavi. Kod drugog pristupa se nastavlja sa pribavljanjem instrukcija statičkih sledbenika, jer očekujemo da se grananje neće obaviti. U oba slučaja se mora obezbediti validno izvršavanje programa u situaciji gde je predviđanje bilo pogrešno. Ovo se za slučaj pogrešnog predviđanja da se grananje

neće obaviti svodi na odbacivanje pribavljenih instrukcija, i to pre nego što izvrše upis u memoriju ili polje registara.

3. APLIKACIJA

Razvijena aplikacija ima za cilj da grafički prikaže princip rada protočnog procesora. Na osnovu unetog koda prikazuju se putevi podataka i stanje procesora za svaki takt posebno, po fazama. Prikazana šema odgovara procesoru sa implementiranim dodatnim hardverom za izbegavanje hazarda metodom premošćavanja. Pri startovanju ova opcija je isključena, pa se hazardi podataka otklanjaju metodom umetanja zastoja. U svakom trenutku možemo da pratimo stanja registara, kao i stanja flegova protočnih registara. Posmatranjem puteva podataka i trenutnih stanja protočnog procesora za različite instrukcije, korisnik ima mogućnost da uporedi pristupe u razrešavanju hazarda podataka umetanjem zastoja odnosno premošćavanjem (za isti kod), kao i da uvidi koje su mogućnosti rukovanja grananjima pretpostavkom da se grananja hoće ili neće obaviti.

Za implementaciju aplikacije koristili smo Unity multiplatformski 3D developerski sistem za igrice razvijen od strane kompanije "Unity Technologies". Unity je multiplatformski u smislu da Unity Editor može da eksportuje aplikacije za OS X, Windows, web pretraživače (koristeći Flash, Google Native client, ili Unity browser dodatak), iOS, Android, BlackBerry 10, Samsung TV i igračke konzole. Verzija koju smo koristili je 5.1.1f1. U trenutku implementacije projekat je kompatibilan sa svim verzijama Unity-a 5.

Tekst koda programa može se unositi sa tastature ili kopiranjem teksta koda u odgovarajuće tekstualno polje (v. sliku 2) kombinacijom tastera Ctrl+V. Prilikom unosa teksta editor automatski vrši konverziju malih u velika slova, pa se o tome ne mora voditi računa. Ukoliko je korisnik uneo više uzastopnih znakova razmaka, kompajler ih prepoznaje kao jedan. Isto važi i za novi red.

Na svaku promenu koda, aplikacija vrši automatsko 'kompajliranje'. Ako je kod neispravan, pojavice se ispod editora dugme za prikaz greške. Klikom na ovo dugme pojavljuje se prozor sa prikazom prve greške u kodu.

Ako je kompletan kod ispravan, dugme PLAY (>>) menja boju u zeleno. Klikom na ovo polje pokreće se simulacija izvršenja unetog koda, čime editor, dugmići za premošćavanje, predviđanje grananja, i pojedinačni prikaz instrukcija postaju onemogućeni. To znači da se u toku simulacije ne može menjati kod i mod rada. U svakom taktu se pribavlja sledeća instrukcija i prikazuje slobodnom bojom (onom bojom koja nije iskorišćena za neku drugu instrukciju). Istom bojom će odgovarajuće linije podataka biti obojene u fazi u kojoj se instrukcija trenutno nalazi, odnosno u odgovarajućem protočnom stepenu. Ovaj prikaz obojenih linija je animiran, zbog boljeg pregleda toka podataka u procesoru.

U donjem levom uglu nalazi se dugme za mod premošćavanja (iznad dugmeta za rukovanje grananjima).

Njime biramo da li će premošćavanje biti uključeno ili ne. Početno podešavanje za aplikaciju je isključeno premošćavanje. Na slici 2 vidimo simulaciju umetanja zastoja, gde je, naravno, mod premošćavanja isključen.

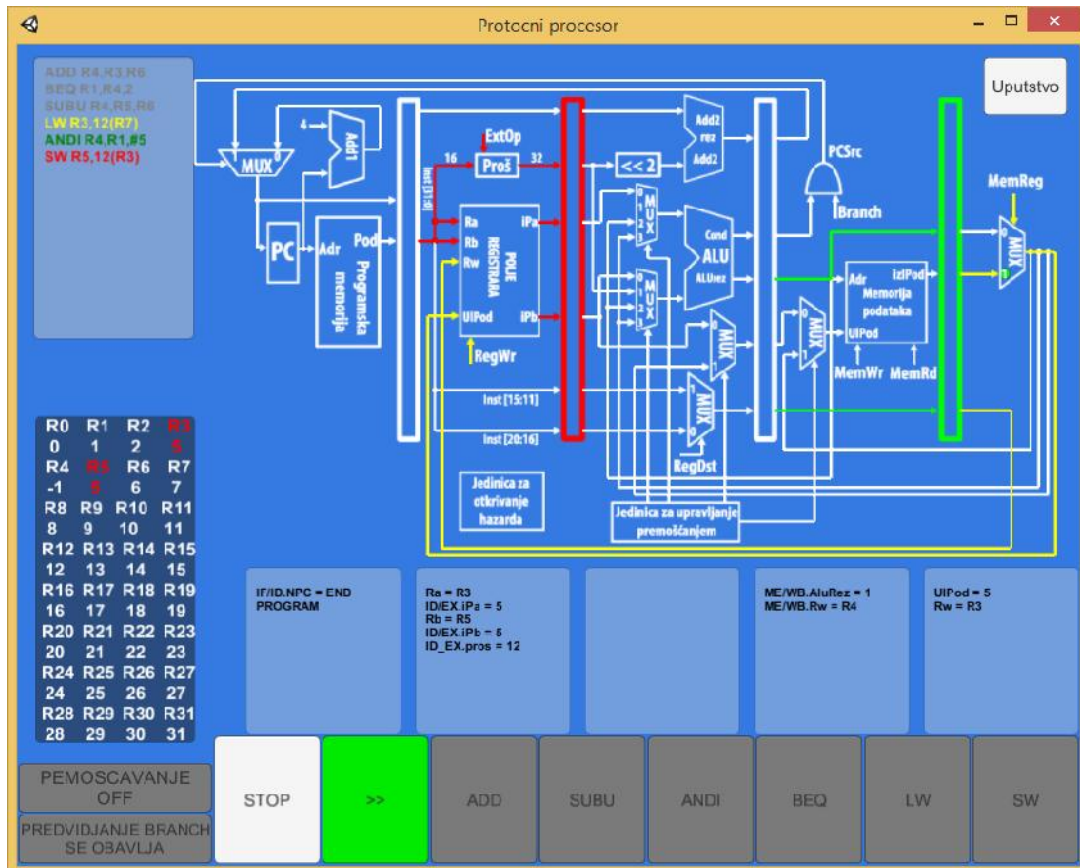
Analizom koda sa slike 2 može se videti da između instrukcija LW i SW postoji zavisnost u odnosu na registar R3 (LW vrši upis u R3, a SW čita sadržaj R3). Zbog toga instrukcija SW mora da sačeka upis instrukcije LW u polje registara (žuta boja), kako bi pročitala ispravan podatak. Ovo se postiže ubacivanjem jednog ciklusa zastoja – kao što možemo videti, EX faza je neaktivna, što znači da instrukciji SW nije dozvoljen ulazak u ovu fazu dok ne pročita ispravan podatak.

U slučaju kada je premošćavanje uključeno, isti deo programa se izvršava bez zastoja. Ovo je moguće, jer postoji linija od izlaza multipleksera u WB stepenu do ulaza multipleksera u EX stepenu. Multiplekser u EX stepenu određuje ulazni parametar za ALU jedinicu. Instrukciji SW je vrednost registra R3 potrebna u EX fazi, i to na gornjem ulazu ALU, pa joj tada može biti dostavljena. Na slici 3 vidimo da je linija za premošćavanje označena crnom bojom, što nam je jasan pokazatelj kada se desilo premošćavanje i iz koje u koju fazu. Ponekada su moguće situacije gde je više linija za premošćavanje aktivno istovremeno.

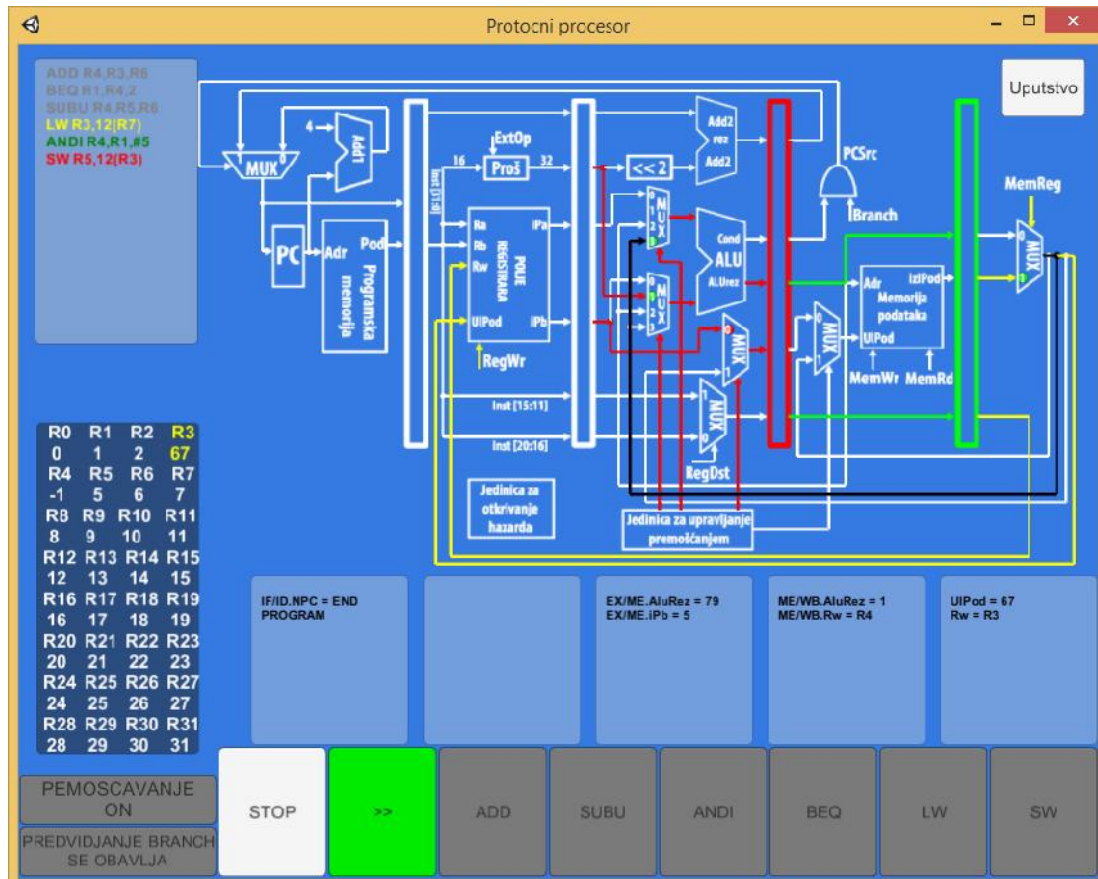
Ispod dugmeta za mod premošćavanja nalazi se dugme za predviđanje grananja. Početno podešavanje za aplikaciju je predviđanje da se grananje obavlja. Kod predviđanja da se grananje obavlja simulacija uvek izgleda isto, bez obzira na to da li se grananje stvarno obavlja ili ne – procesor generiše zastoje koji zaustavljaju pribavljanje instrukcija statičkih sledbenika instrukcije grananja, sve dok se ne utvrdi da li se grananje zaista obavlja ili ne i ne izračuna određište grananja, kao što se može videti na slici 4. Simulacija se nastavlja pribavljanjem instrukcije dinamičkog sledbenika grananja.

Sa druge strane, kod predviđanja da se grananje neće obaviti, imamo dva scenarija. Ako se grananje zaista ne obavlja, simulacija se izvršava bez zastoja, jer smo u toku izvršavanja grananja nastavili da pribavljamo i izvršavamo instrukcije koje su statički sledbenici grananja. Ako grananje ipak treba da se obavi, onda je neophodno iz sistema izbaciti pogrešno pribavljene instrukcije, pribaviti instrukciju određišta grananja i nastaviti sa daljim izvršavanjem.

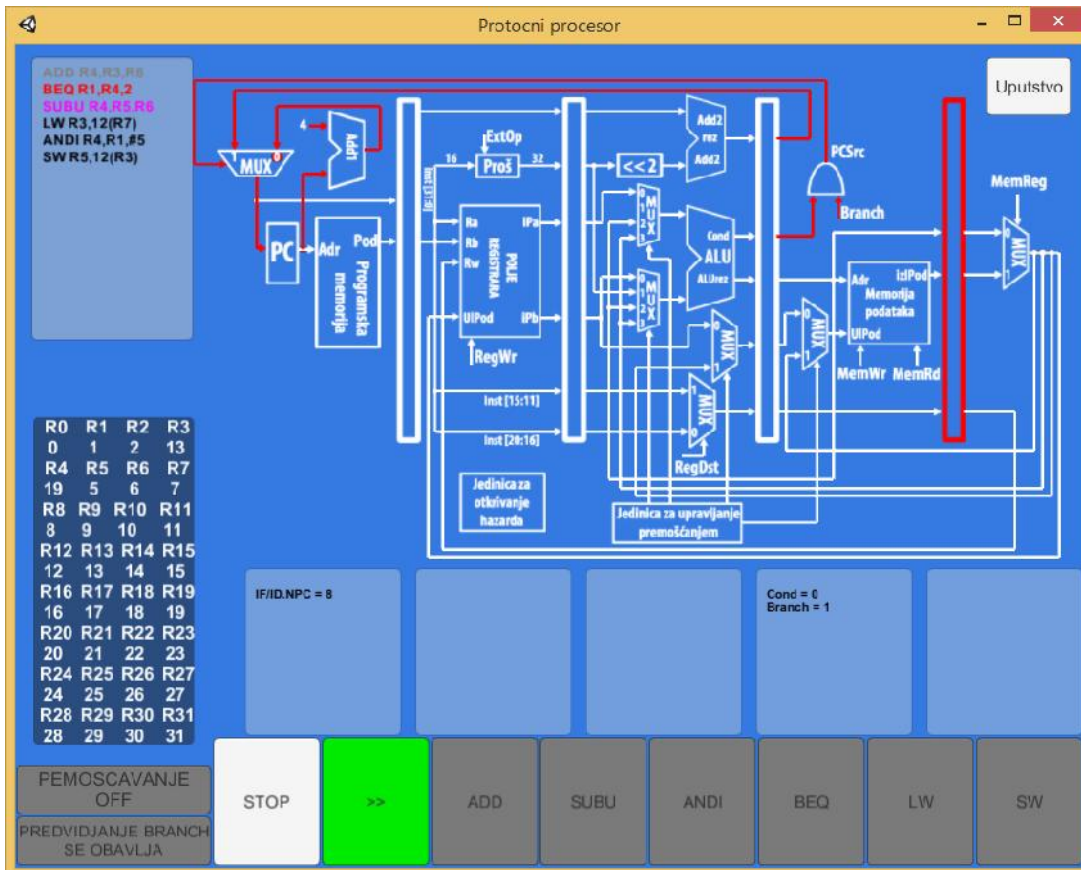
Na slici 4 prikazan je slučaj predviđanja da će se grananje obaviti. Kod posmatranog niza instrukcija, instrukcija SUBU, statički sledbenik grananja, se pribavlja čak i kad je uključen mod za predviđanje da se grananje obavlja. Razlog je to što se još uvek ne zna da se radi o instrukciji grananja, dok se ne obavi njeno dekodiranje (u ID fazi). Nakon toga će instrukcija SUBU biti odbačena, i zaustaviće se pribavljanje narednih instrukcija sve dok se ne izračuna određište grananja. Na slici 4 vidimo da je stopiranje pribavljanja instrukcija napravilo zastoj od tri taktne ciklusa. Takođe možemo da vidimo da je kod



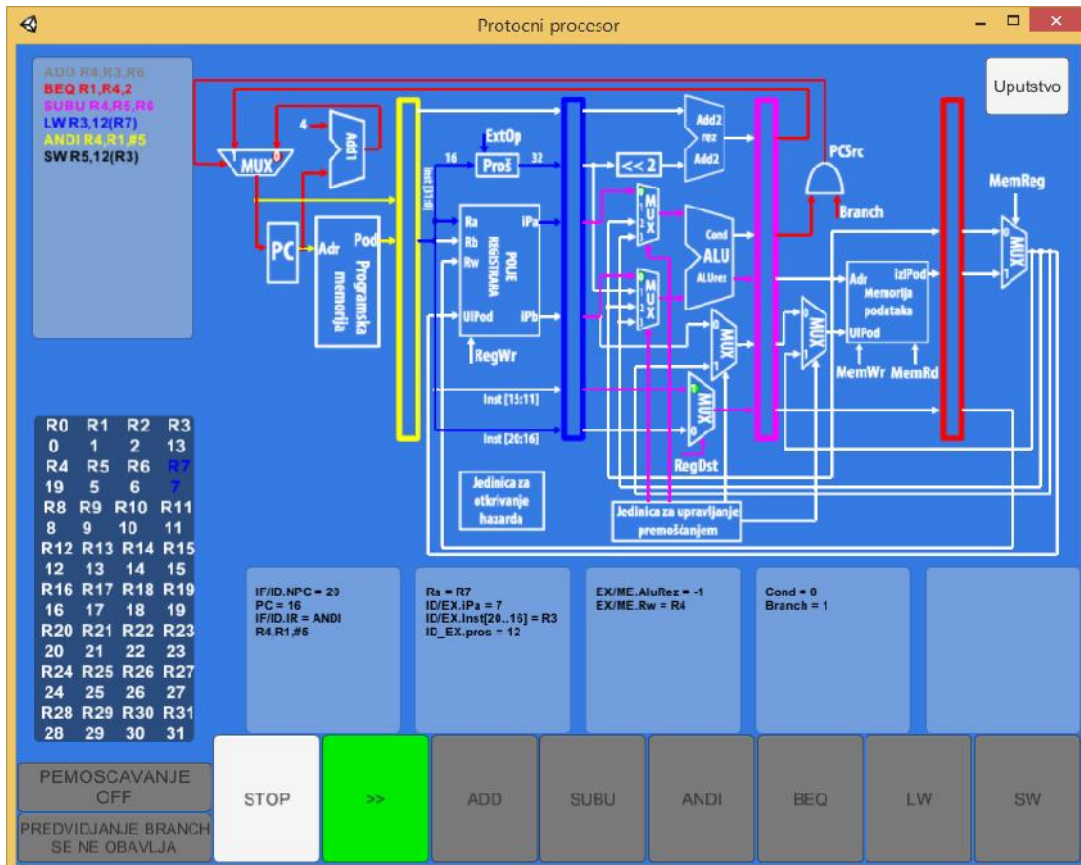
Slika 2. Stanje protočnog procesora nakon umetanja zastoja



Slika 3. Stanje protočnog procesora nakon izbegavanja hazarda metodom premošćavanja



Slika 4. Instrukcija grananja je izračunala određište grananja



Slika 5. Izračunato je određište grananja u modu predviđanja da se grananje ne obavlja

multipleksa u IF stepenu aktivan ulaz 0, što znači da grananje nije obavljeno – u PC (Program Counter) se upisuje PC+4. To znači da će u narednom taktom ciklusu biti pribavljena instrukcija statički sledbenik instrukcije grananja (SUBU). Da se grananje obavilo, bila bi pribavljena instrukcija odredišta grananja (ANDI).

Na slici 5 imamo ekvivalentnu situaciju u kojoj je uključen mod za predviđanje da se grananje neće obaviti. Može se uočiti da su sve instrukcije koje slede instrukciju grananja uredno pribavljene. Tok programa se ne menja, sve instrukcije nastavljaju svoje normalno napredovanje kroz odgovarajuće stepene. U ovom slučaju uslov grananja nije ispunjen, pa samim tim imamo situaciju da je predviđanje bilo uspešno. Program se izvršio bez zastoja, i sledeća instrukcija koja će biti pribavljena je SW. Možemo primetiti da smo u ovom slučaju uštedeli tri taktne ciklusa.

Šta bi se desilo da je uslov grananja bio ispunjen? To bi značilo da su pribavljene instrukcije statički sledbenici grananja nevažne i morale bi se izbaciti iz sistema. U tom slučaju u PC bi bila upisana adresa instrukcije odredišta grananja, a faze IF, ID, EX postale bi 'neaktivne'. Grafički bi ovo izgledalo praktično isto kao što je prikazano na slici 4, tako da ovu situaciju nećemo posebno da prikazujemo slikom zbog nedostatka prostora. Jedina razlika bi se sastojala u tome što bi sada bio aktivan ulaz 1 multipleksa u IF stepenu – u PC se ne bi upisala vrednost PC+4, već adresa instrukcije na koju se vrši grananje (koja je izračunata u EX fazi grananja).

4. ZAKLJUČAK

Postoji veći broj radova koji potvrđuju zainteresovanost studenata da gradivo savladavaju uz pomoć računara, kao i odgovarajuću efikasnost ovakvog pristupa. U ovom radu opisali smo računarsku aplikaciju koju smo razvili, za vizuelni prikaz rada protočnog procesora, koji se proučava u okviru većine studijskih programa na modulima za Računarstvo i informatiku, iz predmeta Arhitektura i organizacija računara. Aplikacija vizuelno prikazuje izvršavanje proizvoljnog niza instrukcija koje korisnik unosi sa tastature, dajući pritom mogućnost izbora postojanja ili nepostojanja hardvera za premošćavanje. Takođe omogućeno je da se grananjima rukuje predviđanjem da hoće ili da neće biti obavljena. Autori se nadaju da će korišćenje ove aplikacije studentima omogućiti lakše razumevanje načina rada protočnih procesora.

ZAHVALNICA

Istraživanja izložena u ovom radu su delimično finansirana od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, u okviru projekta TR-32012 – *Inteligentni kabinet za fizikalnu medicinu*.

LITERATURA

- [1] M. J. Eppler, "A comparison between concept maps, mind maps, conceptual diagrams, and visual metaphors as complementary tools for knowledge construction and sharing." *Information visualization*, Vol.5, No. 3, 2006. pp. 202-210.
- [2] M. Krzywicka, D. Dobrowolski, J. Grudzinski, "Application of Tools for Creating Maps of Knowledge in Teaching Material Science to Students of University of Life Sciences", *Annales UMCS Informatica*, Vol. 15, No. 1, 2015, pp. 16-20.
- [3] Z. R. Mevarech, Y. Rich, "Effects of Computer-Assisted Mathematics Instruction on Disadvantaged Pupils' Cognitive and Affective Development", *The Journal of Educational Research*, Vol. 79, No. 1, 1985, pp. 5-11.
- [4] J. M. Randel, B. A. Morris, C. D. Wetzel, B. V. Whitehill, "The effectiveness of games for educational purposes: a review of recent research", *Simulation and Gaming*, Vol. 23, No. 3, 1992, pp. 261–276.
- [5] M. A. Roubidoux, C. M. Chapman, M. E. Piontek, "Development and evaluation of an interactive web-based breast imaging game for medical students", *Academic Radiology*, Vol. 9, Issue 10, 2002, pp. 1169–1178.
- [6] J. A. Betz, "Computer games: Increase learning in an interactive multidisciplinary environment", *Journal of Educational technology systems*, Vol. 24, No. 2, 1995-96, pp. 195-205.
- [7] Y. Daineko, V. Dmitriyev, M. Ipalakova, "Using virtual laboratories in teaching natural sciences: An example of physics courses in university", *Computer Applications in Engineering Education*, 2016, pp. 1-9.
- [8] D. A. Patterson and J. L. Hennessy, "Computer Organization and Design: The Hardware/Software Interface", 5th Edition, Morgan Kaufmann, 2013.
- [9] N. Milenković, "Arhitektura i organizacija računara", Elektronski fakultet, Niš, 2004.

SISTEM ZA NAVOĐENJE U ZATVORENOM PROSTORU

SYSTEM FOR INDOOR NAVIGATION

Bojan Bogojević¹, Miloš Cvetanović¹, Saša Stojanović¹, Zaharije Radivojević¹
Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu¹

Sadržaj – Problem koji se razmatra u ovom radu je navigacija u zatvorenom prostoru. Zatvoreni prostor nameće niz ograničenja u odnosu na navigaciju na otvorenom prostoru zbog prepreka koje ograničavaju kretanje signala koji se koriste za određivanje pozicije. U radu je predloženo rešenje i prikazana implementacija sistema za navigaciju zasnovana na prepoznavanju postojećih oznaka u posmatranom prostoru. Sistem ima nisku cenu i jednostavan za instalaciju jer ne zahteva dodatne izmene u posmatranom prostoru. Sistem je uspešno testiran na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu, pri čemu su uočeni nedostaci sistema u delovima prostora sa nedovoljnim brojem oznaka.

Abstract – The problem that is considered in this paper is indoor navigation. Indoor navigation poses some limitations in contrast to outdoor navigation due to obstacles that limit propagation of signals used for positioning. The paper proposes solution and presents implementation of the system intended for indoor navigation based on recognition of existing markers inside of buildings. System is low-cost and simple for installation because it doesn't require any modification inside of buildings. The system is tested in School of electrical engineering at Belgrade, when same shortcoming observed in areas with insufficient number of markers.

1. UVOD

Snalaženje u prostoru je svakodnevni problem prisutan u životima mnogih ljudi. Porastom populacije i izgradnjom sve većih naselja, dimenzija problema značajno raste. Zbog toga je snalaženje u velikim gradovima odavno postalo praktično nemoguće bez savremene tehnologije.

Posebnu vrstu problema predstavlja snalaženje u zatvorenom prostoru. Porastom gradova i gustine naseljenosti u gradovima grade se sve kompleksniji objekti. Posebna potreba za snalaženjem u zatvorenom prostoru pojavljuje se u objektima od javnog značaja kao što su zgrade različitih državnih institucija sa velikim brojem kancelarija, veliki tržni centri sa mnogobrojnim poslovnim prostorima, hoteli sa velikim brojem soba i drugi. Poseban izazov za snalaženje u takvim objektima postavljaju savremena arhitektonska rešenja, kada objekti imaju nestandardan oblik i nepravilnu strukturu.

Problem snalaženja u zatvorenom prostoru podrazumeva da je poznata struktura posmatranog prostora i njegove karakteristike. Da bi se pomoglo osobi koja se snalazi u zatvorenom prostoru potrebno je odrediti poziciju osobe unutar prostora, zatim pronaći putanju od trenutne do ciljane pozicije. Pronađena putanja se koristi za vizuelno navođenje ili za neki drugi oblik navođenja.

U ovom radu je opisan jedan sistem za navođenje u zatvorenom prostoru. Sistem je zasnovan na oznakama koje se postavljaju na pozicijama od interesa. Za

navođenje do cilja se koristi mobilni uređaj sa kamerom i aplikacijom koja prepoznaje oznake i na osnovu mape objekta sa ucrtanim oznakama upućuje korisnika ka željenom cilju.

Ostatak rada organizovan je na sledeći način. U drugoj glavi dat je pregled postojećih rešenja. U trećoj glavi je opisan problem i dat predlog rešenja na globalnom nivou. Četvrta glava opisuje implementacione detalje, dok je u petoj glavi prikazana evaluacija implementiranog sistema. U glavi šest dat je zaključak.

2. PREGLED POSTOJEĆIH REŠENJA

Postojeća rešenja zahtevaju postojanje informacija o zatvorenom prostoru i njegovim karakteristikama. Informacije mogu da budu dostupne u obliku 2D, 2.5D i 3D mape uz odgovarajući prateći sadržaj koji opisuje karakteristike prostora. Informacije u obliku 2D mapa su skice objekata sa ucrtanim ili označenim prolazima i preprekama. Ovakav oblik mape je dovoljan za prostore koji imaju samo jedan nivo. Za slučaj prostora sa više nivoa moguće je koristiti varijaciju 2D mapa u kojoj se za svaki nivo pamti posebna mapa zajedno sa informacijama o njihovom relativnom odnosu i mogućnostima kretanja između njih. Opisana struktura predstavlja 2.5D mapu. Druga mogućnost za slučaj prostora sa više nivoa je upotreba namenski razvijanih 3D modela. Ovakvi modeli se mogu koristiti i za prostore sa samo jednim spratom kod kojih je bitna 3D pozicija u prostoru.

Određivanje trenutne pozicije u prostoru može da bude zasnovano na analizi slike, merenju spoljnih fizičkih signala, merenju parametara kretanja i kombinovanjem prethodnog. Analiza slike se koristi za prepoznavanje različitih oblika u prostoru u kojem se osoba nalazi ili za prepoznavanje osobe ili osoba u prostoru u kojem se one nalaze. Merenjem spoljašnjeg signala moguće je odrediti slabljenje i kašnjenje signala sa različitih izvora i na taj način se pozicionirati u odnosu na izvore čija pozicija i/ili orijentacija su poznati. Merenje parametara kretanja i uparivanje putanje kretanja sa mapom prostora takođe može biti izvor informacije o trenutnoj poziciji osobe. Kako bi se poboljšao kvalitet pozicioniranja pojedinih rešenja u određenim situacijama može se koristiti fuzija više izvora.

Upotrebom kamere i odgovarajućih algoritama za prepoznavanje oblika moguće je prepoznati oblike u prostoru i na osnovu toga zaključiti trenutnu poziciju osobe, kao i odnose između oblika u prostoru. Za prepoznavanje su najjednostavniji oblici koji imaju pravilnu strukturu, poput različitih 1D i 2D kodova. Za prepoznavanje su pogodne i projekcije oblika na veliku ravnu površinu, najčešće na plafonu. Za prepoznavanje mogu da se koriste i već postojeće oznake poput rednih brojeva na vratima kancelarija, učionica itd. Kao oblici koji mogu da se prepoznaju mogu da budu i jedinstvene karakteristike prostora poput rasporeda uglova, ivica,

vrata, prozora, hodnika i drugih arhitekturnih elemenata. Dobra strana oznaka zasnovanih na kodovima je to što se relativno jeftino može dobiti proizvoljan broj oznaka i što ih je moguće prepoznati i standardnim aplikacijama. Takođe, oznake sa kodovima mogu i da nose dodatne informacije, kao i da budu dopuna postojećim oznakama u drugom obliku. Ipak, za pripremu oznaka potrebno je uložiti dodatni trud i materijal, pri čemu se originalni izgled prostora remeti postavljenim oznakama. Primeri sistema zasnovani na oznakama sa kodom opisani su u sledećim radovima [1, 2, 3]. Dobra strana sa oznakama koje se projektuju na veliku ravnu površinu je što su lako uočljive i u slučaju gužve, i što ne zahtevaju da osoba bude blizu oznake. Ovakav vid označavanja je posebno pogodan u velikim prostorijama. Međutim, za označavanje je potreban dodatni hardver koji je potrebno instalirati tako da projektuje oznake na odgovarajuću površinu. Primer takvog sistema opisan je u sledeće radu [4]. Upotreba postojećih oznaka, poput brojeva kancelarija, ne zahteva nikakve dodatne izmene posmatranog prostora. Međutim, broj i pozicija ovakvih oznaka su ograničeni i u nekim slučajevima nisu dovoljni. Upotrebom i drugih karakteristika prostora mogu da se ublaže nedostaci upotrebe postojećih oznaka. Nedostatak opisanog pristupa se ogleda u potrebi da određeni delovi prostora stalno budu vidljivi, što u određenim slučajevima nije moguće. Drugi nedostatak je u prostorima koji imaju regularnu strukturu, gde se određeni arhitektonski elementi pojavljuju u istom odnosu na više različitih mesta. Primer upotrebe karakteristika prostora prikazan je u radu [5].

Kamera se koristi i u sistemima zasnovanim na stereoviziji, kada se dve ili više kamera postavi u posmatrani prostor i na osnovu većeg broja slika sa različitih kamera određuje pozicija u prostoru. Primena ovog sistema uslovljena je prepoznavanjem osoba i slanjem uputstava prepoznatoj osobi i zato najčešće nalazi primenu u robotici. Primer upotrebe stereovizije opisan je u radu [6].

Pozicioniranje u zatvorenom prostoru moguće je i merenjem različitih signala iz okruženja. Izvori tih signala mogu da budu unutar posmatranog prostora, ali isto tako i signali koji dolaze spolja. Signali mogu da budu u obliku zvuka, svetla, RF signala, kao i signala WiFi i drugih bežičnih mreža. Od spoljnih signala mogu da se koriste GSM i GPS signal, kao i merenje magnetnog polja. Zvuk se najčešće koristi u obliku ultrazvuka kako bi se odredila udaljenost od izvora do odredišta, što može biti korišćeno i za određivanje udaljenosti od prepreke. Za pozicioniranje može da se koristi više sinhronizovanih izvora zvuka čije pozicije u prostoru su poznate. Mana ovakvog pristupa je što zahteva veliki broj izvora i pretežno je namenjeno za manje prostore. Primer ovakvog sistema opisan je u radu [7]. Upotreba svetla za određivanje pozicije je pogodna u prostorima sa veštačkim osvetljenjem, gdje je rasveta postavljena tako da čini prepoznatljiv obrazac. Nedostatak ovakvih sistema je u prostorima u koje ulazi i dnevno svetlo koje varira tokom dana. Primer ovakvog sistema opisan je u radu [8]. RF signali se često koriste za grubo određivanje pozicije, kada je bitno saznati da je osoba u blizini neke pozicije u prostoru sa koje se emituje signal. Ovakvi sistemi se često

koriste u muzejima i drugim sličnim institucijama za označavanje pojedinih sala i ekspanata. Zbog niskog nivoa signala potreban je veliki broj izvora ukoliko je potrebno postići bolju preciznost pozicioniranja u većem prostoru. Jedan takav sistem opisan je u radu [9]. Za pozicioniranje se mogu koristiti i drugi izvori elektromagnetnog zračenja poput pristupnih tačaka mreža za bežičnu komunikaciju. Za ove potrebe može da bude iskorišćena postojeća bežična infrastruktura. Dva najčešća pristupa su spoljna triangulacija na osnovu kašnjenja signala od različitih pristupnih tačaka i merenje slabljenja signala od pojedinih pristupnih tačaka i poređenja sa ranije izmerenim vrednostima zapisanim na mapi. Nedostatak ovakvih sistema je nepostojanje servisa kod operatera i slaba preciznost koju postiže standardna oprema. Takođe, pokretni objekti i osobe mogu da utiču na prostiranje signala čime se unosi dodatna greška u proces pozicioniranja. Primeri ovakvih sistema opisani su u radu [10]. Posebna grupa sistema zasnovana na emitovanju elektromagnetnog zračenja su sistemi sa triangulacijom na samom uređaju (GPS i GNSS). Ovi sistemi mogu da imaju veliku preciznost, ali zahtevaju sofisticiranu opremu u vidu većeg broja sinhronizovanih izvora signala koji mogu da budu postavljeni unutar posmatranog prostora ukoliko signal sa satelita nije dostupan. Mogućnosti primene ovakvih sistema prikazane su u radu [11]. Za orijentisanje u zatvorenom prostoru može da pomogne i postojeće magnetno polje. S obzirom na to da već postoji magnetno polje zemlje, za određivanje orijentacije nije potreban dodatni hardver u posmatranom prostoru. Ipak, ovakav pristup se teško može koristiti samostalno za određivanje pozicije, pa se koristi u sprezi sa nekim drugim pristupom. Analiza mogućnosti primene magnetnog polja na određivanje pozicije prikazana je u radu [12].

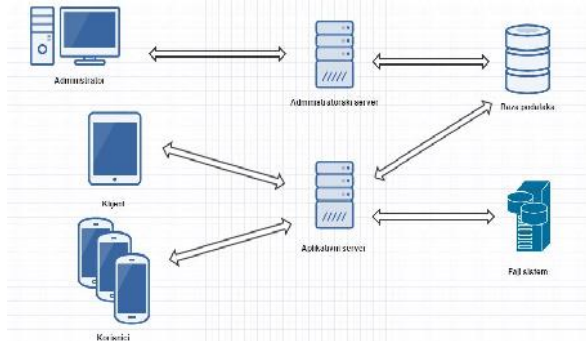
Određivanje pozicije u prostoru moguće je i merenjem parametara kretanja poput brzine i ubrzanja. Za određivanje brzine i smera kretanja moguće je koristiti senzore poput senzora za merenje ubrzanja i žiroskopa, kao i ekstrakciju brzine i smera kretanja iz sekvence slika. Polazeći od poznate početne pozicije na osnovu merenja parametara moguće je odrediti trenutnu poziciju. Mana ovakvog pristupa jeste akumulacija greške tokom vremena. Kako bi se akumulirana greška ispravila koriste se i karakteristike prostora poput poznatih pozicija zidova, prolaza, liftova, stepeništa i drugih arhitekturnih elemenata koji ograničavaju i usmeravaju kretanje. Primeri ovakvih sistema prikazani su u radovima [13, 14]. Kako bi se eliminisale loše strane pojedinih tehnika i povećala preciznost u nekim slučajevima se kombinuje veći broj pristupa za pozicioniranje. Tako se magnetno polje često koristi u sprezi sa drugim tehnikama koje ne mogu da odrede orijentaciju, poput triangulacije. Drugi primer je upotreba kamere za fino pozicioniranje zajedno sa nekim drugim pristupom koji grubo određuje poziciju u prostoru. Primeri takvih pristupa opisani su u sledećim radovima [13, 15].

3. OPIS PROBLEMA I PREDLOG REŠENJA

U ovom radu posmatra se problem navigacije osoba u zatvorenom prostoru. Pretpostavka je da u posmatranom

prostoru nisu dostupni globalni signali za pozicioniranje. U nekim delovima prostora ne postoji signal za bežično povezivanje i nije ga moguće obezbediti. Prostor se nalazi u objektu od istorijskog značaja pa u nekim delovima nije dozvoljeno narušavati autentičan izgled. U prostoru postoji veći broj delova sa istim rasporedom arhitektonskih elemenata. Takođe, u prostoru se očekuje prisustvo većeg broja osoba koje mogu da zaklone određene arhitektonske elemente.

Jedan od mogućih pristupa koji je u skladu sa navedenim ograničenjima je pozicioniranje na osnovu postojećih oznaka jer na svakom vratima već postoji redni broj prostorije. Kao rešenje u ovom radu predložen je sistem zasnovan na aplikaciji za mobilni uređaj koja može da dohvati mapu sa informacijama o oznakama i pozicijama oznaka i da koristeći kameru pozicionira korisnika na mapi i usmeri ga ka željenom cilju. Sastavni deo rešenja je i pomoćna aplikacija koja omogućava kreiranje i uređivanje opisa prostora. Rešenje je namenjeno za upotrebu u više različitih objekata od strane različitih nezavisnih korisnika pa je bilo potrebno obezbediti upravljanje pravima pristupa resursima u sistemu. Na slici 1. prikazana je struktura sistema koji se sastoji od 3 aplikacije: klijentska Android aplikacija za unos i izmenu opisa prostora, korisnička Android aplikacija za pozicioniranje i navođenje i administratorska aplikacija za upravljanje pravima pristupa. Kako bi pomenute aplikacije mogle da funkcionišu razvijen je serverski sloj koji vodi računa o čuvanju i pristupu podacima.



Slika 1. Struktura sistema.

Klijentska aplikacija je implementirana za Android platformu. Ova aplikacija omogućava dodavanje novog prostora, zgrade. U zgradi klijent dodaje nivoe, crta prolaze kojima korisnik može da se kreće, dodaje oznake, sobe i stepenice.

Korisnička aplikacija je takođe implementirana za Android platformu i koristi biblioteku za prepoznavanje oznaka koje su definisane klijentskom aplikacijom i koje se nalaze na serveru. Korisnik može da izabere prostoriju do koje želi da dođe. Kada prepoznata oznaku, na ekranu se pojavljuje strelica koja korisniku pokazuje put kojim treba dalje da se kreće.

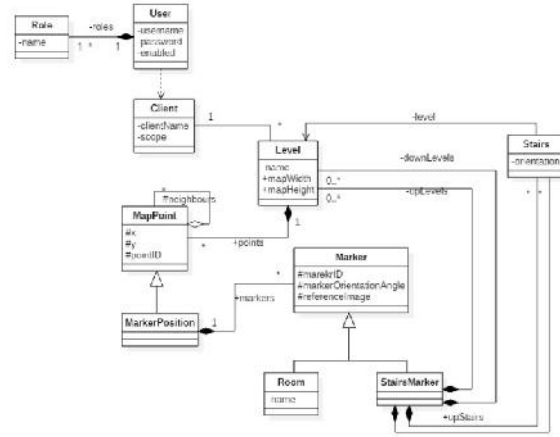
Administratorska aplikacija je implementirana kao veb aplikacija i omogućava upravljanje različitim korisnicima prostora u kojima se radi navigacija. Zajedno sa administratorskom aplikacijom implementiran je i serverski sloj aplikacije. Serverski sloj je zadužen za čuvanje slika i za održavanje baze podataka, gde se čuvaju informacije o svim nivoima i njihovim mapama, oznakama, stepenicama, kao i putanjama kojima korisnik

može da se kreće. Serverski sloj je implementiran u programskom jeziku Java.

4. IMPLEMENTACIJA REŠENJA

Serverski sloj sa administratorskom aplikacijom je pisan u Javi 1.8. Biblioteka koja je korišćena za konfigurisanje aplikacije je Spring Boot. Maven je korišćen kao sistem za verzionisanje svih biblioteka. Da bi se pokrenula aplikacija na serveru, potrebno je instalirati Tomcat koji služi za pokretanje Java veb aplikacija. Spring security, baziran na OAuth 2.0 tehnologiji koristi se za pristup serveru. Hibernate je korišćen da bi povezao MySQL bazu sa Java aplikacijom upotrebom ORM tehnologije (objektno relaciono mapiranje podataka). Baza podataka može jednostavno da se menja, jer je implementiran Flyway, sistem koji olakšava inicijalizovanje i verzionisanje migracionih skripti.

Na Slici 2. predstavljen je UML dijagram klasa entiteta koje se koriste za mapiranje tabela baze podataka. Ono što nije navedeno na dijagramu, jeste da svaka klasa proširuje klasu BaseEntity, koja ima dva polja id i version.



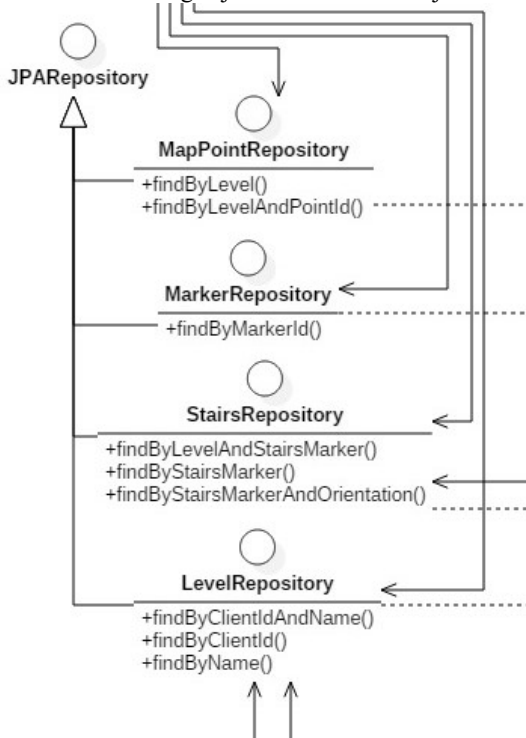
Slika 2. Dijagram klasa entiteta.

Za svaki prostor zadužen je jedan klijent. Svaki prostor se sastoji od jednog ili više nivoa, pri čemu između nivoa postoje stepenice kojima je moguće preći sa jednog nivoa na drugi. Na svakom nivou postoji skup oznaka (markera). Oznake se koriste za obeležavanje specifičnih pozicija koje će korisnici potencijalno želeći da pronađu ili mogu da predstavljaju kraj stepenica, čime se označava mogućnost da se sa te pozicije nivoa pređe na odgovarajuću poziciju nekog drugog nivoa. Svaka oznaka ima svoju tačnu poziciju na nivou na kojem se nalazi, orijentaciju u odnosu na mapu, izraženu kao ugao u odnosu na mapu, izražen u radijanima u opsegu $0..Pi$ i sliku koja se pamti u zasebnoj datoteci i koja se koristi od strane sistema za prepoznavanje oznake.

Dodatne informacije o susedstvu oznaka zapisane su u tabeli suseda (neighbours). Ukoliko između dve oznake postoji put, a da na tom putu ne postoji nijedna druga oznaka, smatra se da su pomenute dve oznake susedne. Ta informacija se koristi kako bi se pronašao put između trenutne pozicije osobe i željene ciljane pozicije. Da bi se pojednostavila implementacija algoritma za pronalaženje

puta, svake dve oznake su navedene dva puta, za svaki smer po jednom.

Sistem je implementiran tako da se svi opisi prostora sa pripadajućim slikama nalaze na serveru. Iz korisničke aplikacije se kroz interfejs repozitorijuma, prikazan na Slici 3., dohvataju potrebne informacije o mapama nivoa i oznakama. Tako je obezbeđeno da jedna aplikacija može da se koristi za navigaciju u više različitih objekata.



Slika 3. Interfejsi repozitorijuma za pristup podacima o mapama.

Algoritam pretrage najkraćeg puta se sastoji iz dva koraka. Prvi korak je pronalaženje bar jednog proizvoljnog puta od trenutne pozicije korisnika do zadate ciljane pozicije. Drugi korak je pronalaženje puta koji je kraći od trenutno najkraćeg, s tim što se uzima da je inicijalno najkraći put onaj koji je pronađen u prvom koraku. Za oba koraka koristi se stek mehanizam za pamćenje pređenog puta, a svaka posećena pozicija se označava, da bismo kasnije mogli da znamo koje susedne pozicije su već posećene a koje ne.

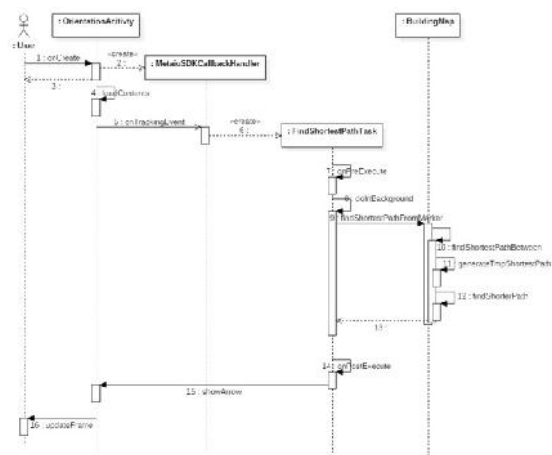
Ukoliko je ciljna pozicija na istom nivou kao i startna pozicija, onda će se tražiti samo jedna potencijalna putanja između tih pozicija. Ukoliko je ciljna pozicija na nekom drugom nivou, onda se traže sve stepenice kojima može da se sa tekućeg nivoa stigne do nivoa na kom se nalazi određište. Ukoliko se pronađe više stepenica kojima se stiže do traženog nivoa, algoritam se ponavlja za sve stepenice, tražeći put od trenutne pozicije do početka stepenica i od kraja stepenica do ciljane pozicije. Na kraju se od svih pronađenih putanja bira najkraća. Pri traženju putanje do stepenica, početak stepenica se posmatra kao privremeni cilj. Pri traženju putanje od stepenica do ciljane pozicije, kraj stepenica se posmatra kao privremena početna pozicija.

Prvi korak algoritma počinje stavljanjem startne pozicije na stek i označavanjem da je ta pozicija već posećena. Od

svih neposećenih susednih pozicija, za sledeću se bira ona koja je vazdušnom linijom najbliža ciljnoj poziciji. Odabrana pozicija se dodaje na stek i označava posećenom. Dalje se ponavlja prethodno opisani izbor sledeće pozicije, dodavanje te pozicije na stek i označavanje pozicije posećenom. Ako se u nekom trenutku desi da za poziciju na vrhu steka ne postoji nijedna neposećena susedna pozicija, to znači da je algoritam došao u ćorsokak, pa se algoritam vraća jedan korak u nazad skidanjem jedne pozicije sa vrha steka. Potom se vraća na korak sa izborom sledeće pozicije za poziciju na vrhu steka. Algoritam se završava uspehom ukoliko se u nekom trenutku dođe do ciljane pozicije. U tom slučaju, nađena putanja je zapisana na steku. Ukoliko u nekom trenutku stek postane prazan, algoritam je završen sa neuspehom. Zbog toga, pri unosu mape jednim nivoom se smatra samo onaj deo nivoa koji je potpuno povezan. Ukoliko u nekoj zgradi postoje na jednom nivou dva odvojena dela između kojih ne postoji putanja, ta dva dela treba uneti kao dva nezavisna nivoa. Opisani prvi korak predstavlja pretragu grafa po algoritmu best first. Susedni čvorovi su uređeni po vazdušnoj udaljenosti od određišta, pri čemu se prvi posećuje onaj sa najmanjom udaljenosti od cilja.

Na početku drugog koraka imamo pun stek na kom se nalaze pozicije koje predstavljaju put pronađen u prethodnom koraku. Svaka posećena pozicija pored informacije da je posećena ima i informaciju o dužini puta koji je pređen do nje. Sa steka se skidaju posećene pozicije i obilaze redom sve neposećene susedne, počevši od onih koji su vazdušnom linijom najbliži određištu. Ukoliko je pređeni put do te posećene pozicije duži od najkraćeg pređenog puta, odustaje se od te pozicije i ona se skida sa steka. Ovo se ponavlja dok se ne skine sa steka i poslednja tačka tačka.

Metaio je *augmented reality* okruženje koje omogućava prikaz trodimenzionalnih objekata u realnom prostoru. U ovom radu je korišćena mogućnost prepoznavanja 2D objekata. Prilikom startovanja aplikacije učitavaju se svi mogući 2D objekti (slike oznaka). Na osnovu toga koju oznaku je Metaio prepoznao, računa se najkraći put i prikazuje se strelica koja upućuje korisnika ka cilju.



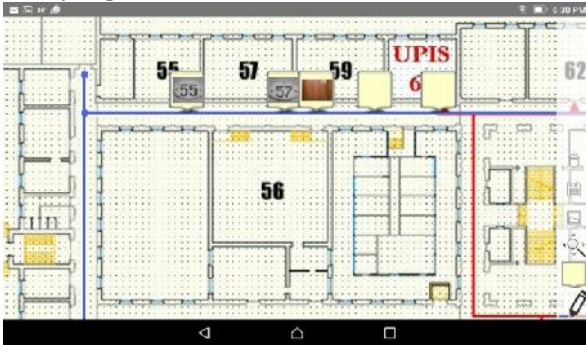
Slika 4. Dijagram sekvence za slučaj upotrebe navođenja korisnika.

Na Slici 4. prikazan je dijagram sekvence koji opisuje tok događaja za osnovnu funkcionalnost korisničke aplikacije. Nakon što Metaio prepozna oznaku, u zasebnoj niti se pokreće traženje putanje do ciljne pozicije. Kada se pretraga uspešno završi, preko oznake se prikazuje strelica.

5. EVALUACIJA REŠENJA

Objekat može da ima više nivoa. Za svaki nivo se dodaje posebna mapa i na mapi se označavaju karakteristične pozicije na kojima se u objektu nalaze oznake. Na mapi se takođe označavaju i stepenice između nivoa unutar objekta.

Na Slici 5. prikazan je ekran za uređivanje mape nivoa. Sa desne strane nalazi se meni sa opcijama, a na ostatku ekrana je prikazana mapa prekrivena mrežom tačaka po kojima može da se crta i da se dodaju oznake. Moguće je crtati hodnike, dodavati i menjati oznake, vratiti se u režim za repozicioniranje, sačuvati izmene i obrisati sadržaj mape.

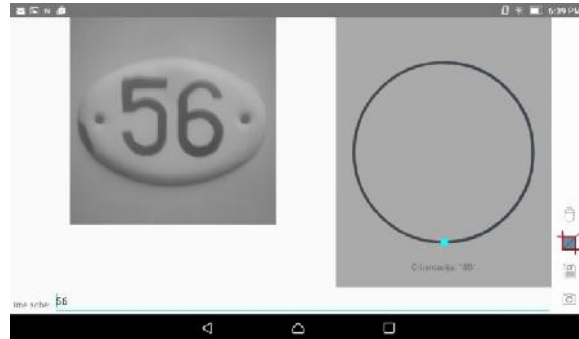


Slika 5. Ekran klijentske aplikacije za uređivanje mape nivoa.

Prva opcija u meniju služi za crtanje hodnika, odnosno linija kuda korisnici mogu da se kreću. Postoje dve podopcije, jedna je za crtanje početne pozicije, a druga za crtanje krajnje pozicije hodnika. Krajnja pozicija može da bude ukoliko je prethodno uneta početna, ili da se nadoveže na prethodnu krajnju poziciju.

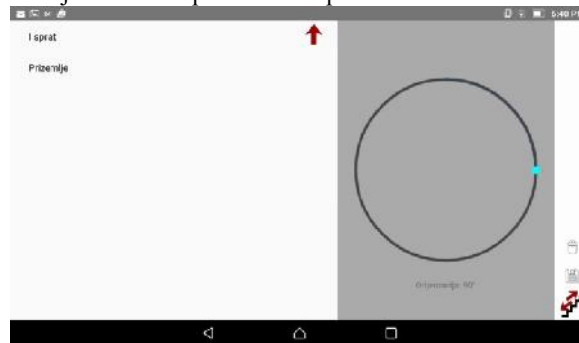
Jedna od opcija je vezana za oznake. Ona ima u sebi podopcije: režim za dodavanje oznake na mapu i za označavanje i izmenu oznake. Nakon označavanja opcije za dodavanje oznake, treba odabrati poziciju ili pozicije koje se nalaze na hodnicima na mapi. Da bi se odabrala precizna lokacija na hodniku, prilikom svakog dodira ekrana se pojavljuje vertikalna i horizontalna linija. Nakon odabira opcije za označavanje oznaka, treba odabrati oznaku. Nakon toga, oznaka poplavi i pojavi se dijalog za potvrdu da može da se pređe na ekran za dodavanje oznake.

Kada se klikne na oznaku ili na alat za dodavanje nove oznake, prikaže se ekran kao na Slici 6. Sa desne strane definišemo orijentaciju u stepenima. Uz oznaku je potrebno dodati i sliku. Slika se dobija fotografisanjem oznake u objektu kako bi se zadržali svi odsjaji koji postoje. Slika treba da bude kvadratnog oblika i nema potrebe da bude u boji, jer Metaio radi prepoznavanje samo na osnovu kontrasta. U donjem delu može da se navede naziv i opis oznake.



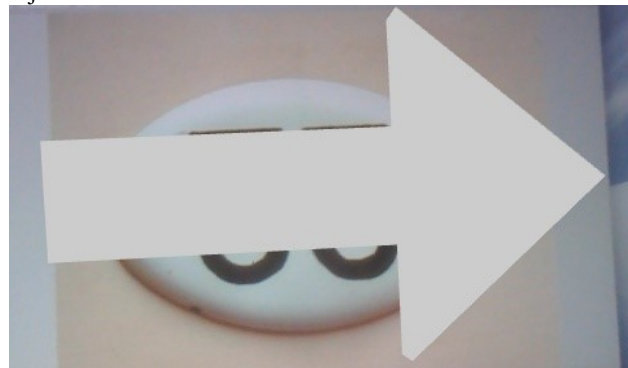
Slika 6. Ekran za dodavanje i izmenu oznake.

Pri dodavanju i izmeni stepenica, sa desne strane se takođe definiše orijentacija stepenica, a sa leve strane se nalazi spisak svih definisanih nivoa, što je prikazano na Slici 7. U meniju je na raspolaganju opcija za izmenu pozicije nivoa u odnosu na stepenice. Za stepenice se navode nivoi do kojih se može doći uz stepenice i nivoi do kojih se može spustiti niz stepenice.



Slika 7. Ekran za dodavanje i izmenu stepenica.

Po pokretanju aplikacije Metaio inicijalizuje slike svih oznaka. Nakon što korisnik unese ciljnu poziciju, aplikacija pokušava da prepozna oznaku. Analizira se svaka slika u sekvenci i po prepoznavanju oznake sa sličnošću većom od praga koji je postavljen na 90%, traži se putanja od te oznake do ciljne. Ukoliko se putanja pronađe, korisniku se prikazuje strelica koja pokazuje put kojim treba da se kreće da bi došao do odredišta.



Slika 8. Ekran korisničke aplikacije sa prepoznatom oznakom i prikazanom strelicom.

Sistem je testiran na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu. Na Slici 8. je prikazan slučaj kada je korisnička aplikacija prepoznala oznaku učionice 55. Učionica 65 je odredište, a ona se nalazi niz hodnik desno od učionice 55. Zato se na ekranu pojavljuje strelica koja

pokazuje korisniku da treba da ide desno da bi došao do cilja.

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu razvijen je sistem namenjen rešavanju problema navigacije osoba u zatvorenom prostoru, odnosno objektu. Sistem je zasnovan na prepoznavanju postojećih oznaka raspoređenih u objektu za potrebe određivanja pozicije korisnika. Pozicija korisnika se koreliše sa mapom koja sadrži lokacije oznaka i moguće putanje u objektu.

Sistem se sastoji od četiri komponente. Administratorska aplikacija namenjena je upravljanju korisnicima. Klijentska aplikacija omogućava opisivanje objekta. Korisnička aplikacija kojom se upotrebom augmented reality korisniku pokazuje putanja do odredišta. Serverska komponenta namenjena je integraciji prethodne tri aplikacije. Ovako konfigurisan sistem uspešno je testiran na primeru Elektrotehničkog fakulteta. Tom prilikom je kao glavni nedostatak uočeno da je navigacije otežana na mestima gde se putanje ukrštaju a ne postoje oznake. Nedostatak oznaka je uočen i na stepeništu pa korisnik nema jasnu informaciju na kom nivou treba da napusti stepenište.

Pored direktnog otklanjanja uočenih nedostataka sistema dodavanjem novih oznaka, sistem može biti unapređen proširivanjem saveta koji se korisniku daju. Pored prostog davanja smera kretanja kada korisnik kameru usmeri ka oznaci moguće je korisniku prikazati putanju do sledeće oznake na putanju ili niz uputstava koji savetuju korisnika kako da se ponaša na pozicijama na kojima dolazi do ukrštanja puta. Pored izmena u obliku uputstava koja se prikazuju korisniku sistem može da bude unapređen praćenjem kretanja korisnika između oznaka korišćenjem nekog od senzora koji su praktično postali standardni delovi savremenih mobilnih uređaja. Jedna mogućnost je da se kontinualnom analizom slika sa kamere ekstrahuju informacije o kretanju korisnika. Informacije o kretanju korisnika mogu biti rekonstruisane i iz očitavanja senzora za merenje ubrzanja, žiroskopa i senzora za merenje magnetnog polja zemlje.

NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Rad na ovom projektu je delimično bio finansiran od strane Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije (III44009 i TR32047). Autori zahvaljuju na finansijskoj podršci.

LITERATURA

- [1] Mautz, R. and Tilch, S. "Survey of optical indoor positioning systems" International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation, IEEE, pp. 1-7, 2011.
- [2] Robinson, S., Pearson, J. S., and Jones, M. "A billion signposts: Repurposing barcodes for indoor navigation" In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, ACM, pp. 639-642, 2014.
- [3] Jang, S. H. "A QR code-based indoor navigation system using augmented reality", In GIScience–Seventh

International Conference on Geographic Information Science, pp. 5-17, USA, 2012.

[4] Köhler, M., Patel, S., Summet, J., Stuntebeck E. and G. Abowed "TrackSense: Infrastructure Free Precise Indoor Positioning Using Projected Patterns", Pervasive Computing, LNCS, Vol. 4480, pp. 334-350, 2007.

[5] Hile, H. and Borriello, G. "Positioning and orientation in indoor environments using camera phones", IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 28, No. 4, pp 32-39, 2008.

[6] Muñoz-Salinas, R., Aguirre, E., and García-Silvente, M. "People detection and tracking using stereo vision and color", Image and Vision Computing, Vol. 25, No. 6, pp 995-1007, 2007.

[7] Minami, M., Fukuju, Y., Hirasawa, K., Yokoyama, S., Mizumachi, M., Morikawa, H., Aoyama, T. "Dolphin: A practical approach for implementing a fully distributed indoor ultrasonic positioning system", Ubicomp, pp 347–365, 2004.

[8] Kuo, Y. S., Pannuto, P., Hsiao, K. J., and Dutta, P. "Luxapose: Indoor positioning with mobile phones and visible light", In Proceedings of the 20th annual international conference on Mobile computing and networking, ACM, pp. 447-458, 2014.

[9] Ni, L. M., Liu, Y., Lau, Y. C., and Patil, A. P. "LANDMARC: indoor location sensing using active RFID", Wireless networks, Vol. 10, No. 6, pp 701-710, 2004.

[10] Gu, Y., Lo, A., and Niemegeers, I. "A survey of indoor positioning systems for wireless personal networks", IEEE Communications surveys & tutorials, Vol. 11, No. 1., pp 13-32, 2009.

[11] Van Diggelen, F., and Abraham, C. "Indoor GPS technology", CTIA Wireless-Agenda, Dallas, 2001.

[12] Li, B., Gallagher, T., Dempster, A. G., and Rizos, C. "How feasible is the use of magnetic field alone for indoor positioning? ", International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), IEEE, pp. 1-9, 2012.

[13] Collin, J., Mezentsev, O., and Lachapelle, G. "Indoor positioning system using accelerometry and high accuracy heading sensors", In Proc. of ION GPS/GNSS 2003 Conference, pp. 9-12, 2003.

[14] Gusenbauer, D., Isert, C., & Krösche, J. "Self-contained indoor positioning on off-the-shelf mobile devices", International conference on Indoor positioning and indoor navigation (IPIN), IEEE, pp. 1-9, 2010.

[15] Gerstweiler, G., Vonach, E., and Kaufmann, H. "Hymotrack: A mobile AR navigation system for complex indoor environments", Sensors, Vol. 16, No. 1, pp 17., 2015.

PRIMENA OPEN SOURCE GIS ALGORITAMA ZA PRORAČUN PADA TERENA PRI KARTIRANJU EROZIJE

APPLICATION OF OPEN SOURCE GIS ALGORITHMS FOR THE CALCULATION OF THE SLOPE FOR EROSION MAPPING

Urošević Marko¹, Nikola Zlatanović¹, Aleksandar Drobnjak¹, Milutin Stefanović¹
Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi", Zavod za zaštitu od bujica i erozije

Sadržaj – Karta erozije je važan dokument, jer jasno identifikuje površine koje, sa aspekta ugroženosti od erozije, predstavljaju eroziona i potencijalno eroziona područja. Primenom matematičkih algoritama za proračun pada terena, koji su raspoloživi u okviru GIS softverskih paketa, proces izrade karte erozije može biti ubrzan. U ovom radu predstavljeni su matematički algoritmi za proračun pada terena u svrhu proračuna koeficijenta erozije Z, primenom na primeru sliva reke Mrtvice, u istočnoj Srbiji. Kao rezultat dat je uporedni prikaz primenjenih algoritama.

Abstract - Erosion map presents an important document by which we can determine erosion areas. By applying mathematical algorithms, using some of GIS software for the calculation of the slope, this process can be accelerated. This paper presents a mathematical algorithms for the calculation of the slope in order to calculate the coefficient of erosion Z, using Erosion Potential method in the case of the Mrtvica River watershed. As a result a comparative review of applied algorithms is given.

1. UVOD

Postoje mnogobrojni modeli koji su razvijani kako bi se predviđali procesi u prirodi, kao što su erozija zemljišta i kretanje nanosa. Efikasnost takvih modela se znatno povećava integrisanjem sa GIS paketima (Geographic Information Systems) [1].

Jednačina za proračun erozije zemljišta koja se najčešće koristi u Srbiji je Metoda potencijala erozije [2]. Jedan od četiri ulazna parametara, u jednačini za proračun potencijala erozije, pored načina korišćenja zemljišta, uočenog procesa erozije i otpornosti zemljišta, jeste i pad terena izražen u procentima. Proračun pada terena se uglavnom određuje primenom topografskih karti razmere 1:25.000. Ovakav način određivanja pada zahteva mnogo vremena. Primenom raspoloživih GIS paketa, potrebno vreme za proračun koeficijenta erozije se značajno skraćuje.

U GIS okruženju najefikasniji način za određivanje pada terena je pomoću matematičkih algoritama, gde se kao ulazni parametar za proračun koristi digitalni model terena - DEM (Digital Elevation Model). U ovom radu korišćen je DEM rezolucije 90 x 60 m, na kojem je primenjeno šest algoritama za proračun pada terena. Korišćena su dva open source GIS paketa, QGIS i SAGA-GIS, na primeru sliva reke Mrtvice.

Cilj ovog rada je da prikaže da li je opravdano koristiti algoritme i DEM za proračun pada terena, umesto topografskih karata, u svrhu proračuna koeficijenta erozije Z i izrade karte erozije.

2. METODOLOGIJA

Erozija podrazumeva promene na zemljištu, usled dejstva prirodnih faktora (kiše, snega, vetra, temperaturnih razlika, tekuće vode) i antropogenih (ljudskih) faktora.

Pocedura istraživanja je prvo obuhvatila izradu karte erozije primenom Metoda potencijala erozije.

Metod potencijala erozije definiše koeficijent erozije Z, kao numerički kvalitativno – kvantitativni koeficijent erozionih procesa [3]. Metoda je bazirana na utvrđivanju stanja i interakcije erozije, reljefnih karakteristika područja i osnovnih klimatskih karakteristika.

Vrednost koeficijenta Z se izračunava po sledećoj formuli[3]:

$$Z = Y \cdot X \cdot a \cdot (\varphi + \sqrt{I_{sr}}) \quad (1)$$

gde su: Y – koeficijent otpora zemljišta na eroziju, X_a – koeficijent načina iskorišćavanja zemljišta, I_{sr} – srednji pad površine terena (%), φ – koeficijent uočenog procesa erozije.

Na osnovu vrednosti koeficijenta erozije, vrši se kvalitativna podela erozije u pet kategorija, prema definisanim rasponima vrednosti koeficijenta erozije Z. Rasponi vrednosti koeficijenta erozije pojedinih kategorija erozije [4] prikazani su u tabeli 1.

Kategorija erozije		Raspon vrednosti koeficijenta Z	Srednja vrednost koeficijenta Z
I	EKSCESIVNA	Z > 1,0	1,25
II	JAKA	0,71 < Z < 1,0	0,85
III	SREDNJA	0,41 < Z < 0,7	0,55
IV	SLABA	0,20 < Z < 0,40	0,30
V	VRLO SLABA	Z < 0,19	0,10

Tabela 1. Klasifikacija kategorije erozije prema koeficijentu erozije Z

Za izradu karte erozije potrebne su sledeće podloge: topografske, pedološke, geološke i ortofoto snimci terena. Sve navedene podloge se prevode u digitalni oblik pogodan za dalju obradu i analizu u QGIS softverskom paketu.

Poligoni dobijeni vektorizovanjem ortofoto snimaka predstavljaju osnovne površine za koje se računa srednji pad terena kao i koeficijent erozije Z primenom jednačine (1).

Proračuna koeficijenta erozije Z se vrši pomoću alatke Field calculator koja se nalazi unutar QGIS softvera. Nakon toga pristupa se klasifikaciji kategorija erozije, takođe pomoću alatke Field calculator, i proračunu srednje vrednosti koeficijent Z za analizirano područje. Klasifikacija se vrši prema tabeli 1. u odgovarajuće kategorije erozije. Tako dobijene vrednosti kategorija erozije se kartografski prikazuju kao karta erozije.

Koeficijent erozije Z koji je dobijen korišćenjem topografske karte za proračunu pada terena predstavlja referentni rezultat. U odnosu na referentni rezultat će se upoređivati rezultati koeficijent erozije Z dobijeni korišćenjem DEM u proračunu pada terena, primenom matematičkih algoritama.

2.1 Istražno područje

Za ovo istraživanje izabran je sliv reke Mrtvice. Sliv ove reke, pripada slivu Grabovičkog polja, u istočnoj Srbiji (slika 2).



Slika 1. Pregledna situacija sliva reke Mrtvice

Ovo je relativno kratak tok, koji se na osnovu reljefa može podeliti na dva dela. Gornji deo sliva koji je strm, i ravničarski deo koji počinje sa dolaskom toka u Grabovičkog polje.

Površina sliva reke Mrtvice iznosi 9.7 km^2 , najveća dužina toka 7.4 km , srednji pad toka iznosi 4.3% , maksimalna visina sliva 373 mnm i minimalna visina sliva 45 mnm .

Zbog raznolikosti reljefa ovakav sliv je odgovarajući za ovu analizu.

2.2 Korišćene podloga

Za posmatrani sliv reke Mrtvice, korišćena je topografska karta Vojnogeografskog instituta razmere $1:25.000$.

DEM koji je korišćen je SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), za teritoriju Republike Srbije.

SRTM je internacionalni poduhvat predvođen NASA-om, tokom kojeg je snimljen digitalni model terena širom sveta putem modifikovanog radarskog sistema montiranog na spejs šatl [5].

U ovom radu korišćene su i pedološke i geološke karte, razvijene u Institutu za proučavanja zemljišta u periodu od 1958. do 1982. godine.

Korišćeni su i ortofoto snimci razmere $1:5.000$, pomoću kojih je izvršeno kartiranje načina korišćenja zemljišta u slivu reke Mrtvice.

2.3 Korišćen softver

Izrada karte erozije i proračun koeficijenta erozije Z , izvršeni su primenom geografskog informacionog sistema QGIS. QGIS je GIS softver otvorenog koda (open source), koja omogućava pregled, uređivanje, i analizu geopodataka[6].

Proračun pada terena izvršen je takođe pomoću QGIS softvera, ali korišćenjem matematičkih algoritama koji se nalaze u SAGA-GIS softveru.

SAGA GIS (System for Automated Geoscientific Analyses) je besplatan geografski informacioni sistem otvorenog koda za editovanje, obradu i analizu prostornih podataka [7].

QGIS softver poseduje dodatak (plugin) koji mu omogućava da koristi algoritme koje sadrži SAGA-GIS softver. Naziv tog dodatka je Processing, a koji je pre toga nosio naziv SEXTANTE.

3. PRIMENJENI MATEMATIČKI ALGORITMI

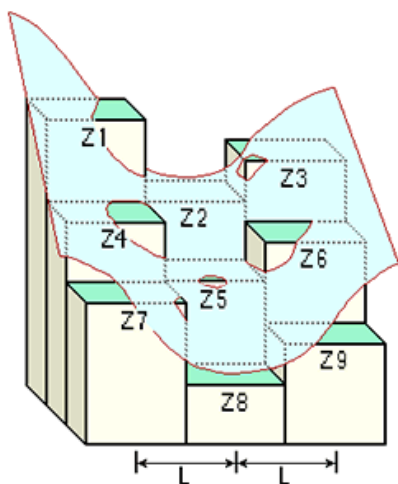
U softverskom paketu SAGA-GIS u odeljku Analiza terena - Morfometrija, nalazi se opcija Slope pomocu koje se računa pad terena.

Spisak korišćenih algoritama za proračun pada terena:

1. Maximum Slope [8]
2. Least Squares Fited Plane [9]
3. 6 parameter 2nd Degree Polynomial Adjustment [10]
4. 9 parameter 2nd Degree Polynomial Adjustment [11]
5. 10 parameter 3rd Degree Polynomial Adjustment [12]
6. Maximum Slope by Triangles [13]

Navedeni algoritmi se mogu podeliti u dve grupe. Prvu grupu (1, 2 i 6) čine algoritmi koji su namenjeni metodama za proračun određivanja pravca slivanja vode. Ove metode podrazumevaju da se tok kreće linijom najvećeg pada.

Drugu grupu (3 i 4) čine polinomni algoritmi, koji srednji pad terena računaju preko centralne ćelije, koristeći najmanje 4 od 8 susednih ćelija, a na osnovu mreže ćelija 3×3 (slika 2.). Algoritam pod rednim brojem 5., je takođe polinomni algoritam, ali razlikuje se od prethodna dva po tome što pad računa koristeći mrežu ćelija 5×5 .



Slika 2. 3 x 3 mreža ćelija rastera

3.1 Detaljniji opis algoritama

Prve četiri algoritma računaju pad kao funkciju pada duž X i Y pravca DEM-a. Pad se može izračunati pomoću sledeće jednačine [14]:

$$S_n = \sqrt{S_x^2 + S_y^2} \quad (2)$$

gde su: S_x i S_y pad u X i Y pravcu, dok se n odnosi na metodu za izvođenje S_x i S_y .

Maximum Slope

$$Z = aX + bY + c + \varepsilon \quad (3)$$

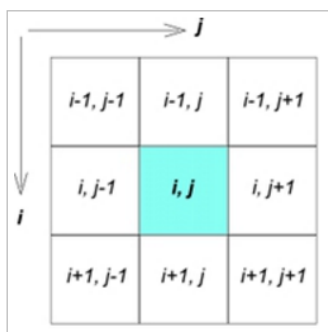
gde su: Z - kota ćelije DEM; X , Y (m) - rastojanja duž koordinata DEM; a , b , c - konstante; ε - greška.

Sledi da su: $S_x=a$ i $S_y=b$

Least Squares Fited Plane

$$S_x = [(Z_{i+1,j+1} + 2Z_{i+1,j} + Z_{i+1,j-1}) - (Z_{i-1,j+1} + 2Z_{i-1,j} + Z_{i-1,j-1})]/8\Delta X \quad (4)$$

$$S_y = [(Z_{i+1,j+1} + 2Z_{i,j+1} + Z_{i-1,j+1}) - (Z_{i+1,j-1} + 2Z_{i,j-1} + Z_{i-1,j-1})]/8\Delta Y \quad (5)$$



Slika 3. 3 x 3 mreža ćelija rastera, za primer algoritma Least Squares Fited Plane

6 parameter 2nd Degree Polynomial Adjustment

$$Z = aX^2 + bY^2 + cXY + dX + eY + f + \varepsilon \quad (6)$$

gde su: Z - kota ćelije DEM; X , Y (m) - rastojanja duž koordinata DEM; a , b , c , d , e , f - konstante; ε - greška.

Sledi da su:

$$S_x = 2aX + cY + d \quad (7)$$

$$S_y = 2bY + cX + e \quad (8)$$

9 parameter 2nd Degree Polynomial Adjustment

$$Z = aX^2Y^2 + bX^2Y + cXY^2 + dX^2 + eY^2 + fXY + gX + HY + k \quad (9)$$

gde su: Z - kota ćelije DEM; X , Y (m) - rastojanja duž koordinata DEM; a , b , c , d , e , f , g , h , k - konstante.

Sledi da su:

$$S_x = 2aXY^2 + 2bXY + cY^2 + 2dX + fY + g \quad (10)$$

$$S_y = 2aX^2Y + bX^2 + 2cXY + 2eY + fX + h \quad (11)$$

Maximum Slope by Triangles

Ovaj algoritam za proračun pada koristi četiri susedne ćelije.

$$S_n = \sqrt{S_x^2 + S_y^2} \quad (12)$$

gde su:

$$S_x = (z_0 - z_1)/d_1 \quad (13)$$

$$S_y = (z_2 - z_1)/d_2 \quad (14)$$

gde su:

z_2, z_4, z_6, z_8 - kota ćelija 2,4,6 i 8

d - rastojanje između ćelija.

4. REZULTATI

U tabeli 2, prikazane su sračunate srednje vrednosti koeficijenta erozije Z za sliv reke Mrtvice.

Na osnovu prikazanih rezultata može se videti da samo poslednji algoritam, 10 parameter 3rd order polynom, značajnije odstupa od referentnog rezultata. Razlog za to je što ovaj algoritam računa pad na osnovu mreže ćelija 5 x 5, što se na ovom primeru pokazalo kao manje precizno.

Algoritam Maximum triangle slope ima rezultat sa najmanjim odstupanjem, u odnosu na referentni. U ovoj analizi algoritam je u nekoliko poligona dao negativne vrednosti pada terena, pa je pad terena za to poligone morao da se odredi pomoću topografske karte.

Ostali algoritmi su dali rezultate koji su manji od referentnog za 4 do 4,9 %.

Srednja vrednost koeficijenta erozije za sliv reke Mrtvice	Matematički algoritmi za proračun pada			
	0.Topografska karta R:25.000 - referentna vrednost	1.Maximum slope	2. Least squares fitted plane	3. 6 parameter 2nd order polynom
Z	0.500	0.458	0.451	0.451
Srednja vrednost koeficijenta erozije za sliv reke Mrtvice	4. 9 parameter 2nd order polynom	5. 10 parameter 3rd order polynom	6.Maximum triangle slope	
Z	0.453	0.706	0.460	

Tabela 2. Srednje vrednosti koeficijenta erozije Z za sliv reke Mrtvice

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu prikazanih rezultata algoritmi Maximum triangle slope i 10 parameter 3rd order polynom, se ne preporučuju za proračun pada terene u Metodi potencijala erozije.

Proračun pada terena, za izračunavanje koeficijenta erozije Z po Metodi potencijala erozije, može se vršiti pomoću algoritama Maximum slope, na prvom mestu s' obzirom da je dao vrednost koja je najpribližniji referentnoj, zatim Least squares fitted plane, 6 parameter 2nd order polynom i 9 parameter 2nd order polynom.

Izrada karte erozije je dug i kompleksan proces. Primenom matematičkih algoritama za proračun pada terena taj proces može biti ubrzan. GIS softverski paketi nam omogućavaju znatno brži proračun pada terena, nego što je to bio slučaj kada se merenje pada vrši pomoću topografskih karti.

LITERATURA

- [1] S.D. Warren, M.G. Hohmann, K. Auerswald, H. Mitasova., „An evaluation of methods to determine slope using digital elevation data“, *Catena* 58 215 – 233, May 2004.
- [2] STRATEGIJA UPRAVLJANJA VODAMA NA TERITORIJI REPUBLIKE SRBIJE, ANALIZE I ISTRAŽIVANJA, Vlada Republike Srbije Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“ Beograd, 2015.
- [3] Gavrilović, S. „Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji“, *Časopis „Izgradnja“*, Specijalno izdanje, Beograd, 1972.
- [4] Gavrilović, S. „Metodika za klasifikaciju erozionih procesa i kartiranje erozionih područja - I faza“, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd, 1966.
- [5] Rodriguez, E. et al, An assessment of the SRTM topographic products (Technical Report JPL D-31639), Jet Propulsion Laboratory, California, 2005.
- [6] QGIS Development Team, QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>, 2016.
- [7] Conrad, O., Bechtel, B., Bock, M., Dietrich, H., Fischer, E., Gerlitz, L., Wehberg, J., Wichmann, V., and Böhner, J. (2015): System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4, *Geosci. Model Dev.*, 8, 1991-2007.
- [8] Travis, M.R., G. H.Eisner, W. D. Iverson, and C. G. Johnson. 1975. VIEWIT:Computation of Seen Areas, Slopes, and Aspect for Land-Use Planning. General Technical Report PSW-11. U.S. Forest Service. 70 pp
- [9] Horn, B. K. (1981): 'Hill shading and the relectance map', *Proceedings of the IEEE*, v. 69, no. 1, p. 14-47.
- [10] Evans, I.S. (1979): 'An integrated system of terrain analysis and slope mapping', Final report on grant DA-ERO-591-73-G0040. University of Durham, England.
- [11] Zevenbergen, L.W., Thorne, C.R. (1987): 'Quantitative analysis of land surface topography', *Earth Surface Processes and Landforms*, 12: 47-56.
- [12] Tarboton, D.G. (1997): 'A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models', *Water Resources Research*, Vol.33, No.2, p.309-319
- [13] R.M. Haralick (1983): 'Ridge and valley detection on digital images', *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, Vol.22, No.1, p.28-38
- [14] XIAOYANG ZHANG, NICK A. DRAKE, JOHN WAINWRIGHT AND MARK MULLIGAN (1999): Comparison of slope estimates from low resolution dems: Scaling issues and a fractal method for their solution, *Earth Surf. Process. Landforms* 24, 763-779.

PROMENLJIVI TROŠKOVI RESURSA U VREMENU PROJEKTA KAO ZNAČAJNA KARAKTERISTIKA U GRAĐEVINARSTVU

VARIABLE COSTS OF RESOURCES DURING THE PROJECT AS IMPORTANT FEATURE IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

Zvonimir Božilović¹, Nenad Nikolić²

¹Graditelj-Inženjering d.o.o., Beograd, office@graditelj-inzenjering.co.rs

²Eurotrans AML., Beograd, nenad.nikolic@yandex.ru

Sadržaj: Radom se razmatraju aspekti troškova projekta. Ukazuje se na tipove resursa i vrste troškova. Ističe se da troškovi mogu imati konstantne ili promenljive vrednosti u periodu obavljanja projekta. Izložena analiza je bitna za građevinske projekte sa dugim trajanjem, velikim brojem aktivnosti i velikim brojem resursa. Podrazumeva se korišćenje softvera za upravljanje projektima i prikazuju rezultati na primeru hipotetičkog projekta.

Ključne reči: planiranje projekta, promenljivi troškovi u vremenu, trajanje projekta, građevinarstvo.

Abstract: The paper examines different aspects of the project cost. Points out the types of resources and kinds of costs. The exposed analysis is essential for projects in the construction industry with a long duration and a large number of resources. It is understood the use of project management software. The presented results correspond to a hypothetical project.

Keywords: project planning, variable costs in time, project duration, construction industry.

1. UVOD

Planiranje određenog projekta podrazumeva određivanje njegovog trajanja i troškova sa raspoloživim resursima koji mogu biti tipa rada, materijala i novca. Budžet kao visina novčanih sredstava namenjenih projektu sa ciljem da se ostvari likvidnost na projektu može se razmatrati dvojako: (1) budžet obezbeđuje obavljanje projekta sa minimalnim trajanje određeno ostalim tipovima resursa, ili (2) planirana dinamika formiranja budžeta u toku projekta (termini i visina priliva novca) određuju trajanje projekta. Na složenim projektima kao što su u oblasti građevinarstva učestvuje više izvođača specijalizovanih za odgovarajuće vrste radova i postavlja se problem izbora najpovoljnijih izvođača iz skupa potencijalnih izvođača.

Kada više projekata koriste zajedničke resurse, potrebno je usaglasiti zehatevane ili potencijalne termine početaka odnosno završetaka pjdinih projekata sa raspoloživim resursima.

Planiranje pojedinačnih projekata i više projekata, a zatim praćenje njihove realizacije sa najčešće izvesnim korekcijama planova, podrazumeva korišćenje standardnog softvera za upravljanje projekta (UP).

U nastavku se razmatraju troškovi jednog projekta kada su troškovi elemenata projekta promenljive vrednosti u periodu obavljanja projekta.

2. RESURSI NA PROJEKTU

Svaki projekat zahteva angažovanje odgovarajućih resursa. Na primeru građevinskog projekta, kao što je izgradnja stambeno poslovnog objekta, potrebno je angažovati desetine kvalifikacionih struktura radnika, mnogo tipova mehanizacije i stotine različitih materijala odnosno elemenata za izvođenje odgovarajućih radova (zidarski radovi, elektro instalacije, vodovod i kanalizacija, i drugo). [1]

2.1. Tipovi resursa

Opšta podela resursa može se vršiti posmatrajući nepotrošive i potrošive resurse. Poizilazi da postoje tri tipa resursa.

- (i) *Nepotrošivi* ili stalno prisutni ili obnovljivi resursi „tipa rada, *Work*“ (radnici potrebnih kvalifikacije, radne mašine određenih karakteristika i drugo) koji određuju trajanje aktivnosti i projekta.
- (ii) *Potrošivi* ili neobnovljivi resursi „tipa materijala, *Material*“ (razne vrste materijala, delova i slično) koje koriste resursi tipa *Work* za obavljanje pojedinih aktivnosti.
- (iii) *Potrošivi* resurs „tipa novca, *Cost*“.

Uobičajeno se podrazumeva pribavljanje resursa tipa *Material* u dovoljnim količinama da se projekat izvede sa raspoloživim resursima tipa *Work*. Na takvom pristupu se zasnivaju kod nas najčešće korišćeni softver za UP (*Primavera* i *MS Project*).

2.2. Planiranje projekta

Ilustruje se proces formiranja plana projekta sa stanovišta resursa i vremena primenom softvera MS Project.

- 1) Definisane početka projekta, kalendara sa radnim i neradnim danima na projektu (važi i za resurse), eventualnih kalendara određenih resursa, liste aktivnosti, tipova aktivnosti (*Work*, *Fixed Duration*, *Fixed Units*), WBS nivoa projekta, zavisnosti aktivnosti (4 tipa sa eventualnim pomeranjem prema početku ili završetku projekta, postavlja se *Finish to Start*), pravila rasporeda aktivnosti u vremenu

(*Constraint Type*): postavlja se „što je moguće ranije“ i može se zaminiti sa „što je moguće kasnije“ ili tri zahteva za termin početka odnosno završetka, zavisnosti WBS nivoa (kao za aktivnosti) i eventualna ograničenja (postavlja se „što je moguće ranije“, moguća zamena sa „početak ne ranije od“ ili „završetak ne kasnije od“ datog termina).

- 2) Definisane liste resursa sa troškovima, pravilima rasporeda u vremenu i eventualnim kalendarima.
- 3) Definisane raspoloživih dnevnih količina resursa tipa *Work* za projekat (konstantne vrednosti na projektu ili različite konstantne vrednosti za odgovarajuće periode projekta).
- 4) Dodela dnevnih potreba resursa tipa *Work* na pojedine aktivnosti (podatke definiše poznavalac tehnologije izvođenja aktivnosti, za aktivnosti tipa *Work* se postavlja se zahtevani broja časova rada resursa za normalno radno vreme i prekovremeni rad, aktivnost može koristiti jednu ili više kategorija resursa, ako se koristi više kategorija trajanje aktivnosti određuje kategorija koja zahteva najduže vreme rada).
- 5) Definisane ukupnih potreba resursa tipa *Material* na aktivnosti (softver određuje dnevne potrebe linearno ili primenom nekog od 8 pravila *Work Contature*),
- 6) Nivelisanje resursa tipa *Work* (svođenje potrebnih dnevnih potreba u granice raspoloživih količina).
- 7) Određivanje odgovarajućeg (resursima tipa *Work* uslovljenog) minimalnog trajanja projekta.
- 8) Proračun dnevnih potreba za svim resursima tipa *Material*.

Softver *CA Super Project* podržava evidentiranje nabavki, proračun zaliha i neutralisanje negativnih zaliha materijala – nivelisanje resursa tipa *Materijal* istovremeno sa resursima tipa *Work* [2]. Svakako, nije neophodno razmatrati stotine vrsta materijala, već manji broj karakterističnih vrsta (koriste se u velikim količinama, nije podesno skladištenje, imaju velike cene i sl.). Ako se koristi softver bez navedenih mogućnosti, potrebno je da analitičar neposredno pomeni odgovarajuće aktivnosti van perioda sa negativnim zalihama materijala (po analogiji sa algoritmom Gray-Kidd) i niveliše resurse tipa *Work* primenom softvera. [3] [4]

Karakteristike aktivnosti tipa *Fixed Duration* i *Fixed Units* mogu se pratiti u upustvu za korišćenje softvera. U literaturi je detaljnije razmana zavisnosti trajanja aktivnosti od dodeljenih resursa tipa *Work*. [5] [6].

3. TROŠKOVI NA PROJEKTU

Troškove je potrebno posmatrati sa stanovišta vrsta, načina proračuna i rasporeda u vremenu.

3.1. Vrste troškova

Troškovi se se prvenstveno odnose na resurse i mogu biti konstantni ili promenljivi u toku izvođenja projekta, kao konstantne vrednosti za odgovarajuće periode projekta

- Resursi tipa *Work* imaju jedinične troškove za normalno dnevno radno vreme i prekovremeni rad.
- Resursi tipa *Material* imaju jedinične troškove koji ne zavise od radnog vremena resursa tipa *Work*.
- Oba ova tipa resursa mogu imati:
 - fiksne troškove koji se dodeljuju aktivnostima nezavisno od količine angažovanih resursa,
 - iste jedinične i fiksne troškove za sve aktivnosti,
 - različite jedinične, odnosno fiksne troškove za određene aktivnosti (softver MS Project podržava 5 cenovnika, tzv. *Cost Table Rate*).
- Resursi tipa *Cost* dodeljuju se odgovarajućim aktivnostima za iskazivanje troškova koji se ne odnose na resurse tipa *Work* i *Material* (na primer, režijski troškovi ako se radnici administracije ne razmatraju kao resursi tipa *Work*).
- Posebni fiksni troškovi mogu se dodeliti aktivnostima, drugim WBS nivoima projekta (grupe aktivnosti, faze projekta i dr.) i samom projektu.

Promenljivi troškovi u vremenu određuju se na osnovu procena da će u odgovarajućim kasnijim periodima projekta nastupiti:

- rast troškova,
- pad troškova.

3.2. Proračun troškova

Troškovi projekta proračunavaju se polazeći od resursa kao najnižih WBS nivoa (pravilo kumulativ „od dole preme gore“).

- Troškovi resursa čine troškove aktivnosti.
- Troškovi aktivnosti čine troškove narednog WBS nivoa projekta.
- Troškove projekta čine troškovi svih aktivnosti, odnosno svih WBS nivoa i njegovih fiksni troškovi.

3.2. Raspored troškova u vremenu

Svi oblici troškova određenog resursa mogu se rasporediti na jedan od tri načina (*Accrue At*, *Accrue Method*) i odabrani oblik važi za sve aktivnosti koje koriste taj resurs i nezavisno od cenovnika.

- (a) *Start*, ukupni troškovi na početku aktivnosti,
- (b) *Prorate*, troškovi u periodu aktivnosti proporcionalno angažovanju resursa,
- (c) *End*, ukupni troškovi na kraju aktivnosti.

Fiksni troškovi aktivnosti, WBS nivoa i projekta mogu imati bilo koje pravilo rasporeda u vremenu (*Fixed Cost Accrual*) nezavisno od pravila za resurse.

4. TRAJANJE I TROŠKOVI PROJEKTA

Razmatranje trajanja i troškova projekta može se vršiti sa polaznim podacima, odnosno sa rezultatima primene metode PERT/COST.

4.1. Polazne varijante plana projekta

Varijante za trajanje projekta i nastale troškove određuju se saglasno raspoloživim resursima i troškovima resursa.

- Zavisnosti aktivnosti i eventualna pravila za raspored u vremenu, kao i analogni podaci za WBS nivoe, određuju minimalno trajanje projekta $T_{p_{min}}$ kada se ne razmatraju ograničenja za resurse, odnosno smatrajući da se raspolože sa dovoljnim količinama resursa.
- Raspoloživi resursi tipa work određuju uslovljeno minimalno trajanje projekta T_{p^*} koje može biti duže od minimalnog trajanja $T_{p_{min}}$.
- ◆ Konstantni svi oblici troškova resursa i konstantni ostali vidovi fiksnih troškova (aktivnosti, WBS nivoe i projekta) određuju jednake troškove projekta za $T_{p_{min}}$ i $T_{p^*} > T_{p_{min}}$: $C(T_{p_{min}}) = C(T_{p^*})$.
- ◆ Promenljivi troškovi mogu imati odgovarajući uticaj na troškove projekta kao funkcije trajanja projekta:
 - $C(T_{p^*}) \geq C(T_{p_{min}})$ za $T_{p^*} > T_{p_{min}}$ i rast troškova u periodu projekta,
 - $C(T_{p^*}) \leq C(T_{p_{min}})$ za $T_{p^*} > T_{p_{min}}$ i pad troškova u periodu projekta.

4.2. Metoda PERT/COST

Poznata opšta pravila skraćivanja trajanja projekta uz minimalne dodatne troškove na nivou projekta metodom PERT/COST potrebno je modifikovati ako se razmatraju:

- resursi kao osnova za skraćivanje aktivnosti,
- raspoloživi resursi na projektu,
- promenljivi troškovi u toku projekta.
- *Skraćivanje aktivnosti na osnovu resursa* može se vršiti smatrajući da polazni podaci odgovaraju normalnom trajanju aktivnosti i nominalnim troškovima aktivnosti, odnosno normalnom trajanju projekta i normalnim troškovima projekta, a zatim primeniti jedan od narednih postupaka, odnosno njihovu kombinaciju.
 - (1) uvođenje prekovremenog rada za dodeljene resurse na kritičnoj aktivnosti (ako se koristi samo jedna kategorija resursa polazi se od aktivnosti sa najmanjim troškovima prekovremenog rada tog resursa, ako se koristi više kategorija polazi se od aktivnosti najmanjim zbirom troškova prekovremenih radova resursa uz usklađivanje trajanja njihovog angažovanja ukoliko polazna vremena nisu bila identična),
 - (2) uvećanje broja dodeljenih jedinica resursa na kritičnoj aktivnosti (pravila po analogiji sa prvim slučajem posmatrajući troškove normalnog radnog vremena).
- Kada *postoje ograničeni resursi* tipa Work na projektu potrebno je:
 - uvećati broj jedinica resursa pod (2) ako u periodu obavljanja aktivnosti ima dovoljno resursa, odnosno slobodnih resursa u odnosu na raspoložive količine,
 - nivelisati resurse,

- obezbediti da se trajanje projekta skрати saglasno skraćivanju posmatrane aktivnosti.

Preporuke:

- kako u slučaju projekata sa velikim brojem kritičnih aktivnosti i eventualno više kritičnih puteva, softver ne ukazuje na pojedinačne kritične puteve, podesno je da se u oba slučaja napred aktivnosti postupno skrate za 1 dan,
- time se utvrđuje kada je ostvareno zahtevano trajanje projekta, odnosno određuju sva dopustiva vremena i usiljeno trajanje projekta.
 - *Promenljivi troškovi u vremenu* mogu imati naredne posledice kada se odredi kraće trajanje projekta:
 - Manji troškovi projekta ako troškovi pretežno rastu u periodu projekta
 - Veći troškovi projekta ako troškovi pretežno opadaju u toku projekta.

Naime, nastaju dva oblika izmene u planu projekta:

- skraćivanjem posmatrane aktivnosti nastaje pomeranje prema početku projekta obavljanje takve aktivnosti i daljih aktivnosti na njenom lancu zavisnih aktivnosti,
- nivelisanje resursa može pomerati navedene i druge aktivnosti prema završetku projekta.

5. ILUSTRATIVNI PRIMER

Hipotetički projekat sa početkom 3.4.2017. god. čine aktivnosti A1 do A8 koje obavljaju tri kategorije radnika ([R1, R2, R3] koristeći dve vrste materijala (M1, M2). Procenjeno je da polazni troškovi radnika za normalno radno vreme [0,35;0,30; 0,30] iskazani sa (n.j./čas) i materijala [1,50; 1,25] iskazani sa (n.j./m²) za M1 i (n.j./kg) za M2 imaju rast 3% od 1.7.2017. i dodatnih 5% od 1.1.2018. Troškovi prekovremenog rada radnika veći su za 30% od troškova normalnog radnog vremena. Prikazuju se 4 varijante plana projekta (tabela 1).

1. $T_{p_{min}} = 242$ dana zahteva najviše [12, 11, 6] radnika i troškovi iznose 7.578,51 n.j. Naredne varijante plana su određene sa najviše [8, 8, 8] radnika, ali se pokazuje da je dovoljno [7, 6, 6] radnika.
2. Nivelisanje resursa daje $T_{p^*} = 284 > T_{p_{min}}$ i $C(T_{p^*}) = 7.625,71 > C(T_{p_{min}})$.
3. Uvećanje broja radnika sa 4 na 5 kod A4 (jedina kritična aktivnost koja koristi samo jednu kategoriju radnika) skraćuje A4 sa 4 mes. na 3,2 mes. Nastaje $T_{p^{(3)}} = 268,4 < T_{p^*}$ sa $C_{p^{(3)}} = 7.614,54 < C(T_{p^*})$.
4. Dalje uvođenje 300 čas. prekovremenog rada za R1 kod A4 (na primer, 5 radnika x 2 čas./dan x 30 dana) određuje $T_{p^{(4)}} = 261 < T_{p^{(3)}}$ i $C_{p^{(4)}} = 7.640,74 > C_{p^{(3)}}$ (slika 1). Rast $C_{p^{(4)}}$ nastaje usled većih dodatnih troškova za prekovremeni rad resursa u odnosu na niže troškove koji se ostvaruju ranijim obavljanjem (pomeranjem prema početku projekta) aktivnosti A4, A6, A7 i A8.

6. ZAKLJUČAK

Radom je pretežno diskutovano kako promenljivi troškovi u vremenu utiču na ukupne troškove projekta kada se skraćuje trajanje projekta uvođenjem više radnika ili(i) prekovremenog na kritičnim aktivnostima. Prikazani su i troškovi za tri oblika alokacije na aktivnosti (slika 2).

LITERATURA

- [1] Hendrickson, C., *Project Management for Construction*, Department of Civil and Environmental Engineering, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, 2008. <http://pmbok.ce.cmu.edu/> (Chapter 4. Labor, Material and Equipment Utilization).
- [2] Nikolić, I., Krčevinac, S. i dr., *Upravljanje projektima i korišćenje CA-Super Project 2*, RTB Bor, Institut za bakar Bor, 1998.
- [3] Nikolić, I., "Modeli nivelisanja resursa i planiranja nabavki sirovina na projektu", *IIPP, Naučno-stručni časopis Istraživanja i projektovanja za privredu*, broj

18 – 2007, godina V, Institut za istraživanja i projektovanja u privredi, Beograd, 25-28.

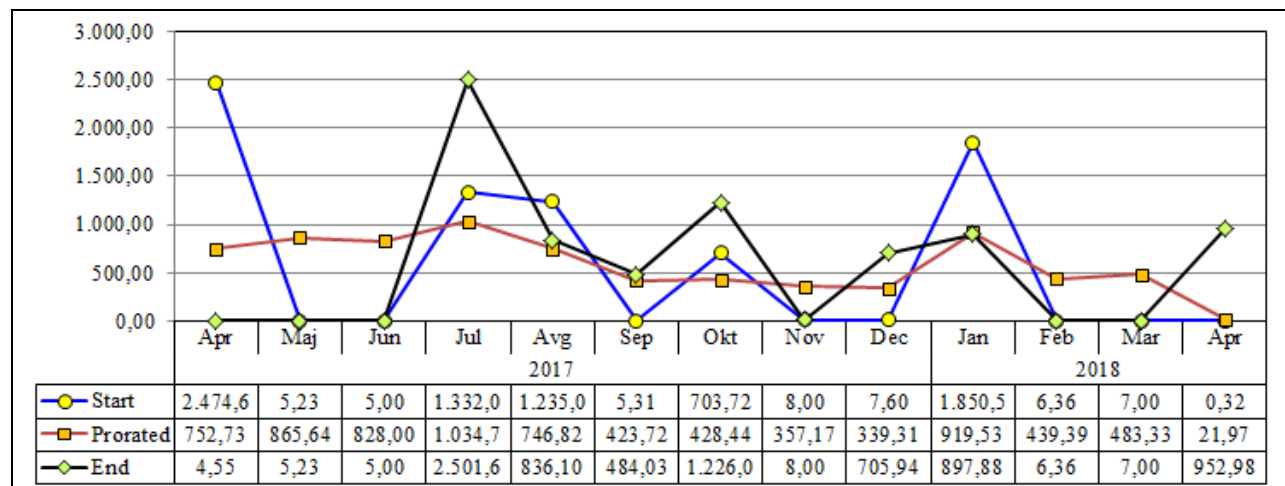
- [4] Božilović Z., Nikolić N., „Planning of materials and liquidity on project with available resources of type Work“, *Annals of the University of Oradea, Fascicle of Management and Technological Engineering*, ISSUE #2, AUGUST 2016, pp: 33-38
<http://www.imtuoradea.ro/auo.fmte/article.php?v1=2016-2&v2=0>
- [5] Božilović Z., Nikolić N., „Analysis of the project duration and costs as functions of the periods to perform some activities“, *Proceedings, RaDMI 2016, 16th International Conference "Research and development in mechanical industry"*, 15-18 September 2016, Belgrade, Serbia, pp. 66-73.
- [6] Kurtanović, O., Nikolić, N., "Determination of activity duration in dependence of 'Work' type resources engagement and project time minimization by applying MS Project software", *Proceedings, 4th International Conference – Life Cycle Engineering and Management*, June 27-28, 2013, Belgrade, 77-87

Tabela 1. Odabrane varijante planova projekta

Varijante	Nivelisani resursi	Dodatni resursi	Prekovremeni rad	Tp (dana)	Cp (n.j.)
1.	NE	NE	NE	242	7.578,51
2.	DA	NE	NE	286	7.625,71
3.	DA	A4, 1 radnik R1	NE	268,4	7.614,54
4.	DA		A4, 5 radnika R1, 300 čas.	261	7.640,74



Slika 1. Plan projekta za varijantu podataka 4 (tabela levo i gornji gant-barovi desno) i 3 (donji gant-barovi)



Slika 2. Mesečni roškovi projekta sa varijantom podataka 4 za tri načina alokacije troškova na aktivnosti

IMPLEMENTACIJA MODELA PREDIKTIVNOG ODRŽAVANJA KORIŠTENJEM REGRESIJE IMPLEMENTATION OF THE PREDICTIVE MAINTENANCE MODEL USING REGRESSION

Olivera Janković
ORAO a.d. Bijeljina, RS, BiH

Sadržaj – Poslovni problem obrađivan u ovom prikazu, posmatrano uopšteno, odnosi se na prediktivni model održavanja vezano za procjenu preostalog radnog vijeka opreme. Posmatrano konkretnije, u kontekstu korištenog seta podataka simulacije degradacije avionskog motora, predikciju za preostali broj radnih ciklusa avionskog motora. Predloženi pristup karakteriše primjena koncepta i tehnika oblasti data mininga, primjena modela regresije za implementaciju prediktivnog modela održavanja korištenjem različitih tipova klasifikatora.

Abstract -. Business problem used in this paper, generally speaking refers to the model predictive maintenance, connected with the assessment remaining service life of equipment. Viewed more specifically, in the context of the used simulation of aircraft engine degradation data set the prediction for the remaining number of operating cycles of an aircraft engine. The proposed approach is characterized by the application of the concepts and techniques field of data mining, application of regression models for the implementation of predictive maintenance models using various types of classifiers.

1. UVOD

Troškovi održavanja su jedan od najvećih faktora koji utiču na proračune i budžet kompanija. Posmatrano generalno, oni su zavisni i variraju od konkretne grane privrede što izraženo u procentima, u odnosu na ukupne troškove, iznosi od 15% za prehrambenu industriju pa do 60% ukupnih proizvodnih troškova u oblasti teške industrije. U skladu sa tim, za uspješnu realizaciju planiranog poslovanja jasan je imperativ uspješnosti procesa održavanja [1], koji se u tom kontekstu treba mjeriti vremenom raspoloživosti opreme a ne brojem riješenih kvarova. Mnogi od ovih poslovanja zainteresovani su za mogućnost predikcije takvih problema unaprijed tako da se na proaktivan način spriječi skup uticaj uzrokovan zastojeom opreme/mašina. Značaj i vrjednost prediktivnog održavanja je već dobro priznat od strane najvećih igrača u industriji [2].

Uticaj neplaniranog prekida rada opreme može biti ekstremno destruktivan za poslovanje. Da bi ostale konkurentne, kompanije traže nove načine da maksimiziraju performanse opreme korištenjem podataka prikupljenih iz raznih izvora. Jedan važan način da se analiziraju takve informacije je da se koriste tehnike prediktivne analitike koje koriste istorijske obrasce da bi predvidjele buduće događaje. Jedna od najpopularnijih od ovih solucija je prediktivno održavanje koje se generalno može definisati, ali nije limitirano, da predvidi

mogućnosti kvara na nekoj opremi u bližoj budućnosti tako da oprema može biti praćena kako bi se proaktivno identifikovali kvarovi i preuzele akcije prije nego se kvar desi. Ove solucije detektuju obrasce kvarova da odrede opremu koja je na najvećem riziku od kvara (neuspjeha). Ova rana identifikacija problema pomaže primjenu/raspored ograničenih resursa održavanja na više isplativ način i povećava kvalitet i procese lanca nabavke.

U svojim svakodnevnim poslovima, kompanije proizvode i skladišti beskrajna i složene količine podataka različite prirode (vezano za proizvode, mašine, procese, održavanje, kontrolu kvaliteta, kvarove detekcija, itd). U industrijskom okruženju, količina podataka nastala tokom procesa održavanja i aktivnosti monitoringa/praćenja opreme svakim danom postaje sve veća. Data mining predstavlja opciju, daje priliku da se značajno poveća brzina kojom se ta količina podataka može pretvoriti u korisne informacije, kao važno sredstvo za sticanje znanja iz dostupnih baza podataka, mogućnost da se predvide budući propusti otkrivanjem obrazaca ponašanja iz raspoloživih podataka.

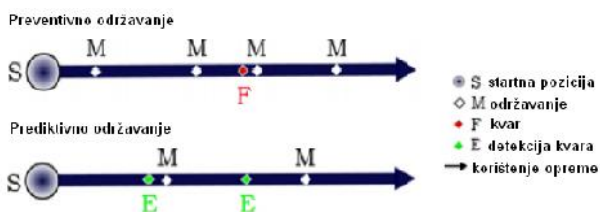
Poslovni problem ilustrovan u okviru rada vezan je u osnovi za predikciju problema uzrokovanog kvarom opreme, tako da se može odgovoriti na pitanje vezano za preostali radni vijek opreme, konkretnije u kontekstu korištenog seta podataka preostali broj radnih ciklusa avionskog motora. Dati problem se može formalno predstaviti kao problem regresije i različiti tipovi algoritama mašinskog učenja će se koristiti, da bi se kreirali i uporedili izgrađeni prediktivni modeli, koji treba da uče iz dostupnih podataka za trening. U okviru ovoga rada za ilustraciju implementacije prediktivnog modela u kontekstu modela regresije, (primjenom algoritma linearne regresije, algoritma k-najbližeg susjeda, višeslojni perceptron, implementacija algoritma vektora podrške za regresiju, metoda učenja regresionog stabla i regresionih pravila - klasifikatori Weka open source softverskog alata), će se koristiti javno dostupan set podataka koji predstavlja simulaciju degradacije avionskog motora.

Važno je pomenuti da cilj ovog rada, obzirom na prirodu korištenog seta podataka, nije fokusiran na specifikaciju aktivnosti održavanja avionskih motora. Namjera je da se ukaže na mogući pristup za predviđanje kvarova opreme, kroz prizmu problema koji se odnosi na avionski motor, uključujući u djelokrug održavanja dobro dokazane tehnike drugih oblasti nauke i tehnologije. Cilj je da se upoznaju i koriste nove tehnike i alati za pronalaženje korisnih znanja iz velikih količina sirovih podataka, koje

moгу da pomognu da se poveća efikasnost sistema, što dovodi do poboljšanja u funkcionalnosti, koje se pak prenose na povećanje dostupnosti i samim tim u većoj produktivnosti.

2. PREDIKTIVNO ODRŽAVANJE

Tradicionalne, uobičajene i najpoznatije vrste održavanja svakako su korektivno i preventivno održavanje [3]. Korektivno održavanje je reaktivna metoda upravljanja koja djeluje tek kada se kvar opreme desi (doslovno interpretirano moglo bi se reći da je ovo pristup u kome u suštini nema održavanja). Preventivno održavanje je popularna - široko zastupljena, periodična, u osnovi vremenski vođena (*time-driven*), strategija održavanja. Preventivno održavanje koje je bazirano na stvarnom stanju mašine a ne na nekom unaprijed definisanom rasporedu, vođeno uslovima (*condition-driven* tj. *Condition-Based-Maintenance (CBM)*) naziva se prediktivno održavanje (Slika 1.) i predstavlja alternativu u nastajanju pomenutim održavanjima [4].



Slika 1. Ilustracija poređenja preventivnog i prediktivnog održavanja

Korištenjem taktika prediktivnog održavanja moguće je napraviti mudrije odluke o tome kada se i gdje treba obaviti održavanje, odnosno moguće je smanjiti troškove održavanja sa boljim planiranjem i steći uvid potreban za odgađanje održavanja koja možda nisu neophodna. Umjesto toga predloženi intervali održavanja mogu biti produženi, kada to bude više odgovaralo i/ili kada je to ekonomičnije. Korištenjem naprednih tehnika prediktivne analitike i dijagnostičke tehnologije, kao dijela sveobuhvatnog programa održavanja, kompanije mogu pratiti kritična sredstva da se predvide, dijagnosticiraju i odrede prioritete predstojećih problema opreme, kontinuirano i u realnom vremenu.

Prediktivno održavanje je veoma bogat domen često zaokupljen poslovnim zahtjevima/pitanjima koji se mogu posmatrati iz mnogo različitih uglova perspektive prediktivnog modeliranja. Mogu biti korištene različite tehnike da se modeluju različita poslovna pitanja na koja se može odgovoriti solucijama prediktivnog održavanja u kontekstu data mininga, pri čemu je potrebno napomenuti da nisu svi problemi – slučajevi korištenja ili poslovni problemi podesni za rješavanje putem takve solucije prediktivnog održavanja. Važan kvalifikacioni kriterij u tom smislu, uključuje odgovor na pitanje da li je problem predvidiv po svojoj prirodi.

3. PREDIKTIVNO ODRŽAVANJE I DATA MINING

Data mining predstavlja oblast koje se odnosi na ekstrakciju ili "rudarenje" znanja iz velike količine raspoloživih podataka. To je ogromna oblast različitih algoritama i tehnika koji su u skladu sa različitim tipovima tipova podataka i problema. To podrazumjeva integraciju tehnika i metoda iz više disciplina kao što su baze podataka i tehnologije skladišta podataka, statistike, vjerovatnoće, prepoznavanje oblika, vizuelizacije podataka, itd. Uže područje data mininga je u suštini bitan korak u procesu otkrivanja znanja u bazama podataka (*knowledge discovery in data sets*, KDD), netrivialni proces identifikacije važećih, potencijalno korisnih i na kraju razumljivih obrazaca u podacima i sastoji se u osnovi od ponavljajućeg niza koraka koji se mogu svrstati u tri glavne kategorije: pred-obrada, data mining i post-obrada. Data mining je ogromna domena algoritama i tehnika koje mogu biti vrlo raznolike u skladu s različitim vrstama problema, kao što su rudarenje (mining) čestih ili rijetkih uzoraka u različitim vrstama podataka, kao što su transakcijske baze podataka ili sekvence događaja koji mogu biti vremenske ili ne, na primjer.

Kada se gradi prediktivni model koriste se tzv. istorijski podaci (*historical data*) da se obučiti/trenira model koji može da prepozna skrivene obrasce i nadalje identifikuje te (prethodno ustanovljene) obrasce u budućim (novim) podacima. Ovi modeli se obučavaju sa primjerima koji su opisani njihovim karakteristikama i ciljnim predviđanjem (*target of prediction*). Od obučenog modela se očekuje da napravi ciljnu predikciju imajući na raspolaganju samo karakteristike novih primjera. Ključno je da model uhvati, ustanovi, otkrije veze između karakteristika/atributa i ciljne predikcije. Sa ciljem da se obučiti jedan efikasan model mašinskog učenja, potrebni su trening podaci koji posjeduju attribute koji imaju prediktivnu snagu za ciljnu predikciju, što u stvarnosti znači da podaci trebaju biti relevantni za predviđanje cilja kako bi mogli očekivati tačna predviđanja (tačnu predikciju, *accurate predictions*).

Prilikom izgradnje prediktivnog modela potrebno je analizirati i povezati tri osnovna aspekta - podaci, model i predikcija, u kontekstu problema sa kojim se radi. Jedan od često korištenih stilova učenja za potrebe predviđanja jeste nadzirano učenje (*supervised learning*) kod koga svi ulazni podaci za trening imaju poznatu oznaku/labelu ili rezultat. Cilj algoritama nadziranog učenja je da korištenjem podataka sa poznatim odnosima/vezama izradi model tih odnosa sa ciljem da predvidi, napravi predikciju. Ako je izlaz numerička vrijednost, kao što je u slučaju ovoga rada, onda to predstavlja problem regresije, a ukoliko je izlaz kategorija tada spada u vrstu problema klasifikacije. Regresija uz klasifikaciju predstavlja važnu klasu problema prediktivnog modeliranja. Regresioni model u prediktivnom održavanju je korišten u okviru ovoga rada da bi se u osnovi izračunao preostali radni vijek opreme, koji je definisan količinom vremena koje je oprema operativna prije nego se desi sledeći kvar, odnosno u kontekstu korištenog seta podataka cilj je u konačnici pronaći (najbolji) model koji računa preostali broj ciklusa za svaki novi primjerak kao neprekidan, kontinuiran broj koji predstavlja broj ciklusa (period

vremena) koji se podrazumjeva prije kvara avionskog motora.

4. EKSPERIMENTALNE POSTAVKE I REZULTATI

Ulazni skup podataka “Turbofan Engine Degradation Simulation Data Set”, korišten u okviru eksperimentalne postavke, predstavlja simulaciju degradacije avionskog motora (upotrebom C-MAPSS, aero-pogon simulator sistema) doniran od strane NASA [5]. U biti su simulirana četiri različita seta, u različitim kombinacijama pogonskih uslova i modova kvara, pri čemu se snima određen broj senzorskih kanala za karakterizaciju evolucije greške.

Konkretnije, u okviru postavke je korišten jedan od četiri simulirana seta podataka iz originalnog seta podataka, pri čemu se svaki od njih sastoji od tri seta podataka – podataka za trening, testiranje i referentnih podataka. Za obučavanje u okviru ove eksperimentalne postavke iz pomenutog originalnog seta podataka biće korišten set podataka “Train_FD003.txt”, koji sadrži trening podatke koji predstavljaju podatke avionskog motora radom do otkaza (*run-to-failure*) [6]. Podaci su dati kao zip-kompresovana tekstualna datoteka sa 26 kolona brojeva, razdvojenih razmacima (SI.1). Svaki red predstavlja snimak (*snapshot*) podataka uzetih tokom jednog operativnog ciklusa, svaka kolona je drugačija promenljiva (izvorni prikaz kolona na SI.2, a prilagođeni za potrebe kreiranja modela korištenjem odabranih klasifikatora na SI.3).

```

1)    unit number
2)    time, in cycles
3)    operational setting 1
4)    operational setting 2
5)    operational setting 3
6)    sensor measurement 1
7)    sensor measurement 2
...
26)  sensor measurement 26

```

Slika 2. Prikaz kolona originalnog seta podataka

Set podataka se u osnovi sastoji od višestrukih multivarijantnih vremenskih serija. Svaki put podaci vremenskih serija su serija iz drugog motora, pri čemu se smatra da pripadaju floti motora iste vrste. Podrazumjeva se da svaki motor počinje sa različitim stepenom početnog habanja i proizvodnih varijacija koja je nepoznata za korisnika. Ovo habanje i varijacije se smatraju normalnim, odnosno ne smatraju se stanjem neispravnosti. Postoje tri operativne postavke koje imaju značajan uticaj na performanse motora koje su uključene u podacima. U ovim simuliranim podacima, podrazumjeva se da na početku svake serije motor radi normalno i da degradacija rada počinje da se dešava u nekoj tački serije operativnog ciklusa i njen progres raste u intenzitetu. Kada se dosegne predefinisani prag (*threshold*) tada se motor smatra nepouzdanim za buduće operacije. U kontekstu ovog seta podataka zadnji ciklus se može smatrati tačkom kvara za određeni motor (npr. motor sa oznakom 1 je pretrpio neuspjeh u 259-om ciklusu).

Za testiranje su korišteni testni podaci Test_FD003.txt, koji imaju istu šemu podataka kao i trening podaci pri čemu razlika leži u tome da oni ne sadrže podatak kada se desio kvar. Set podataka RUL_FD003.txt je taj koji sadrži

```

% Vremenske serije simulacije
% degradacije motora aviona
% trening skup (regresija)

```

```

@relation Serije
@attribute ID motora numeric
@attribute Ciklus numeric
@attribute Setovanje1 numeric
@attribute Setovanje2 numeric
@attribute Setovanje3 numeric
@attribute Senzor1 numeric
@attribute Senzor2 numeric
@attribute Senzor3 numeric
@attribute Senzor4 numeric
@attribute Senzor5 numeric
@attribute Senzor6 numeric
@attribute Senzor7 numeric
@attribute Senzor8 numeric
@attribute Senzor9 numeric
@attribute Senzor10 numeric
@attribute Senzor11 numeric
@attribute Senzor12 numeric
@attribute Senzor13 numeric
@attribute Senzor14 numeric
@attribute Senzor15 numeric
@attribute Senzor16 numeric
@attribute Senzor17 numeric
@attribute Senzor18 numeric
@attribute Senzor19 numeric
@attribute Senzor20 numeric
@attribute Senzor21 numeric
@attribute Preostali ciklus numeric

```

```

@data
1,1,-0.0005,0.0004,100,518.67,642.36,1583.23,1396.84,14.62,21.61,553.97,
2387.96,9062.17,1.3,47.3,522.31,2388.01,8145.32,8.4246,0.03,391,2388,100
,39.11,23.3537,258
1,2,0.0008,-0.0003,100,518.67,642.5,1584.69,1396.89,14.62,21.61,554.55,2
388,9061.78,1.3,47.23,522.42,2388.03,8152.85,8.4403,0.03,392,2388,100,38
.99,23.4491,257
...
100,151,-0.0023,0.0004,100,518.67,643.94,1597.56,1426.57,14.62,21.61,550
.69,2388.26,9062.22,1.3,48.05,520.01,2388.26,8141.24,8.5148,0.03,395,238
8,100,38.31,23.0753,1
100,152,0,0.0003,100,518.67,643.64,1599.04,1436.06,14.62,21.61,550.96,23
88.26,9066.52,1.3,48.12,519.48,2388.24,8136.98,8.515,0.03,396,2388,100,3
8.56,23.0847,0

```

Slika 3. Izgled originalnog, prilagođenog .arff fajla nakon označavanja, za trening regresionog modela predikcije (u prikaz, zbog obimnosti, nisu uključene agregirane karakteristike)

referentne podatke (u biti jednodimenzionalna tabela, vektor), koji obezbjeđuju broj preostalih radnih ciklusa za motor koji se nalazi u testnim podacima.

Nadalje, neophodno je kreirati labele/oznake za regresioni model koji odgovara na postavljeno pitanje vezano za preostali broj ciklusa avionskog motora [7]. Predikcija putem regresije korištena u ovom radu, u kontekstu prirode izabranog seta podataka, se odnosi na predviđanje kvara avionskog motora, odnosno predviđanje preostalog broja ciklusa koje će motor imati prije nego se desi kvar (ciklus je u tom smislu mjerna jedinica vremena). Neophodan korak (već je pomenuto da trening skup (niti testni analogno tome) izvorno ne sadrže oznaku instanci) da bi se izvršila predikcija putem regresije je označavanje uzoraka. Oznaka uzoraka za potrebe regresije, (prethodno kreiran atribut Preostali ciklus (SI.3)), poprima vrijednosti koje predstavljaju preostali broj ciklusa za svaki od primjera pojedinačno. Na SI 3. su za potrebe ilustracije prikazana četiri uzorka, prva dva ciklusa za ID_motora=1, i zadnja dva ciklusa za ID_motora=100 (ujedno i poslednji primjeci datog trening seta). Sa SI.3. se može vidjeti i intuitivno razumjeti primjenjeni način označavanja, uzimajući u obzir prikazano i naznačeno:

- vrijednost za Preostali ciklus, za ID_motora=1 i Ciklus=1, iznosi 258 (obzirom da ukupan broj ciklusa za ID_motora=1 iznosi 259); odnosno za ID_motora=1 i Ciklus=2, vrijednost Preostali ciklus=257 (po analogiji za ID_motora=1 i Ciklus=259, vrijednost Preostali ciklus=0).

- vrijednost za Preostali ciklus, za ID_motora=100 i Ciklus=151, iznosi 1 (obzirom da, može se vidjeti na Sl. 3, za ID_motora=100 ukupan broj ciklusa iznosi 152); odnosno za ID_motora=100 i Ciklus=152, vrijednost Preostali ciklus=0.

Označavanje testnih podataka Test_FD003.txt je izvršeno na bazi referentnih podataka RUL_FD003.txt, pri čemu analogno skupu trening podataka prolaze kroz istu proceduru označavanja primjera.

Potrebno je napomenuti da u slučaju regresije (za razliku od binarne klasifikacije), oprema bez ijednog kvara ne može biti korištena za označavanje u kojem se označavanje radi u odnosu na tačku kvara i stoga nije moguća kalkulacija bez da se zna koliko će još oprema preživjeti prije kvara. Takav slučaj je bolje adresiran sa drugom statističkom tehnikom pod nazivom Analiza preživljavanja (*Survival Analysis*).

Karakteristike koje će biti uključene u konačnu verziju seta podataka za trening mogu u osnovi mogu biti grupisane u dvije kategorije. Prva se odnosi na selekciju sirovih atributa, atributa koji su uključeni u originalne ulazne podatke date na Sl. 3. Pored njih tu su i agregirani atributi, atributi koji u osnovi sažimaju istorijske aktivnosti za posmatranu problematiku vezanu za avionski motor[8]. Konkretno, u okviru eksperimentalne postavke ovoga rada kreirana su setovi dva tipa agregiranih karakteristika za svaki od 21 senzora podataka sa Sl.3:

- SSenzor1–SSenzor21: predstavljaju kretanje prosječne vrijednosti – srednja vrijednost sa senzora u najviše W prethodnih ciklusa,
- SDSenzor1-SDSenzor21: standardna devijacija senzorskih vrijednosti u najviše W nedavnih ciklusa,

a koji su uključeni u trening skup podataka, pri čemu vrijednost parametra vremenskog prozora W, za koji se vrši agregiranje je W=7 (vrijednosti je moguće mijenjati i prilagođavati slučajevima korištenja; kroz veoma visoke vrijednosti (npr. godine) mogu se sagledati cjelokupniji istorijski periodi za posmatranu opremu/ motore/mašine/...). Posmatrano sumarno, kroz broj atributa, to znači 42 dodatna atributa u odnosu na početni (originalni) koji ima 26 atributa, odnosno 69 atributa ukupno za pomenuti trening skup (u ukupni zbir uračunat i atribut Preostali ciklus koji je naknadno kreiran za potrebe modela regresije u skladu sa ciljem predikcije). Analogan postupak se odvija i na testnim podacima (očuvanje šeme).

Za potrebe kreiranja potrebnih verzija trening i testnih setova podataka (sa opcijom agregiranih karakteristika odabranog vremenskog okvira) i procesa označavanja primjeraka u skladu sa odabranim načinom predviđanja razvijena je adekvatna programska podrška (C#), a tako kreiran trening i testni skupovi korišteni su u okviru Weka alata (.arff formalizovan Weka format) za data mining - korištenjem izvedbe Weka alata za potrebe kreiranja prediktivnih modela odabranih klasifikatora[9].

Da bi se postigla tražena predikcija, biće korišteni klasifikatori različitih tipova (predstavnicu grupe lijernih (*lazy*) i pohlepnih (*eager*) postupaka predviđanja; npr. statistički model, algoritam k-najbližih susjeda, stabla odlučivanja, vještačke mreže). Konkretno za potrebe

izgradnje regresionog modela i u cilju postizanja što je moguće boljih rezultata, biće korišteno i poređeno šest klasifikatora: algoritam linearne regresije (Linear Regression), algoritam k najbližeg susjeda (IBk), višeslojni perceptron (MLP, Multilayer Perceptron), implementacija algoritma vektora podrške za regresiju SMOReg, metoda učenja regresionog stabla M5P i regresionih pravila M5Rules.

Linearna regresija je vjerovatno jedan od najpoznatijih i shvaćenih algoritama u mašinskom učenju. Obučavanje modela linearne regresije znači procjenu vrijednosti koeficijenata koji se koriste u prikazu s podacima koje imamo na raspolaganju. U eksperimentu je korišten i IBk klasifikator koji predstavlja algoritam k najbližeg susjeda (primjer lijernih (*lazy*) klasifikacijsko-predikcijskih postupaka). Prosti algoritam najbližeg susjeda IB1 koristi normalizovano Euklidsko rastojanje (najkraća udaljenost između dvije tačke u jednom prostoru), dok algoritam k najbližeg susjeda IBk može selektovati odgovarajuću vrijednost za k baziranu na kros validaciji (u korištenoj implementaciji k=7). Višeslojni perceptroni predstavljaju najistaknutiji tip vještačke neuronske mreže i pripadaju klasi mreža sa prostiranjem unaprijed, tzv. *feedforward* mreže, koje ne sadrže nikakve cikluse (opozit su periodične neuronske mreže koje imaju cikluse). U radu će biti korištena implementacija MLP Weka alata [10]. Ova funkcija implementira algoritam povratnog prostiranja (*backpropagation*) za izgradnju modela neuronske mreže za klasifikaciju instance. SMOReg, postupak koji se nalazi u okviru funkcijske klasifikacije, implementira sekvencijalni algoritam minimalne optimizacije za učenje vektora podrške. M5P gradi model baziran na stablu odlučivanja (kao što su tradicionalna stabla klasifikacije i regresije (*Classification and Regression Trees, CART*)), ali koji predviđa klasnu vrijednost instance koja dopire do lista korištenjem modela linearne regresije. M5Rules algoritam generiše listu odluka za probleme regresije koristeći podijeli-pa-vladaj (*separate-and-conquer*) strategije pravilo učenja, pri čemu se u svakoj iteraciji gradi model stabla korištenjem algoritma M5(logistički model stabla) i implementira svaki "najbolji" list u pravilo. U Tabeli I su prikazani postignuti rezultati, odabranom metrikom, za svaki korišteni klasifikator pojedinačno.

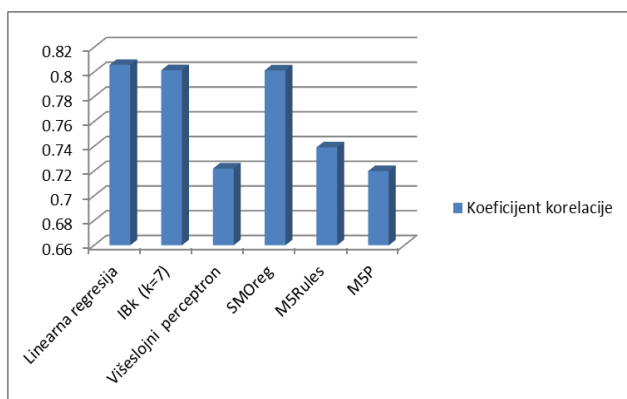
Procjena performansi modela, uobičajeno krajnji, potreban postupak, korištenjem trening podataka je najjednostavnija ali i optimistična, obzirom da je model krojen/obučavan na podacima koji se ujedno i koriste za procjenu performanse. Više realan pristup za mjerenje performansi modela je procjena na novim, prethodno nekorištenim podacima (robustniji model). U slučajevima, opcijama koje sadrže vremenski označene podatke[11][12], tipične trening i testne rutine trebaju da uzmu u obzir i aspekte vremenskih promjena (npr. tako da su svi testni primjerci kasnije u vremenu, u odnosu na trening i validacione primjerke) stoga uobičajeni postupci korištenjem k-struke unakrsne validacija se ne preporučuju.

U Tabeli I, su prikazani postignuti rezultati prethodno pomenutih, različitih klasifikatora, algoritam linearne regresije, k-najbližih susjeda IBk, višeslojni perceptron MLP, SMOReg, M5Rules i M5P respektivno, dobijeni treniranjem nad kompletnim setovima za trening i testirani korištenjem 100 testnih primjeraka iz po jedan,

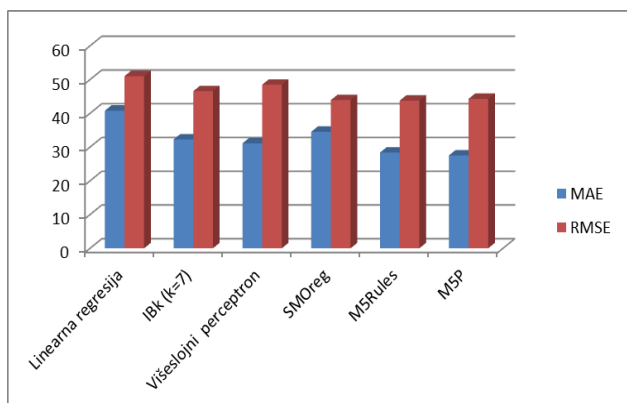
TABELA I.

EKSPERIMENTALNI REZULTATI PREDIKTIVNIH MODELA KORIŠTENJEM MODELA REGRESIJE (ŠEST RAZLIČITIH ALGORITAMA MAŠINSKOG UČENJA)

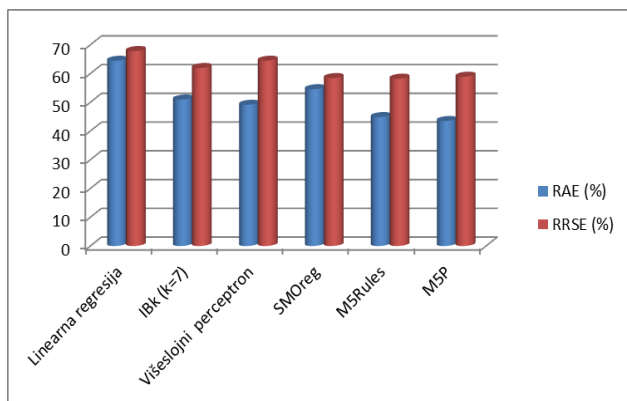
	Algoritmi mašinskog učenja					
	Linearna regresija	IBk (k=7)	Višeslojni perceptron	SMOreg	M5Rules	M5P
Koeficijent korelacije	0.8058	0.8015	0.722	0.8013	0.7391	0.72
MAE	40.7705	32.2529	31.0909	34.5156	28.3796	27.5195
RMSE	50.9997	46.5605	48.4636	43.9202	43.7731	44.2782
RAE (%)	64.438	50.9578	49.1393	54.5521	44.8541	43.4947
RRSE (%)	67.8367	61.9319	64.4634	58.4199	58.2244	58.8967



Slika 4. Grafički prikaz rezultata klasifikatora korištenjem koeficijenta korelacije



Slika 5. Prikaz vrijednosti srednje apsolutne greške (MAE) i korijena srednje kvadratne greške (RMSE) za svaki od korištenih klasifikatora



Slika 6. Grafički prikaz rezultata korištenih klasifikatora putem vrijednosti relativne apsolutne greška (RAE) i korijena relativne kvadratne greške (RRSE)

maximalni ciklus (postoji opcija sa kompletnim pripremljenog testnog seta (način kreiranja istog prethodno opisan) zapisa, tako da je za svaki motor uzet setom podataka, kada se koriste sve dostupne vremenske serije testnog seta).

Fitness dobijenih modela, kao što se može vidjeti u Tabeli I, dati su sledećim (Weka dostupni) statističkim parametrima: koeficijent korelacije (*Correlation coefficient*) kao specifičan pokazatelj reprezentativnosti regresije (vrijednosti u rasponu od 0 do 1, reprezentativnija veća vrijednost), srednja apsolutna greška MAE (*mean absolute error*), korijen srednje kvadratne greške RMSE (*root mean square error*), relativna apsolutna greška RAE (*relative absolute error*) i korijen relativne kvadratne greške RRSE (*root relative squared error*).

Na osnovu obavljenih eksperimenata, uvidom u dobijene i prikazane rezultate date Tabelom I (grafički prikaz na Sl.4, Sl.5, i Sl.6), može se zaključiti da niti jedan klasifikator nema premoć u svim parametrima korištene metrike, odnosno tri od šest korištenih klasifikatora imaju najbolje vrijednosti vezano za jedan određeni parametar metrike pojedinačno i M5P stablo odlučivanja za dva parametra. Kao što se može vidjeti klasifikatori IBk i višeslojni perceptron ne spadaju u četiri pobrojana klasifikatora.

Posmatrano u kontekstu parametra koeficijent korelacije, (Sl.4) može se vidjeti da je najbolji rezultat (neznatno veći od algoritma k najbližeg susjeda IBk(k=7) i algoritma vektora podrške za regresiju SMOreg; algoritam linearne regresije je u značajnoj prednosti kada je u pitanju potrebno vrijeme izvršavanja – posebno u odnosu na algoritam SMOreg (koji je cjelokupno posmatrano u značajnoj mjeri vremenski najzahtjevniji)) postigao klasifikator linearne regresije.

Sa Sl. 5 (precizni rezultati dati u Tabeli I), na kojoj su za svaki od klasifikatora grafički prikazane vrijednosti srednje apsolutne greške MAE i korijena srednje kvadratne greške RMSE (koji se često koriste za usporedbu performansi prediktivnih modela) može se zaključiti da su najbolje rezultate postigli klasifikatori bazirani na M5 modelu stabla (najmanje vrijednosti MAE i RMSE (27.5195 i 43.7731) su postigli M5P i M5Rules respektivno). Ista situacija za pomenute klasifikatori je i u kontekstu poređenja putem vrijednosti relativne apsolutne greška i korijena relativne kvadratne greške (najmanje

vrijednosti RAE i RRSE (43.4947% i 58.2244%) su postigli M5P i M5Rules respektivno).

5. ZAKLJUČAK

U radu je prikazan bazni koncept, na ilustrativan način moguć pristup, preventivnog održavanja za predviđanje kvarova opreme, kroz prizmu problema koji se odnosi na avionski motor, uključujući u djelokrug održavanja dobro dokazane tehnike drugih oblasti kao što je oblast data mininga. Obzirom na prirodu problema cilja predikcije, određivanje broja preostalih ciklusa avionskog motora, dati problem formalno spada u problem regresije, te je stoga korišten model regresije i predočen fitness dobijenih modela korištenih klasifikatora u kontekstu odabrane metrike.

Dalja istraživanja i eksperimentisanja u kontekstu prezentovanog pristupa moguća su u domenu inženjeringa karakteristika (u okviru rada su korištena dva tipa agregiranih karakteristika) i selekcije atributa na primjer.

LITERATURA

- [1] Gross, J.M. Fundamentals of Preventive Maintenance, AMACOM, New York, 2002.
- [2] Mobley, R. K. An Introduction to Predictive Maintenance, Elsevier Science USA. 2002.
- [3] Levitt, J. Complete Guide to Predictive and Preventive Maintenance, Industrial Press, New York, 2003.
- [4] Janković, O. "M2M komunikacija u službi prediktivnog održavanja", 2nd International Scientific Conference COMETA 2014, "COMETA 2014 - Conference on Mechanical Engineering Technologies and Application", Zbornik Radova, str.725-728, Jahorina, 2014.
- [5] Saxena, A. and K. Goebel, "Turbofan Engine Degradation Simulation Data Set", NASA Ames Prognostics Data Repository, (<http://ti.arc.nasa.gov/project/prognostic-data-repository>), NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA, 2008.
- [6] Saxena, A. Goebel, K. Simon, D. and N. Eklund, "Damage propagation modeling for aircraft engine run-to-failure simulation", In International Conference on Prognostics and Health Management, pages 1–9, 2008.
- [7] Boylu, F. U. "Predictive Maintenance Modelling Guide R Notebook, Cortana Intelligence Gallery", <https://gallery.cortanaintelligence.com/Notebook/Predictive-Maintenance-Modelling-Guide-R-Notebook-1>, 2016.
- [8] Janković, O. "Inženjering karakteristika u kontekstu predikcije korištenjem binarne klasifikacije", YUINFO 2016, podnesen za objavljivanje
- [9] Witten, I. H. and E. Frank. Data Mining Practical Machine Learning Tools and Techniques, Elsevier, 2011.
- [10] Janković, O. "Primjena i evaluacija klasifikatora višeslojnog perceptrona za potrebe klasifikacije linearno neseparabilnih problema", SYM-OP-IS 2015, str. 208-211, Ivanjica, 2015.
- [11] Janković, O. Modeliranje i predikcija podataka vremenskih serija u kontekstu data mininga, VII Naučni skup MREŽA 2015, Valjevo, Zbornik Radova, str. 41-47, 2015.
- [12] Janković, O. "Data Mining: Evaluacija klasifikacije iz perspektive strima podataka", YUINFO 2016, str. 373-378, Kopaonik, 2016.

PRIMENA AUTODESK KOMPONENTE SUBASSEMBLY COMPOSER ZA PROJEKTOVANJE NASIPA

APPLICATION OF AUTODESK SUBASSEMBLY COMPOSER FOR THE DESIGN OF EMBANKMENTS

Boris Krunic*, Nevena Cvijanovic*

*Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Zavod za uredjenje vodnih tokova

Sadržaj - Autodesk program AutoCAD Civil 3D masovno se koristi pri projektovanju linijskih objekata u gradjevinarstvu. Ovaj program u sebi sadrži posebnu paletu jednostavnih elemenata za konstruisanje poprecnih profila linijskih objekata. Kada su u pitanju kompleksniji poprecni profili bitnu ulogu ima aplikacija Subassembly Composer koja pruža mogućnosti za izradu raznolikih, nestandardnih oblika i konstrukcije poprecnih profila. U ovom radu ova komponenta je primenjena za izradu projekta levoobalnog nasipa reke Drine.

Abstract - AutoCAD Civil 3D is the Autodesk program, which is widely used in the design of linear structures in construction. This program contains a special palettes of simple elements for the construction of cross-sections of line objects. When it comes to complex form of cross-sections, Subassembly Composer has an important role, which provides opportunities to create a diverse, non-standard shapes and construction of cross-sections. In this paper, Subassembly Composer is applied for the design of the left embankment of the Drina river.

1. UVOD

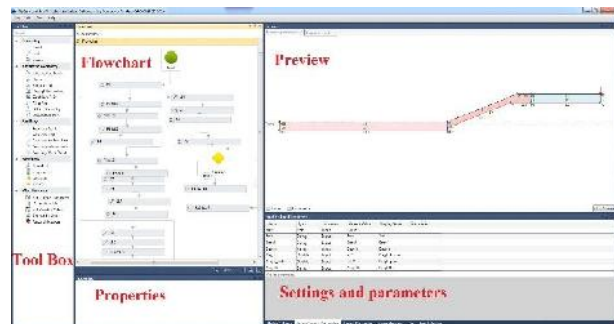
Nasipi predstavljaju linijske objekte za pasivnu odbranu od poplava priobačja vodnih tokova. Projektovanje nasipa, kao i svih ostalih linijskih objekata, znatno je olakšano upotrebom programa AutoCAD Civil 3D. Primena ovog programa pruža mogućnost da se svi delovi nekog objekta automatski povežu i obrazuju dinamički sistem, što podrazumeva da se svaka promena na nekom delu objekta direktno odražava na ostale delove pa njihova naknadna korekcija nije potrebna.

Konstrukcija tela nasipa uglavnom je jednostavna i lako se projektuje, ali postoje slučajevi kada je potrebno konstruisati složeniji poprečni profil kako bi se zadovoljili uslovi na terenu. U tom slučaju primena Subassembly Composer-a značajno olakšava problem.

2. SOFTVERSKO OKRUŽENJE SUBASSEMBLY COMPOSER-A

Subassembly Composer predstavlja Autodesk dodatak za kreiranje kompleksnih poprečnih preseka linijskih objekata ili jednog njegovog dela ukoliko u samom programu ne postoje elementi kojima bi se mogao direktno konstruisati. Subassembly Composer sadrži 5 različitih prozora (slika 1):

- *Tool Box* - prozor u kome se nalaze svi raspoloživi elementi za konstruisanje komponenti poprečnog profila,
- *Flowchart* - algoritamska struktura u kojoj se manipuliše elementima u zavisnosti od njihove međusobne povezanosti,
- *Preview* - grafički prikaz konstruisanog poprečnog preseka,
- *Properties* – prozor u kome se definišu veze između elemenata preseka, njihov položaj u lokalnom koordinatnom sistemu kao i njihove pojedinačne karakteristike,
- *Settings and parameters* - koristi se za dodavanje pomoćnih parametara kojima se definiše geometrija elemenata preseka.



Slika 1. Komponente Subassembly Composer-a

Pre kreiranja karakterističnog poprečnog preseka, u prozoru *Settings and parameters* potrebno je odrediti parametre koji će se kasnije koristiti pri definisanju geometrijskih karakteristika preseka kroz njegove sastavne elemente (slika 2). Ovako definisani parametri pojavice se kasnije u samom programu AutoCAD Civil 3D pod nazivima koji su im dodeljeni u Subassembly

Composer-u. Sa njima se postiže fleksibilnost poprečnog preseka tj. mogućnost naknadnih izmena geometrije ili drugih karakteristika preseka direktno u programu.

Input/Output Parameters					
Name	Type	Direction	Default Value	DisplayName	Description
Side	File	Input	Left		
Loop	String	Input	Loop	Loop	
Rocni	String	Input	Rocni	Rocni	
Datum	String	Input	Datum	Datum	
Nagib	Double	Input	-0.1	Nagib kosina	
Nagib_nagiba	Double	Input	-0.0?	Nagib nagiba	
NagibK	String	Input	NagibK	NagibK	

Create parameter

Packet Settings | Input/Output Parameters | Target Parameters | Superelevation | Cant | Event Viewer

Slika 2. Definisane parametara geometrije

Osim definisanja geometrijskih karakteristika, parametrima se mogu definisati referentne (virtuelne) površine (slika 3), u odnosu na koje se formiraju delovi poprečnog preseka, a koje se takođe pojavljuju u samom programu pod dodeljenim nazivima. Ovim virtuelnim površinama u programu se dodeljuju postojeće, prethodno formirane površine u odnosu na koje se projektuje predviđeni objekat (npr. površina terena).

Target Parameters				
Name	Type	Preview Value	DisplayName	Enabled In Preview
Teren1	Surface	-2	Teren1	<input checked="" type="checkbox"/>
TerenDonji	Surface	-2.3	Donji teren	<input checked="" type="checkbox"/>

Create parameter

Packet Settings | Input/Output Parameters | Target Parameters | Superelevation | Cant | Event Viewer

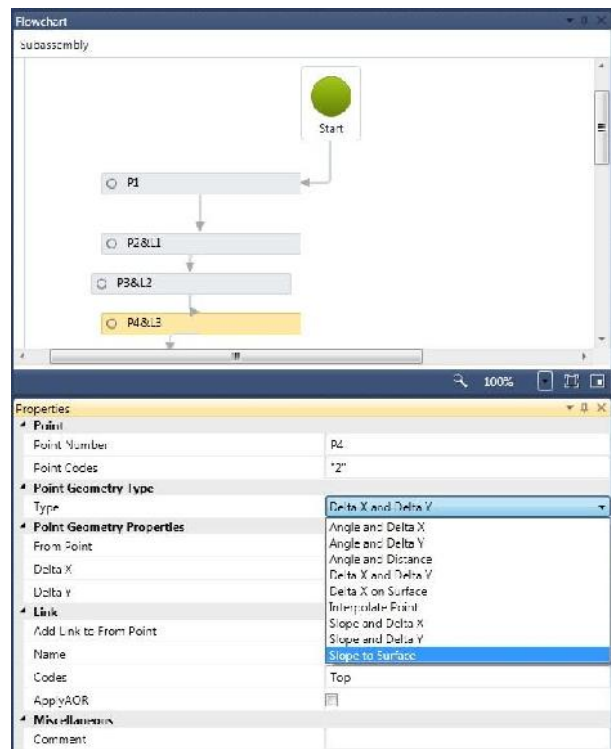
Slika 3. Definisane parametara površina

Osnovni elementi koji su na raspolaganju za kreiranje poprečnih preseka jesu tačke (points). Položaj tačke može se odrediti na više načina: zadavanjem rastojanja od prethodno definisane tačke u ravni u X i Y pravcu, pomoću određenog ugla ili nagiba i rastojanja u jednom od pravaca (X ili Y), projektovanjem tačke pod određenim nagibom do postojeće površine itd. (slika 4).

Pored definisanja položaja tačke, u prozoru *Properties* može se dodati pravolinijska veza između dve tačke ukoliko to zahtevaju geometrijski uslovi. U ovom prozoru se tačkama i vezama može dodeliti i takozvani

„kod“ elementa koji služi za manipulaciju datim elementom u samom programu. Na primer, ukoliko će se od određenog elementa u programu praviti dodatna površina (kruna nasipa, dno kanala itd.), koja će služiti za proračun materijala, kodovi su jako korisni jer se pomoću njih mogu na jednostavan način kreirati pomoćne strukture u modelu.

Treći najčešće korišćen element jeste zatvoren poligon (shape). Ovaj element se može konstruisati od postojećih elemenata ukoliko oni formiraju zatvorenu strukturu. Njemu se takođe može dodeliti odgovarajući kod i njime se uglavnom definišu konstruktivni delovi poprečnog preseka. Na osnovu koda se u programu veoma lako mogu sračunati količine pripadajućih materijala.

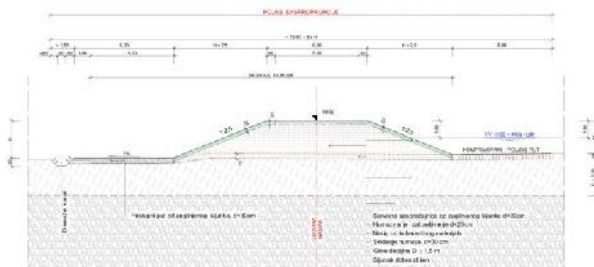


Slika 4. Definisane položaja elemenata

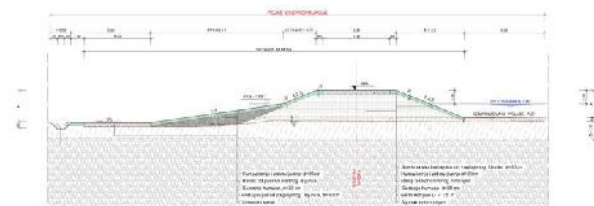
Konstruisanom poprečnom preseku ili njegovom delu (ukoliko se kreira parcijalno), dodeljuje se ime koje se pojavljuje u paleti programa, dok se sam fajl čuva sa ekstenzijom .pkt i kao takav uvozi u paletu programa.

3. PRIMENA KOMPONENTE SUBASSEMBLY COMPOSER NA PROJEKTOVANJE LEVOOBALNOG NASIPA REKE DRINE

U okviru izrade glavnog projekta levoobalnog nasipa reke Drine [1], bilo je potrebno definisati trasu ose nasipa kao i izgled poprečnih profila nasipa (koji su se razlikovali duž trase u zavisnosti od uslova na terenu). S obzirom na relativno veliku dužinu nasipa i broj poprečnih profila kojim je nasip definisan (10 km nasipa je predstavljeno kroz 400 poprečnih profila), svaka korekcija trase ili izgleda nasipa zahtevala bi dosta vremena za grafičko ažuriranje. Da bi se proces automatizovao i skratilo vreme projektovanja, karakteristični tipovi poprečnih profila nasipa su definisani pomoću Subassembly Composer-a. Na slikama 5 i 6 su prikazana 2 tipa nasipa – sa i bez balasta, koji su kreirani tako da u CIVIL 3D okruženju imaju mogućnost jednostavne promene elemenata nasipa, kao što su širina krune nasipa, nagib kosina nasipa, širine i debljine servisnih puteva, širine i dubine drenažnog kanala itd.



Slika 5. Tipični poprečni profil bez balasta

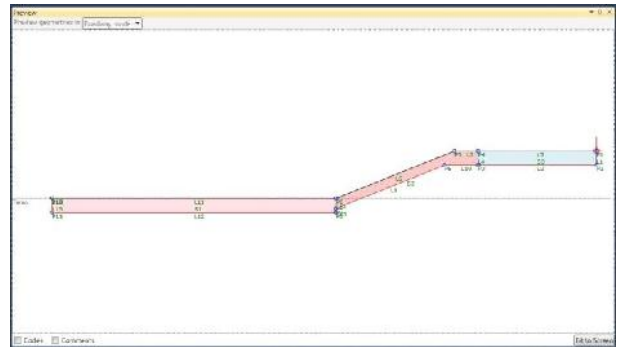


Slika 6. Tipični poprečni profil sa balastom

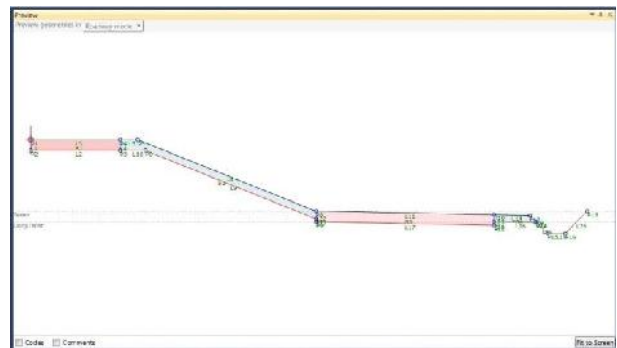
Na ovaj način, postignuta je mogućnost variranja velikog broja parametara kojim se menja izgled nasipa, pri čemu se svaka promena automatski ažurira. Takođe, u okviru Subassembly Composer-a su definisani elementi pomoću kojih se vrši računica za predmer materijala (skidanje humusa, iskop, nasipanje, izrada servisnog puta itd.).

Uzimajući u obzir kompleksnost poprečnih preseka koju je zahtevao projekat levoobalnog nasipa reke Drine, u

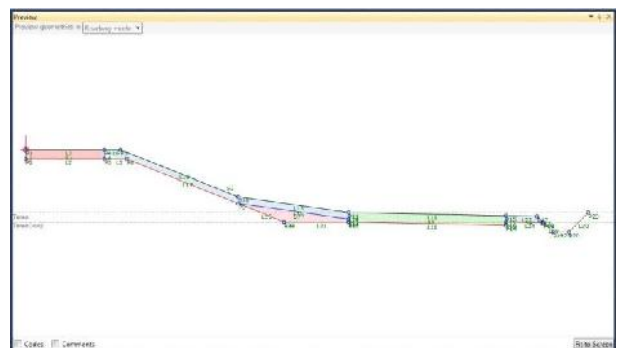
datku Subassembly Composer zasebno su konstruisane leva i desna strana tipičnih poprečnih preseka. Ovaj vid rešenja usvojen je kako bi se izbegle greške u modelu usled mnogobrojnih uslova koje je nametao sam teren, a koji dodatno usložnjavaju algoritamsku strukturu. Program CIVIL 3D posmatra preseke uzvodno, tj. suprotno od onoga kako ih posmatraju inženjeri hidrotehnike. Iz ovog razloga, delovi preseka su konstruisani suprotno u odnosu na osu nasipa. Primeri konstruisanih delova preseka dati su na slikama 7, 8 i 9.



Slika 7. Desna strana oba tipična profila



Slika 8. Leva strana tipičnog profila bez balasta



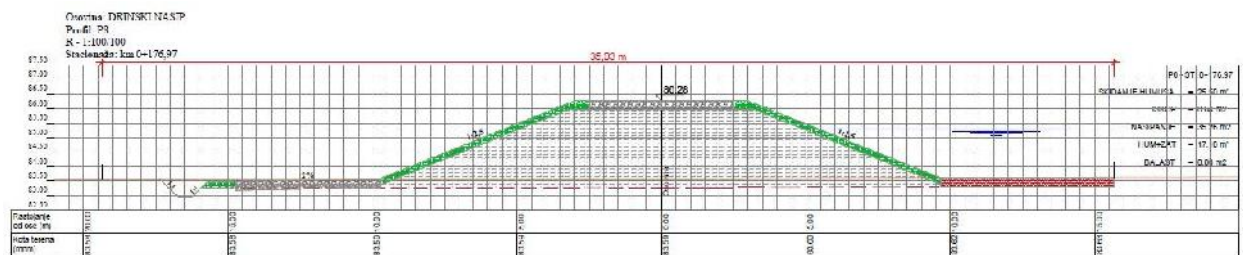
Slika 9. Leva strana tipičnog profila sa balastom

4. REZULTATI

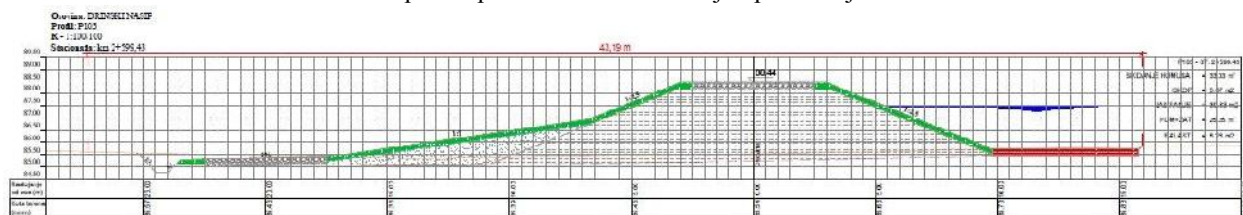
Komponente tipskih poprečnih profila, koje su konstruisane u Subassembly Composer-u, uvezene su u program CIVIL 3D i od njih su formirani tipski poprečni preseći (assembly). Projektovani nasip nije bio uniforman celom svojom dužinom, već se izgled menjao u zavisnosti od uslova na terenu (npr. deonice nasipa sa i bez balasta).

Svaka promena geometrije nasipa je obuhvaćena navedenim poprečnim presećima, koji su kreirani u Subassembly Composer-u. Na osnovu ovih preseka, ose i kote krune nasipa formirana je 3D površ nasipa. Uz nasip, formiran je i digitalni model terena (DTM), koji je dobijen pomoću tačaka koje su snimljene tokom terenskih istraživanja.

Duž nasipa je definisano oko 400 poprečnih profila, na međusobnom rastojanju približno 25 m. Svaki poprečni profil je dobijen presekom formirane površi nasipa i



Slika 10. Poprečni profil bez balasta dobijen presecanjem koridora



Slika 11. Poprečni profil sa balastom dobijen presecanjem koridora

5. ZAKLJUČAK

Primena Subassembly Composer-a ima izuzetan značaj pri projektovanju objekata koji imaju specifičan izgled, a koji se ne može naći u okviru postojeće palete koja se nalazi u programskom paketu CIVIL 3D. Kreiranjem ovakvih profila, projekat postaje izuzetno fleksibilan na različite izmene do kojih može doći u toku projektovanja, pri čemu se izmene ažuriraju veoma brzo. Na ovaj način skraćuje se vreme projektovanja i otvara mogućnost projektantu da napravi veliki broj različitih opcija, iz kojih će lakše doći do najboljeg rešenja. Što je najznačajnije, ovakav način modeliranja može naći primenu za širok opseg projektovanja u

terena. Ovako dobijeni poprečni profili su prikazani grafički, gde se na svakom profilu vidi izgled nasipa sa servisnim putevima, drenažnim kanalom i linijom terena (slike 10 i 11). Takođe, za svaki poprečni profil su automatski izračunate i prikazane količine materijala potrebne za formiranje nasipa za različite pozicije radova (skidanje humusa, iskop, nasipanje...), kao i kumulativne vrednosti svih pozicija za ceo nasip.

U toku projektovanja nekoliko puta su menjani elementi nasipa (osa nasipa, nagib kosina nasipa i balasta...), da bi se projektovani nasip najbolje uklopio u okruženje. Svaka promena koja je napravljena ažurirana je skoro trenutno, kako u situacionom prikazu i poprečnim profilima, tako i u računu za predmer radova.

Na slikama 10 i 11 prikazani su poprečni profili, bez balasta i sa balastom, dobijeni presecanjem konstruisanog koridora.

inženjerstvu – za projektovanje puteva, nasipa, reka itd., gde je na brz način moguće kreirati objekte, praviti izmene na njima i izvršiti predmer radova.

LITERATURA

[1] *Glavni projekat za zaštitu od poplava područja grada Bijeljine od velikih voda rijeke Drine-Deonica nasipa od kanala "Selište", pa uzvodno do magistralnog puta "Bijeljina-Badovinci", na dužini od 9,97 km-* Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi", 2016.

[2] *Autodesk AutoCAD Civil 3D 2016 User's Guide*, 2016.

[3] <https://knowledge.autodesk.com>

VERIFIKACIJA SATELITSKI OSMOTRENIH PADAVINA NA TERITORIJI REPUBLIKE SRBIJE

VERIFICATION OF SATELLITE-BASED RAINFALL DATASETS (CASE STUDY: SERBIA)

Nikola Zlatanović¹, Aleksandar Drobniak¹, Milutin Stefanović¹, Mileta Milojević¹
Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi"¹

Sadržaj - Osmatranje klimatskih i meteoroloških parametara se vrši već više od 200 godina konvencionalnim metodama koje su se pokazale kao veoma pouzdane. Satelitski osmotrene padavine pokrivaju čitav svet, ili veći njegov deo, što ih čini veoma upotrebljivim za primenu u raznim hidrološkim analizama. U ovom radu su opisana tri proizvoda satelitski osmotrenih padavina visoke rezolucije (TRMM, TRMM-RT i PERSIANN) i njihovi rezultati su upoređeni sa padavinama koje su osmotrene konvencionalnim putem u periodu od 2001. do 2010. godine.

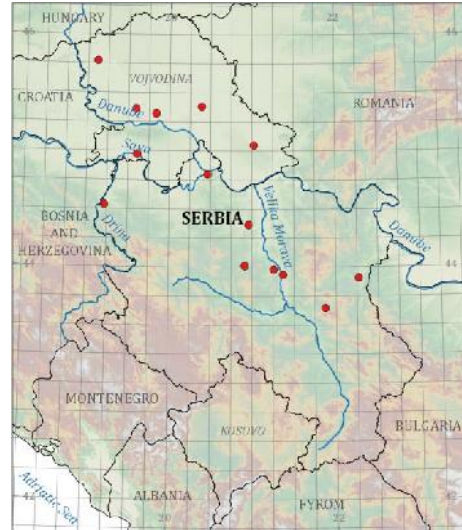
Abstract - The monitoring of climate by conventional means has been well established over the past 200 years. Satellite-based rainfall estimation produces datasets with a global coverage, which make them well suited for hydrological applications. In this paper, three high-resolution satellite rainfall products (TRMM, TRMM-RT and PERSIANN) were evaluated with observed rain gauged data from 2001 to 2010.

1. UVOD

Monitoring klimatskih i meteoroloških parametara vrši se ustaljenim metodama koje su se pokazale kao veoma pouzdane. Najčešće se merenja i osmatranja meteoroloških, klimatskih i hidroloških pokazatelja, kao i njihova obrada, poverava hidrometeorološkom zavodu koji je nadležan za određenu državu ili teritoriju. Međutim, satelitski osmotrene padavine pokrivaju čitav svet i njihova primena je od izuzetnog značaja u raznim hidrološkim istraživanjima gde nema dovoljno podataka. Naročito su korisne i primenjive u vodoprivrednim analizama i studijama međunarodnih rečnih slivova. U ovom radu su opisana tri proizvoda satelitski osmotrenih padavina visoke rezolucije (TRMM, TRMM-RT i PERSIANN) i njihovi rezultati su upoređeni sa padavinama koje su osmotrene konvencionalnim putem u periodu od 2001. do 2010. godine.

2. PODACI I METODOLOGIJA

Oblasti koje su obuhvaćene ovom studijom pokrivaju teritoriju Vojvodine, centralnu Srbiju u dolini Velike Morave, istočnu Srbiju u okolini Zaječara i zapadnu Srbiju u donjem toku reke Drine.



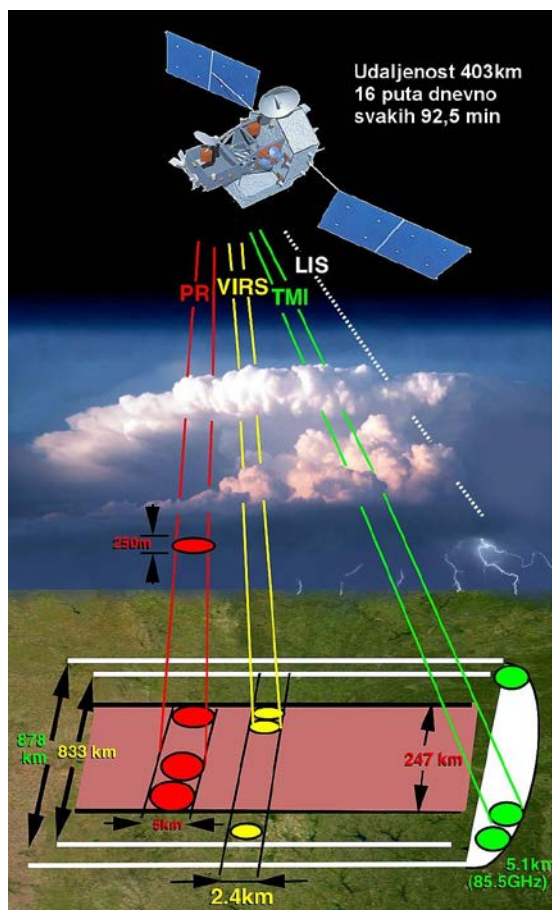
Slika 1. Istražno područje sa položajem meteoroloških stanica (prikazane crvenom bojom); razmak mreže odgovara rezoluciji korišćenih satelitski osmotrenih padavina - 0,25°x0,25°

Podaci osmatranja sa meteoroloških stanica za period od 2001. do 2010. godine su preuzeti od Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije (RHMZS). Ukupno je korišćeno 14 stanica, koje su klasifikovane kao glavne meteorološke stanice u meteorološkom osmatračkom sistemu RHMZ.

Meteorološki osmatrački sistem Srbije (MOSS) je deo Globalnog osmatračkog sistema (GOS) i čine ga sve mikrolokacije na kojima se vrše merenja i osmatranja. Na meteorološkim stanicama pored osmatranja atmosferskih padavina mere se sledeći parametri: smer, brzina i jačina vetra, vidljivost i temperatura vazduha, atmosferski pritisak, vlažnost zemljišta, intenzitet padavina i dr. Svi podaci osmatranja i merenja se obrađuju i čuvaju u bazi podataka u RHMZ-u [1].

Ukupno 3 produkta satelitski osmotrenih padavina je analizirano u ovoj studiji: TRMM, TRMM-RT i PERSIANN. Sva tri produkta su javno dostupna putem interneta.

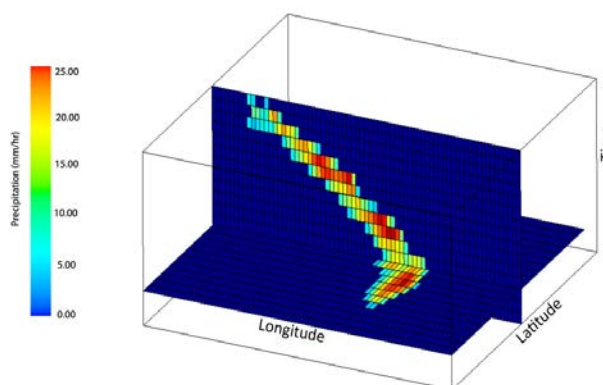
TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) [2], razvijen kao zajednički poduhvat američke Nacionalne vazduhoplovne i svemirske agencije (NASA - National Aeronautics and Space Administration) i Japanske agencije za istraživanje vazduhoplovstva i svemira (JAXA - Japan Aerospace Exploration Agency), daje podatke o padavinama u tročasovnim intervalima.



Slika 2. Šematski prikaz rezolucije i položaja regiona osmatranja različitih instrumenata na satelitu TRMM (izvor: NASA)

Podaci TRMM (verzija 3B43) su dostupni sa zakašnjenjem od oko 15 dana u toku kojih se podaci dodatno obrađuju i kalibrišu, dok su podaci TRMM-RT dostupni svega nekoliko sati nakon osmatranja i namenjeni su za primenu u realnom vremenu (real-time), odnosno približno realnom vremenu (near-real-time). Iako je misija TRMM privedena kraju aprila 2015. godine nakon 17 godina rada i satelit prizemljen juna 2015. godine, njen naslednik je misija GPM (Global Precipitation Measurement) čiji je glavni satelit lansiran februara 2014. godine.

PERSIANN (Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information using Artificial Neural Networks) [3] sistem računa padavine sa visokom rezolucijom korišćenjem satelitski osmotrenih podataka i primenom veštačkih neuralnih mreža i sistema klasifikacije oblaka (slika 3). Razvijen je u centru za hidrometeorologiju i daljinsku detekciju (CHRS - Center for Hydro-meteorology and Remote Sensing) pri Univerzitetu u Kaliforniji - Irvajnu, SAD.



Slika 3. Primer PERSIANN sistema za klasifikaciju oblaka primenom veštačkih neuralnih mreža (izvor: CHRS)

U ovoj studiji, časovni podaci su agregirani u dnevne da bi se poklopili vremenski koraci osmotrenih padavina (zemaljskih) i satelitski-osmotrenih padavina. Potom je izvršeno detaljno upoređivanje tako dobijenih satelitski osmotrenih padavina sa referentnim padavinama dobijenim konvencionalnim merenjima, na nivou dnevnih, 10-dnevnih i godišnjih padavina. Korišćeni su sledeći statistički pokazatelji za upoređivanje nizova: koren srednje kvadratne greške, Pirsonov koeficijent korelacije i statistička pristrasnost.

Koren srednje kvadratne greške (RMSE) je veličina koja se često koristi za prikaz odstupanja između dva niza, najčešće između modeliranih i osmotrenih nizova, i u ovom radu je definisana kao:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_{SAT} - P_{OSM})^2} \quad (1)$$

gde je n ukupan broj podataka, P_{SAT} su padavine dobijene iz satelitskih osmatranja, i P_{OSM} su padavine dobijene putem konvencionalnih osmatranja.

Pirsonov koeficijent korelacije r predstavlja meru linearne zavisnosti između dve promenljive, i u slučaju upoređivanja padavina je definisan kao:

$$r = \frac{\sum P_{SAT} P_{OSM} - n \bar{P}_{SAT} \bar{P}_{OSM}}{(n-1) S_{P_{SAT}} S_{P_{OSM}}} \quad (2)$$

gde je P vrednost padavina, \bar{P} srednja vrednost padavina, S standardna devijacija niza, dok indeksi SAT i OSM označavaju satelitski odnosno konvencionalno osmotrene podatke.

Statistička pristrasnost (bias) predstavlja sistematsko odstupanje dve promenljive, i ukoliko ne postoje sistematska odstupanja, trebalo bi da bude bliska nuli. Definisana je kao:

$$BIAS = \frac{\sum (P_{SAT} - P_{OSM})}{n} \quad (3)$$

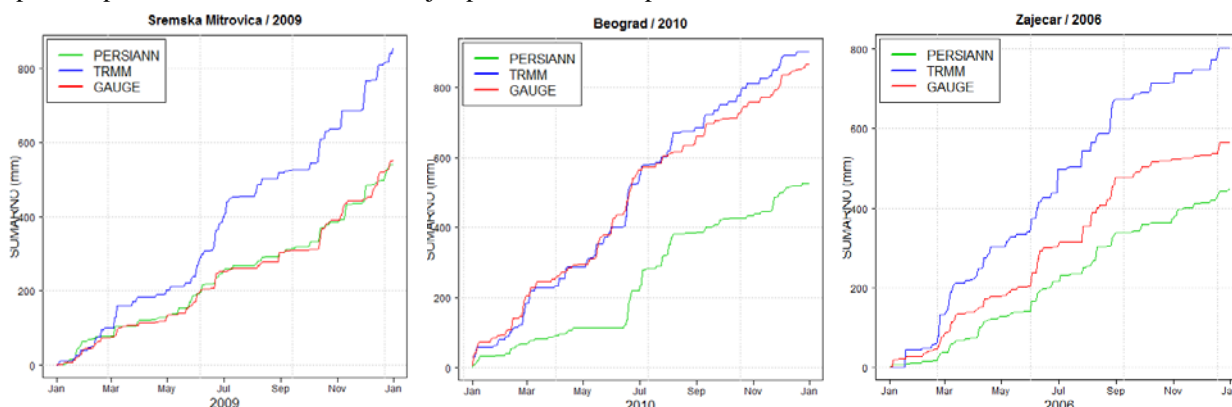
3. REZULTATI

Rezultati su prikazani grafički na slikama 4-6. Na slici 4 su prikazani dijagrami sumarnih padavina za tri stanice i tri različite godine (Sremska Mitrovica 2009, Beograd 2010 i Zaječar 2006), gde su predstavljeni rezultati TRMM, PERSIANN i osmotreni podaci. Može se videti da se na primeru Sremske Mitrovice 2009. godine, PERSIANN gotovo savršeno poklapa sa osmotrenim podacima, dok na primeru Beograda 2010. godine savršeno poklapanje daje TRMM. Na primeru Zaječara 2006. godine, međutim, TRMM daje značajno precenjene godišnje padavine, dok PERSIANN daje značajno podcenjene. U slučaju godišnjih suma padavina, važno je napomenuti da PERSIANN sistem ne vrši popunjavanje "rupa" u podacima, tako da sumiranje padavina na

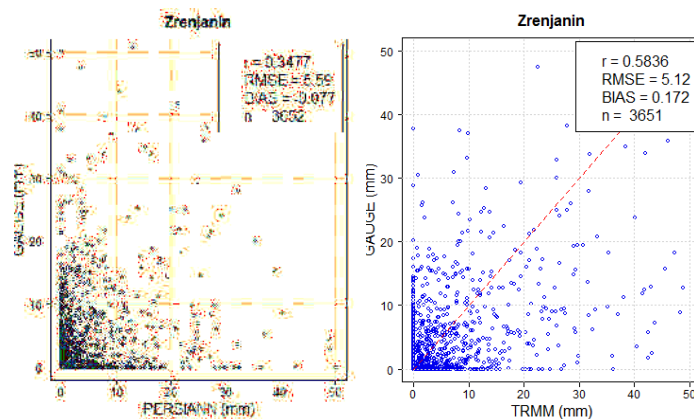
godišnjem nivou često daje manje vrednosti od osmotrenih.

Pri poređenju dnevnih padavina za celokupan period od 10 godina, od 2001. do 2010. godine, rezultati su prikazani na slici 5. Na vertikalnoj osi su nanete padavine osmotrene konvencionalnim putem, dok su na horizontalnoj osi nanete satelitski osmotrene vrednosti, za sve dane u posmatranom periodu. Na dijagramu je crvenom linijom ($x=y$) označeno savršeno slaganje dva niza.

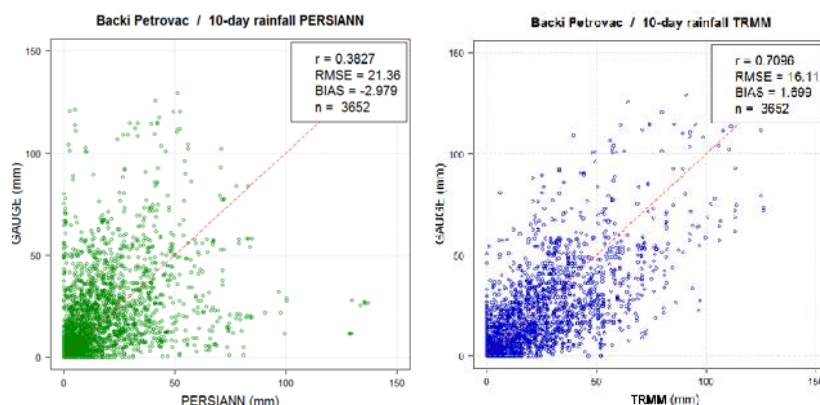
Desetodnevne padavine su takođe poređene na isti način kao i dnevne, i prikazane na slici 6. Može se videti značajno bolje slaganje nego pri poređenju jednodnevnih padavina.



Slika 4. Uporedni prikaz sumarnih kriva padavina na primeru tri različite stanice i tri različite godine



Slika 5. Uporedni prikaz dnevnih padavina za period od 10 godina (crvena linija predstavlja savršeno slaganje)



Slika 6. Uporedni prikaz 10-dnevnih padavina za period od 10 godina (crvena linija predstavlja savršeno slaganje)

4. ZAKLJUČAK

Svi razmatrani produkti satelitski osmatranih padavina su pokazali ujednačene rezultate u čitavom istražnom području, kako u ravnici tako i u brdovito-planinskim predelima. Prema statističkim pokazateljima, TRMM daje rezultate koji imaju najmanje odstupanja od izmerenih vrednosti. Međutim, neophodno je uzeti u obzir i vreme kašnjenja podatka u odnosu na posmatranje, tj. vreme koje protekne između snimanja i raspoloživosti podatka. Tako, pri poređenju dva produkta koja su namenjena upotrebi u realnom vremenu, TRMM-RT i PERSIANN, bolji rezultati se postižu sistemom PERSIANN.

Sva tri produkta su se pokazala kao veoma upotrebljivi izvor podataka za primene u agroklimatskim osmatranjima, sistemima za ranu najavu i upozoravanje, hidrološkom modeliranju itd., naročito u područjima koja oskudevaju kvalitetnijim podacima o padavinama.

LITERATURA

- [1] Republički hidrometeorološki zavod Srbije RHMZS (2016) Informator o radu Republičkog hidrometeorološkog zavoda.
- [2] Huffman, G. J., Adler, R. F., Rudolf, B., Schneider, U., and Keehn, P. R. (1995) Global precipitation estimates based on a technique for combining satellite-based estimates, rain gauge analysis, and NWP model precipitation information, *Journal of Climate*, Vol. 8, no. 5, pp. 1284–1295.
- [3] Hsu, K., Gao, X., Sorooshian, S., and Gupta, H.V. (1997) Precipitation estimation from remotely sensed information using artificial neural networks. *Journal of Applied Meteorology*, 36, pp1176-1190.

KOEFICIJENT TRANSMISIJE TOPLOTE KROZ ZIDOVE POSTOJEĆIH ZGRADA

HEAT TRANSMISSION COEFFICIENT THROUGH WALLS OF EXISTING BUILDINGS

Žarko Barbarić¹, Aleksandra Pavlović²

Državni univerzitet u Novom Pazaru¹

Državni univerzitet u Novom Pazaru²

Sadržaj – Postoji nekoliko načina za izračunavanje koeficijenta transmisije toplote U , kroz zidove već postojećih zgrada. U ovom radu, predlaže se nova metoda za određivanje istog. Merenjem temperature vazduha i zida unutar i spolja zgrade ili kuće i brzine vetra u nepoređnoj blizini spoljnog zida, određen je koeficijent U . Temperatura unutrašnjeg i spoljašnjeg zida je procenjena sa termovizijskih slika, a ostali navedeni parametri su izmereni pomoću pokretne meteorološke stanice PCE FWS-20. Izračunata je relativna greškaprocene koeficijenta U , koja je posledica merenja i primenjenih senzora, i ona nije veća od 15%.

Abstract - There are several ways to calculate the heat transmission coefficient U , through the walls of the existing buildings. In this paper, we propose a new method for assessment of the same. By measuring the air and wall temperature inside and outside of the building or house and wind speed in the immediate vicinity of outside wall, coefficient U is assessment. The temperature of the inner and outer wall is estimated from a thermovision images, and other specified parameters were measured using a mobile weather station PCE FWS-20. The relative error of assessment of coefficient U , which is the result of the measurement and applied sensors is calculated and does not exceed 15%.

1. TEORETSKI OSNOVI

Toplotni fluks kroz zidove i otvore postojećih zgrada može se odrediti merenjem temperature vazduha i površina objekta u unutrašnjosti i spoljašnjosti zgrade. Izračunavanje toplotnog fluksa se vrši prema relaciji [1]

$$Q = h_i(T_i - T_{si}) = h_e(T_e - T_{se}) \quad (1)$$

gde su unutrašnja temperatura vazduha i površine zida T_i i T_{si} , a spoljašnje temperature vazduha i zida T_e i T_{se} , respektivno, h_i i h_e su odgovarajući unutrašnji ili spoljašnji koeficijenti prenosa toplote.

Koeficijenti toplote se određuju iz relacija [1], [2]

$$h_i = 1,77^4 \sqrt{T_i - T_{si}}, \quad h_e = 5,8 + 4,1v \quad (2)$$

gde je v brzina vetra u okolini spoljnog zida zgrade.

Međutim, toplotni fluks se može odrediti [2] iz

$$Q = U(T_i - T_e) \quad (3)$$

gde je U koeficijent transmisije toplote kroz zid ili otvor.

Izjednačavanjem (1) i (3) dobija se koeficijent transmisije toplote, U u $W/(m^2K)$, u obliku

$$U = h_i \frac{T_i - T_{si}}{T_i - T_e} = h_e \frac{T_e - T_{se}}{T_i - T_e} \quad (4)$$

Relacija (4) pokazuje da se vrednost koeficijenta transmisije toplote kroz zidove postojećih zgrada može izračunati na osnovu merenja temperatura vazduha i površine zida u unutrašnjosti i spoljašnjosti zgrade, kao i brzine vetra u okolini spoljnog zida zgrade. Temperature vazduha unutar i spolja zgrade mere se standardnim termometrom, a temperature spoljne i unutrašnje površine zida procenjuju se na osnovu termovizijske slike ovih površina.

Relativna greška funkcije više promenljivih može se odrediti na osnovu parcijalnih izvoda funkcije i priraštaja pojedinih promenljivih. Tako određena relativna greška koeficijenta transmisije toplote, iz (4), dobija se

$$\frac{\Delta U}{U} = 1,25 \frac{\Delta T_i + \Delta T_{si}}{T_i - T_{si}} + \frac{\Delta T_i + \Delta T_e}{T_i - T_e} = \frac{\Delta h_e}{h_e} + \frac{\Delta T_e + \Delta T_{se}}{T_e - T_{se}} + \frac{\Delta T_i + \Delta T_e}{T_i - T_e} \quad (5)$$

Relacija (5) pokazuje da relativna greška koeficijenta transmisije zavisi od razlike temperature vazduha i zida u zgradi i razlike temperature vazduha i zida spolja, kao i od apsolutnih grešaka merenja navedenih temperatura. Treba primetiti, da se relacija (5) može pojednostaviti ako je velika razlika $T_i - T_e$ u odnosu na druge razlike $T_i - T_{si}$ i $T_e - T_{se}$. Isti autori su u [3] predložili da se merenje vrši kada su niske spoljne temperature (oko 0 °C), zbog zanemarivanja po jednog člana sa obe strane centralne jednakosti u (5). Posle zanemarivanja relativna greška koeficijenta transmisije toplote postaje

$$\frac{\Delta U}{U} \approx 1,25 \frac{\Delta T_i + \Delta T_{si}}{T_i - T_{si}} \approx \frac{\Delta h_e}{h_e} + \frac{\Delta T_e + \Delta T_{se}}{T_e - T_{se}} \quad (6)$$

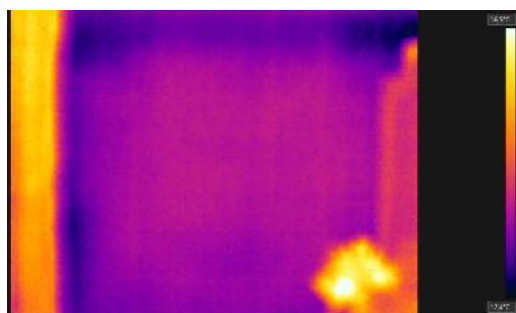
Iz relacije (6) se vidi da relativna greška, ako se U određuje pomoću h_i , zavisi samo od razlike temperature vazduha i zida u zgradi i apsolutnih grešaka merenja temperatura. Međutim, ako se U računa pomoću h_e , relativna greška zavisi od razlike temperature vazduha i zida izvan zgrade, apsolutnih grešaka merenja temperatura i relativne greške merenja brzine vetra. Zbog velikog uticaja vetra na h_e , poteškoća oko merenja brzine vetra u okolini površine zida i određivanja relativne greške brzine vetra predlaže se izračunavanja koeficijenta transmisije

toplote kroz zidove i otvore postojećih zgrada pomoću koeficijenta h_i .

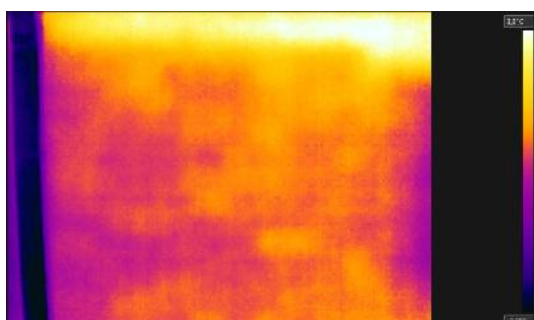
2. MERNI INSTRUMENTI

Za izvođenje eksperimenta je korišćena sledeća oprema: termovizijska kamera proizvođača FLIR, sa oznakom T420, za generisanje termovizijskih slika, meteorološka stanica sa oznakom PCE FWS-20, za merenje temperature unutrašnje i spoljašnje atmosfere, kao i brzine vetra, i softver Flir Tools+, za analizu i obradu termovizijskih slika.

Korišćenjem termovizijske kamere, generisano je po pet termovizijskih i vizuelnih slika unutrašnje i spoljašnje površine zida. Slike su generisane na rastojanju 2 m od površine zida, i to iz pet različitih uglova u odnosu na pravac koji je normalan na ravan zida (upravno na ravan zida, ukošeno udesno i ulevo u odnosu na pravac zida, kao i pomereno na gore i da dole vertikalno u odnosu na pravac zida), za istu zadatu emisivnost. Na slikama 1 i 2 su date termovizijske slike unutrašnje i spoljašnje površine zida.



Slika 1. Termovizijska slika unutrašnje površine zida



Slika 1. Termovizijska slika spoljašnje površine zida

Vremenski razmak između slika nije duži od jednog minuta. Analiza dobijenih termovizijskih slika je izvršena u softverskom paketu Flir Tools+, kako bi se procenila temperatura unutrašnje i spoljašnje površine zida. U softverski paket Flir Tools+ se unose sledeći parametri: emisivnost površine od interesa, reflektovana temperatura, rastojanje od površine od interesa, atmosferska temperatura i relativna vlažnost vazduha[4].

Temperatura unutrašnje i spoljašnje atmosfere, kao i brzina vetra, u okolini spoljašnje površine zida, na rastojanju 1 m od zida, izmerena je korišćenjem meteorološke stanice PCE FWS-20 [5].

3. EKSPERIMENTALNI REZULTATI

U cilju provere teoretskih rezultata izvršena su merenja temperatura vazduha unutar i spolja. Temperatura površina unutrašnjeg i spoljašnjeg zida procenjena je na osnovu obrade termovizijskih slika ovih površina. Procena brzine vetra izvršena je senzorom brzine vetra. U tabeli 1 prikazani su rezultati izmerenih fizičkih veličina i izračunate vrednosti koeficijenta transmisije toplote kroz zid, korišćenjem relacije (4).

Tabela 1. Rezultati merenja i izračunate vrednosti koeficijenta U_i i U_e

T_i [°C]	T_{si} [°C]	T_e [°C]	T_{se} [°C]	V [m/s]	U_i [W/(m ² K)]	U_e [W/(m ² K)]
17.1	14.4	2	1.2	0.3	0.3648	0.3749
17	14.5	2.1	1.3	0.3	0.3709	0.3281
16.9	14.4	1.9	1.1	0.3	0.3648	0.4218
17.2	14.5	2.2	1.2	0.3	0.3709	0.3749
16.8	14.6	1.8	1.3	0.3	0.3525	0.3281

Iz table 1 možemo videti da su vrednosti koeficijena U_i i U_e približno jednake. Do razlike u vrednostima dolazi usled grešaka prilikom merenja. Obzirom na kratko trajanje eksperimenta, vrednost brzine vetra je ista za svih pet slučajeva. Međutim, ono što se vidno razlikuje, jesu procene temperature unutrašnje i spoljašnje površine zida. Razlog tome jeste to što ne znamo kolika je stvarna emisivnost zida. Na osnovu procenjenih temperatura, određena je srednja vrednost unutrašnje i spoljašnje temperature zida ($T_{si,s}$ i $T_{se,s}$) i na osnovu određenih srednjih vrednosti, u softverskom paketu Flir Tools+, određena je emisivnost unutrašnje i spoljašnje površine zida ($\epsilon_u = 0,88$ i $\epsilon_s = 0,80$). Korišćenjem srednjih vrednosti temperatura, izračunata je vrednosti koeficijenta U . Dobijeni rezultati, kao i relativna greška računanja faktora U , dati su u tabeli 2:

Tabela 2. Srednje vrednosti, apsolutne greške merenja i relativna greške procene

$T_{i,s}$	$T_{si,s}$ (°C)	$T_{e,s}$ (°C)	$T_{se,s}$ (°C)	$\Delta h_e/h_e$
17	14.48	2	1.22	0.0292
ΔT_i (°C)	ΔT_{si} (°C)	ΔT_e (°C)	ΔT_{se} (°C)	$\Delta U/U$
0.2	0.12	0.2	0.08	0.1587

4. ANALIZA REZULTATA

Postojeća instrumentacija ima zadate greške senzora. Međutim, mi smo određivali apsolutne greške kao najveću razliku između izmerene isrednje vrednosti temperature. Procenjena vrednost relativne greške spoljnog koeficijenta toplote h_e je određena na osnovu merenja brzine vetra na 1 m odstojanja od spoljnog zida na visini 1,5 m, za smer vetra paralelno sa površinom zida. Apsolutna greška procene brzine vetra je određena na istom principu kao i za temperature. Relativna greška

he je relativno mala, pa je njen uticaj na relativnu grešku manji u odnosu na relativnu grešku razlike temperatura. Relacij (6) pokazuje da bi trebalo dobiti istu ili približno istu grešku korišćenem leve i desne strane. Međutim, mi smo dobili znatno veću grešku za određivanje koeficijenta U preko spoljnih parametara, što je verovatno posledica nedovoljno tačne procene temperature spoljnog zida korišćenjem termovizijske slike.

[5] Manual PCE-FWS 20, <http://www.industrial-needs.com>manual>

5. ZAKLJUČAK

Faktor U predstavlja koeficijent transmisije toplote, odnosno koeficijent gubitka toplote kroz prozore, zidove, krovove, itd.

Merenjem temperature vazduha i zida sa unutrašnje i spolja zgrade ili kuće i brzine vetra u neprednoj blizini spoljnog zida, određen je koeficijent U, kao srednje vrednosti, apsolutne greške merenja i relativna greške procene faktora U, koja nije veća od 15%.

Teorijski, relativna greška procene koeficijenta U je približno ista, nezavisno od merenja unutrašnjih ili spoljašnjih parametara od interesa. Međutim, mi smo dobili znatno veću grešku za određivanje koeficijenta U preko spoljnih parametara, što je verovatno posledica nedovoljno tačne procene temperature spoljnog zida korišćenjem termovizijske slike. To će biti tema istraživanja u nekom od budućih radova.

NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Rezultati prikazani u ovom radu su deo istraživanja u okviru projekta TR32023 – “Optimizacija performansi energetske-efikasne računarskih i komunikacionih sistema”, koje finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj.

LITERATURA

- [1] K. Carbonez, N.V.D. Bossche, M. Steeman, S.V.D.Vijver, A. Janssens, “On the applicability of quantitative infrared thermography on window glazing”, 10th Nordic Symposium on Building Physics, Proceedings, pp.313-320, 2014.
- [2] D L Loveday BSc PhD Cphys MInstP Ceng MinstE and A H Taki MSc PhD MASHRAE, "Outside surface resistance: Proposed new value for building design“, Proc. CIBSE A: Building Serv. Eng.Res. Technol. 19(1) 23-29, Great Britain, 1998.
- [3] Ž. Barbarić, A. Pavlović, “ Procena koeficijenta transmisije toplote kroz zidove i otvore primenom termovizijske slike”, Zbornik radova Yuinfo 2016, Beograd, ISBN: 978-86-85525-17-9, pp.271-275, 2016.
- [4] User’s Manual, Flir Tool/Tools+, <http://support.flir.com>

REALIZACIJA VEB SISTEMA ZA UPRAVLJANJE I NADGLEDANJE SOFTVERSKIH PROJEKATA

DEVELOPMENT OF WEB SYSTEM FOR SOFTWARE PROJECT MANAGEMENT AND MONITORING

Dražen Drašković¹, Marko Mićović¹, Uroš Radenković¹, Maja Vukasović¹, Sanja Delčev¹,
Vladimir Jocović¹, Živojin Šuštranj¹, Boško Nikolić¹

Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu¹

Sadržaj – Usled velikog razvoja softverske industrije javila se potreba za efikasnim načinom rada unutar velikih timova na zajedničkim projektima. Sistemi za upravljanje i nadgledanje projekata koriste se na svakom većem softverskom projektu i u svim većim softverskim kompanijama i korporacijama. Najbitnije karakteristike ovakvih sistema za upravljanje i kontrolu su: rad sa timovima i zadacima, upravljanje budžetom, resursima i vremenom, postavljanje rokova za završetak i podsećanje vođe projekta da se planirani rokovi približavaju ili probijaju. Vizuelizacija i grafički prikaz ovih servisa takođe su vrlo važna osobina ovakvih sistema. Nažalost, veliki broj ovakvih sistema danas je komercijalne prirode i bez mogućnosti da se nove funkcionalnosti modularno dodaju. U ovom radu prikazan je realizovan veb sistem na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu. Glavni ciljevi ovog sistema su: da bude lak za učenje, da ima intuitivan korisnički interfejs i da bude lak za upotrebu.

1. UVOD

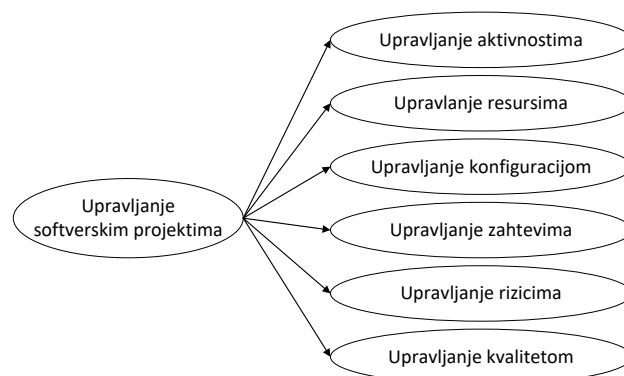
Upravljanje projektima predstavlja veštinu i znanje da se efikasno rasporede i organizuju resursi, dodele i izvršavaju zadaci i kontrolišu projekat, kako bi se postigla potrebna dinamika upravljanja celim procesom i realizovali definisani ciljevi projekta. Upravljanje projektima obuhvata osnovne procese pokretanja projekta, izvođenja zadataka, kontrolisanja i završetka projekta.

Softverski projekti su vrlo dinamični i vrlo često mogu izazvati probleme, kašnjenja u rasporedu, izmene budžeta i nepredviđena kašnjenja konačnog proizvoda. Upravljanje softverskim projektima predstavlja primenu metoda upravljanja i principa upravljanja u domenu softverskog inženjerstva i obuhvata sledeće celine [1] [2] [3]:

- početak projekta - trenutak kada moraju biti jasni ciljevi, korisnički zahtevi i poznata tehnička specifikacija softverskog sistema koji je potrebno realizovati;
- definisanje projektnog plana - trenutak kada se definišu radni tokovi, alociraju resursi, raspoređuju zadaci, definišu procedure konfigurisanja, analize i upravljanja rizicima i upravljanja kvalitetom;

- izvršavanje i nadgledanje projektnog plana - proces poštovanja izvršavanja svih aktivnosti i procene, uz eventualne izmene od strane glavnog menadžera projekta;
- završetak projekta - trenutak kada je softversko rešenje završeno prema ugovoru, cilj i ishod projekta dostignuti i dokumentacija napisana.

Struktura glavnih aktivnosti u upravljanju softverskim projektima data je na slici 1.



Slika 1 - Glavne aktivnosti u upravljanju softverskim projektima

Sve je veći broj softverskih sistema koje obuhvataju većinu ovih aktivnosti (npr. Microsoft Project, Trello, JIRA i drugi). Ovakvi sistemi su pretežno komercijalnog tipa, sa veoma skupim licencama za korišćenje. Postoje kao desktop aplikacije sa realizovanim serverskim delovima ili kao veb aplikacije sa troslojnom veb arhitekturom. Ovakvi sistemi se koriste i u edukativne svrhe, da bi studenti razumeli proces upravljanja softverskim projektima i sve uloge učesnika takvih projekata [4].

Cilj realizacije veb aplikacije otvorenog koda, koja bi bila modularna, je njeno korišćenje u edukativne svrhe na predmetu Upravljanje softverskim projektima. Proširivanjem ovog sistema i realizacijom modula za izveštavanje učesnika projekta i glavnog projektnog menadžera, ovakav sistem bi se mogao koristiti i u razvoju drugih softverskih projekata, njihovom upravljanju i nadgledanju.

Pre izrade samog sistema razmatran je izbor programskog jezika za realizaciju: PHP ili JavaScript. Odluka je doneta

na osnovu performansi platforme i izbora biblioteka i radnih okvira. Razmatrana su full-stack rešenja Meteor, baziran na JavaScript-u i Symfony, baziran na PHP jeziku. Oba radna okvira sadrže veliki broj biblioteka za razvoj veb aplikacija. Glavna prednost JavaScript jezika bio je faktor performansi, koji je značajno viši kod projekata rađenih pomoću Node.js okruženja naspram PHP platforme. Meteor je pružio podršku samo MongoDB sistemu koji predstavlja nerelacionu bazu podataka, zasnovanu na datotekama. S obzirom da je za potrebe izrade ovog veb sistema više odgovarala relaciona baza podataka, prednost je data Symfony radnom okviru.

U nastavku ovog rada, dat je kratak pregled dva postojeća sistema za upravljanje projektima i zahtevi koje smo postavili pri realizaciji sopstvenog softverskog sistema. U radu je prikazan opis svih implementiranih funkcionalnosti i arhitektura sistema. Na kraju rada dat je zaključak.

2. VEB SISTEM ZA UPRAVLJANJE I KONTROLU PROJEKATA

U razvoju softverskih sistema jedan od najvažnijih parametara čini planiranje i raspored različitih vrsta resursa. Softverska rešenja koja se bave upravljanjem projekata razlikuju se prema problemima kojima se bave i problemima koje rešavaju:

- raspoređivanje resursa,
- kontrola troškova prilikom rada na projektu,
- planiranje i upravljanje projektima,
- procena potrebnih resursa za projekte,
- kolaboracija na projektima,
- analiza rizika,
- generisanje izveštaja o statusu projekta.

Kao fokus prilikom realizacije našeg sistema nisu rešavani problemi procene potrebnih resursa za projekte, analize rizika i generisanja izveštaja o statusu projekta, ali su ostali problemi detaljnije obrađeni.

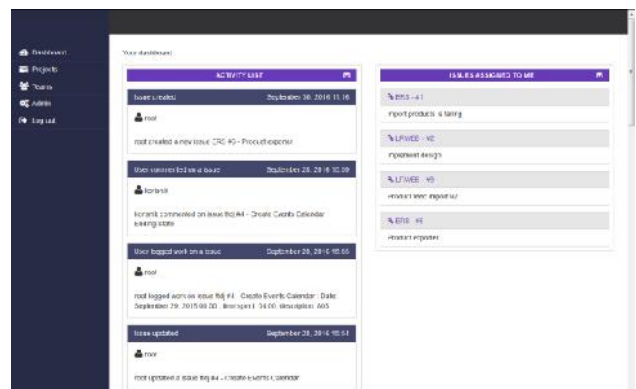
Efikasni planovi prilikom izrade softverskih projekata su od velikog značaja zbog određivanja ključnih faktora izrade projekta: cene projekta, potrebnih resursa, kvaliteta izrade projekta, vremena izrade i opseg projekta. Svi faktori su u međusobnoj sprezi, jer recimo povećanje opsega projekta utiče na povećanje vremena izrade i cene, osim ako se ne smanji kvalitet izrade projekta. Sistemi za upravljanje se uglavnom primenjuju unutar softverskih timova koji saraduju na zajedničkom projektu ili rade na razvoju određenih delova sistema. Podela korisnika unutar sistema deli se na projektne menadžere - vođe projekta, odnosno osobe koje su odgovorne za uspeh projekta, i članove projekta, odnosno osobe koje učestvuju na realizaciji projekta. Vođe projekta određuju koji članovi projekta učestvuju na realizaciji određenih celina projekta.

Pre izrade rešenja odrađeno je istraživanje postojećih rešenja koje se bave problematikom upravljanja softverskih projekata. U ovom poglavlju se detaljno opisuju funkcionalnosti i mogućnosti tih rešenja, sa kratkim pregledom. Prilikom analize su posmatrana dva postojeća rešenja: Podio [5] i JIRA [6]. Obe veb

aplikacije su isprobane u besplatnoj verziji, pa je testiran i analiziran samo deo funkcionalnosti oba sistema, koji su bili omogućeni. U slučaju JIRA aplikacije postoji i desktop verzija, ali je prilikom analize aplikacije korišćena veb.

Kriterijumi koji su obuhvaćeni analizom su: podešavanje veb aplikacije, korisnički interfejs, odziv aplikacije, fleksibilnost, integracija sa eksternim servisima i ekstenzije sistema. Prilikom testiranja obe aplikacije došlo se do zaključka da JIRA nudi dosta opširniji raspon podešavanja koje korisnik može kontrolisati. Dok je JIRA specijalizovani softver primarno fokusiran na softverske projekte, pristup Podio aplikacije se svodi na generalizaciju funkcionalnosti preko internih aplikacija i instalacije odgovarajućih internih aplikacija po potrebi. Na slici 1 dat je prikaz kontrolne table u realizovanoj veb aplikaciji, koja je opisana u ovom radu.

Prilikom realizacije našeg sistema usvojen je način pristupa podešavanju aplikacije slično realizaciji JIRA aplikacije, pa nudi dosta veću slobodu prilikom proširenja i modifikacije delova sistema. Glavni principi koji su inspirisani JIRA aplikacijom su: definisanje globalnih prava pristupa korisnika entitetima unutar sistema, dinamička konfiguracija polja entiteta u sistemu, dinamička konfiguracija stanja u kojima se zadaci unutar sistema mogu naći, podešavanje radnih tokova projektnih zadataka. Od Podio sistema prihvaćena je modularna arhitektura aplikacije.



Slika 2 - Kontrolna tabla realizovanog veb sistema

Oba veb sistema nude čist i pregledan dizajn sa lako dostupnom navigacijom. Glavna razlika u dizajnu se ogleda u mogućnosti konfiguracije izgleda aplikacije. JIRA omogućava konfiguraciju velikog dela izgleda aplikacije, dok promena izgleda aplikacije kod Podio aplikacije nije omogućena. U realizovanom sistemu, podešavanje korisničkog interfejsa nije razvijeno, već se taj deo sistema može promeniti menjanjem koda.

Podio ima bolji odziv aplikacije ka korisniku, jer se većina komunikacije obavlja asinhrono. JIRA u nekim elementima pruža asinhrono učitavanje i čuvanje podataka, ali je prilikom testiranja aplikacija bolji utisak ostvarila Podio aplikacija. Realizovani sistem koristi većinski sinhron pristup obrade korisničkih zahteva zbog lakše implementacije, ali sa određenim asinhronim elementima.

Tabela 1: Pregled analiziranih sistema		
	JIRA	Podio
Autor	Atlassian	Citrix
Godina	2002	2009
Instalacija	desktop / veb bazirana	veb bazirana
Glavne prednosti	<ul style="list-style-type: none"> ▪ visok nivo konfiguracije ▪ svaki zadatak može imati različitu konfiguraciju polja ▪ moćna konfiguracija radnih tokova zadataka ▪ kontrola kvaliteta proširenja sistema 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ velika modularnost ▪ brz odziv sistema ka korisniku ▪ besplatna verzija nudi velik opseg funkcionalnosti ▪ veliki broj proširenja sistema
Glavni nedostaci	<ul style="list-style-type: none"> ▪ specijalizovana aplikacija ▪ sporiji odziv sistema ▪ manji broj proširenja sistema 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ nizak nivo konfiguracije delova sistema ▪ manja zastupljenost na tržištu ▪ manjak kontrole kvaliteta proširenja sistema
Otvoren API	Da	Da
API organizacija	500 zahteva / 5 min.	5000 zahteva / sat
Mobilna aplikacija	Ne	Da
Ugrađen live chat	Ne	Da
CRM podrška	Ne	Da
Licenca	Free Trial / Subscription	Free Version / Subscription
Podrška korisnika	Da	Da

Obe analizirane aplikacije nude visok nivo fleksibilnosti preko podešavanja aplikacije i izbora internih aplikacija koje se mogu koristiti u sklopu sistema. S obzirom da je Podio aplikacija rađena kao generalizovana modularna struktura, dok je JIRA specijalizovana aplikacija, prednost je data Podio aplikaciji. Prilikom izrade našeg sistema visok stepen fleksibilnosti ostvaren je koristeći nekoliko projektnih uzoraka, od kojih je Dependency Injection najvažniji.

Podio i JIRA nude veoma širok spektar integracije sa eksternim aplikacijama, kao što su kreiranje zadataka

pomoću elektronske pošte, korišćenje integracije sa Gmail-om, veza sa Dropbox sistemom za upravljanje datotekama, integracija ka sistemima za verzionisanje. Kod oba sistema realizovan je REST API (Application Programming Interface) interfejs koji omogućava integraciju sa eksternim aplikacijama. JIRA ograničava broj poziva na 500 zahteva svakih 5 minuta, dok Podio ograničava broj poziva na 5000 po satu, osim u slučaju da je API poziv označen kao ograničen u kom slučaju je ograničenje postavljeno na 1000 poziva po satu.

Oba sistema sadrže veliki broj internih proširenja koje se mogu brzo instalirati i pokrenuti unutar instalacije. Kontrola kvaliteta proširenja je dosta veća kod JIRA sistema, jer je svako proširenje ili napisano od strane Atlassian tima ili pregledano od strane istog, dok se kod Podio aplikacije može skinuti bilo koje proširenje napisano od strane korisnika. Oba pristupa imaju svoje prednosti i mane, dok je kod JIRA aplikacije kvalitet proširenja sistema veći, sam kvantitet, odnosno broj proširenja je dosta manji, od broja koji se nudi na Podio aplikaciji. U realizovanom sistemu, korisniku je data mogućnost da sam modifikuje aplikaciju i njen izvorni kod, uz podršku sprege sa eksternim bibliotekama.

U tabeli 1 prikazan je uporedni prikaz odakle se vidi da analizirani sistemi imaju svoje prednosti i nedostatke. Cilj realizovanog sistema je da i iz jedne i iz druge platforme preuzme najbolje funkcionalnosti, da bude lak za korišćenje i intuitivan za korisnika, ali uz to da bude modularan, da naknadno može da se proširuje sa novim funkcionalnostima.

3. OPIS RADA VEB SISTEMA

U ovoj sekciji je dat opis rada celokupnog sistema. Da bi se sistem koristio korisnik mora da se autentifikuje preko početne stranice. Zaštitni sloj aplikacije će zabraniti korisniku pristup ostalim delovima aplikacije. Po prijavljivanju na sistem se učitava početna stranica aplikacije, prikazujući kontrolnu tablu korisnika. Korisnički nalozi se ne mogu praviti od strane standardnih korisnika, već se nalozi prave od strane administratora veb aplikacije. Na kontrolnoj tabli, na slici 2, prikazuje se lista poslednjih aktivnosti unutar sistema, sortirana tako da se prvo prikazuju najskorije aktivnosti. U drugoj koloni kontrolne table se nalazi lista svih zadataka koji su dodeljeni trenutnom korisniku i koji su ulinkovani.

U nastavku ovog poglavlja je dat kratak opis glavnih funkcionalnosti sistema.

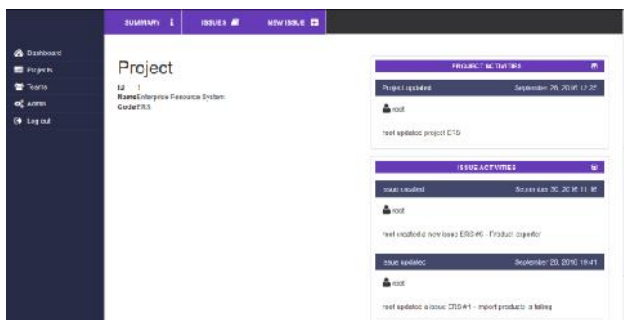
1.1 Upravljanje timova

Iz glavnog menija postoje stavke za prelazak na kontrolnu tablu, stavke za upravljanje timovima i projektima i osnovna podešavanja sistema. Na veb stranici sa timom prikazuje se lista timova unutar sistema, sa mogućnošću menjanja postojećih, ako korisnik ima odgovarajuća prava pristupa. Korisnik može dodati novi tim, preko forme u kojoj unosi naziv tima i bira članove tima iz liste svih korisnika sistema. Omogućeno je da se naziv tima i članovi tima i kasnije ažuriraju.

1.2 Upravljanje projektima

U listi projekata, korisnik može videti sve projekte na koje je prijavljen u vidu tabele. Pored opcije pregleda, postoji i opcija menjanja projekta u zavisnosti od prava pristupa. Odabirom stavke "New project" otvara se nova forma za unos novog projekta u sistem. Svaki projekat identifikuju ime, pseudonim i timovi korisnika koji mogu učestvovati akcijama vezanim za projekte i njihove zadatke u zavisnosti od definisanih prava pristupa. Svakom projektu može se dodeliti više timova. Projekat kada se završi, nije više aktivan i proglašava se za arhiviran.

Na stranici za ažuriranje moguće je promeniti ime projekta, njegov pseudonim i timove koji su pridruženi projektu. Brisanje projekta je moguće odabirom stavke "Delete", međutim ona je omogućena samo za projekte koji su arhivirani. Odabirom stavke "Back to the list" korisnik se vraća na listu postojećih projekata. Pregled jednog projekta, koji se dobija izborom stavke "Summary" prikazan je na slici 3. Na toj stranici se vide osnovne informacije projekta unutar sistema, sve aktivnosti vezane za projekat, kao i pregled zadataka projekta.



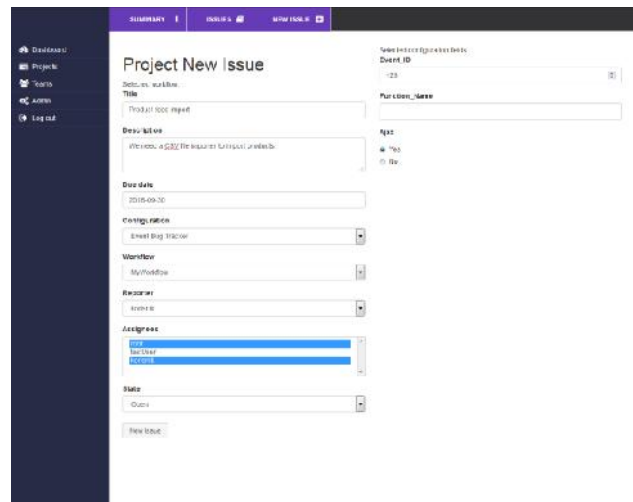
Slika 3 - Pregled projekta

1.3 Upravljanje i konfiguracija projektnih zadataka

Prilikom unošenja novog zadatka potrebno je popuniti sledeća polja forme (slika 4): naslov zadatka, opis, krajnji datum do kada treba rešiti zadatak, odabrana konfiguracija zadatka, odabrani radni tok zadatka, korisnik koji je odgovoran za zadatak, korisnici koji su zaduženi za zadatak i početno stanje zadatka. Pored ovih polja se u desnoj koloni nalaze polja vezana za izabranu konfiguraciju zadatka. Ova polja su dinamičkog tipa i razlikuju se zavisno od izabrane konfiguracije.

Zadaci se mogu komentarisati od strane korisnika sistema, može se napraviti novi radni zapis i promeniti trenutno stanje zadatka. Odabirom stavke "New Issue Configuration" otvara se nova strana sa formom za kreiranje nove konfiguracije polja zadatka. Obavezno polje koje korisnik mora popuniti je ime konfiguracije polja. Odabirom stavke "Add another field" se forma dopunjava novim poljima za unos imena i tipa polja. Broj polja nije ograničen, da bi se pružila veća fleksibilnost korisniku. Korisnik može dodati novi entitet konfiguracije polja u sistem, koji onda može biti korišćen prilikom pravljenja novog zadatka unutar projekta. Modifikacija konfiguracije polja zadatka je moguća, ali je doneta odluka da svaki zadatak ima lokalnu kopiju konfiguracije

nastale prilikom pravljenja zadatka. Ovo je urađeno da bi se podržala modifikacija konfiguracije polja, ali u isto vreme izbeglo razrešavanje slučaja kada bi neko polje nestalo iz postojećih zadataka, zbog urađene modifikacije.



Slika 4 - Pravljenje novog zadatka

1.4 Upravljanje radnim tokovima

U realizovanom sistemu poboljšan je vizuelni prikaz radnih tokova, u odnosu na analizirane sisteme iz sekcije 2. Radni tokovi se koriste u pravljenju zadataka. Radni tok definiše sva stanja u kojima se zadatak može naći, tokom rada nad njim (slika 5). Broj stanja nije ograničen, a za kreiranje novih stanja i prelaza između njih vrši se preko nekoliko dijaloga. Odabirom stavke "Add state" se otvara novi dijalog koji pita korisnika za ime i tipove stanja, koja se dodeljuju radnom toku.



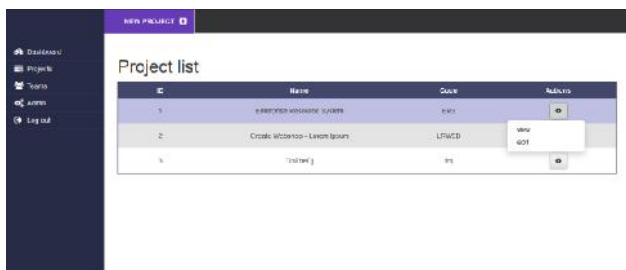
Slika 5 - Pregled radnog toka zadatka

Ime stanja je proizvoljno, dok se tip stanja sastoji od početnog, prelaznog i završnog. Zavisno od tipa stanja moguće je imati ulazne prelaze i izlazne prelaze stanja. Selekcijom izlaznog konektora stanja i spajanjem sa ulaznim konektorom stanja otvara se dijalog za kreiranje novog prelaza stanja. Korisnik unosi ime prelaza koje će se prikazivati u odabiru promene stanja kada se stanje bude menjalo. Selekcijom stavke "Workflows" unutar administrativne navigacije otvara se stranica koja daje pregled postojećih radnih tokova u sistemu. Pregled radnih tokova je realizovan u vidu tabele. U koloni sa akcijama nalazi se dugme koje omogućava odabir akcija vezanih za radni tok. Odabirom opcije za pregled prikazuje se grafički prikaz radnog toka, kao na slici 5.

Modifikacija radnog toka nije moguća zato što bi to povlačilo ponovno preslikavanje svih postojećih stanja zadataka u sistemu koji koriste ovaj radni tok. Takva operacija bi mnogo opteretila sistem sa rastom zadataka tako da je doneta odluka da se ne podrži dalja modifikacija radnog toka pošto se on napravi. Iz istog razloga je onemogućeno brisanje radnog toka, ali je moguće njegovo arhiviranje čime se on onemogućava za korišćenje od strane novih zadataka u sistemu.

1.5 Ostale funkcionalnosti sistema

Unutar glavne navigacije postoji pregled svih projekata unutar sistema, koji su dodeljeni tom korisniku (slika 6). Administrator ima mogućnost pregleda i promene prava pristupa vezanih za akcije nad entitetima u sistemu. Pregled je dat u vidu tabele sa mogućnostima promene svakog pojedinačnog pravila.



Slika 6 - Pregled projekata unutar sistema

4. REALIZACIJA SISTEMA

U ovom poglavlju se opisuje arhitektura sistema i način na koji su realizovane funkcionalnosti ovog veb sistema. Kao glavni projektni uzorak celog sistema nalazi se uzorak Model-View-Controller (MVC). MVC je najviše korišćeni uzorak kod veb aplikacija današnjice, uključujući i sisteme za upravljanje softverskim projektima [7]. Osim ovog projektnog uzorka koji definiše arhitekturu sistema, prilikom izrade komponenti sistema korišćeni su sledeći projektni uzorci: Front Controller, Factory, Mediator i Dependency Injection. Uz ove uzorke, korišćeni su i uzorci koje interno primenjuju biblioteke.

Front Controller je projektni uzorak koji osigurava da se svi zahtevi unutar aplikacije obrađuju preko centralizovane strukture. Factory je projektni uzorak koji omogućava pravljenje objekata sa zajedničkim interfejsom bez otkrivanja logike korisniku i koristi se prilikom instanciranja form i Entity-attribute-value (EAV) objekata. Mediator je projektni uzorak koji definiše kako objekti međusobno komuniciraju preko posrednika, koristi se unutar aplikacije za obradu internih događaja. Dependency Injection je projektni uzorak koji implementira inverziju kontrole za određivanje zavisnosti i koristi se u svim komponentama sistema.

Na slici 6 dati su svi entiteti sistema koji se čuvaju u relacionoj bazi podataka. Od glavnih entiteta ovde ćemo izdvojiti nekoliko najbitnijih.

Activity je entitet koji mapira obaveštenja o događajima unutar sistema. Sastoji se od imena događaja koji se dogodio, korisnika koji je inicirao događaj, informacije o

datumu i vremenu kada se događaj desio i poruke koja opisuje događaj.

Dashboard je entitet koji se koristi za čuvanje kontrolnih tabli u sistemu. Sadrži ime kontrolne table i veze ka DashboardWidget entitetima koji se prikazuju na kontrolnoj tabli.

DashboardWidget je entitet klasa DashboardBundle komponente koja se koristi za definisanje delova kontrolnih tabli koji se mogu ubaciti/izbaciti ili ažurirati. Koristi se za mapiranje ka definisanim servisima unutar ServiceContainer komponente Symfony radnog okvira, koji će se koristiti za prikaz. Sadrži ime koje opisuje entitet i servis sistema koji će biti korišćen za generisanje prikaza dela kontrolne table.

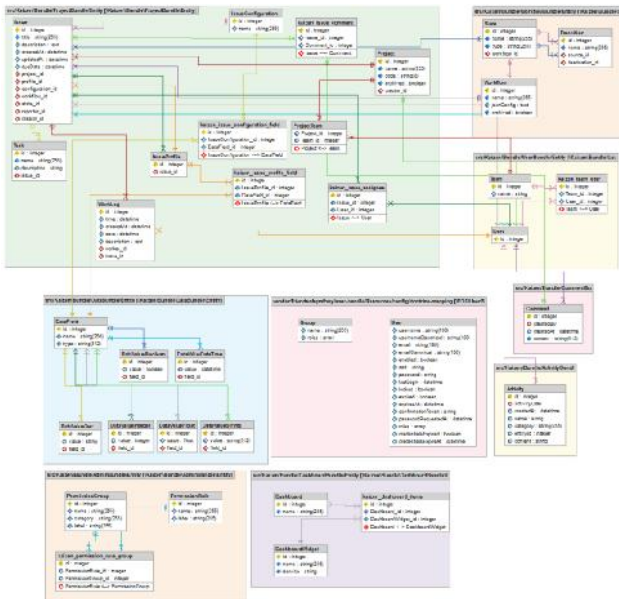
Issue klasa predstavlja entitet sistema unutar komponente ProjectBundle koji modeluje zadataka unutar projekta sistema. Sadrži naziv zadatka, opis zadatka, projekat za koji je zadatak napravljen, konfiguracija polja koja se koristila za pravljenje zadatka, lokalna kopija konfiguracije polja koja se koristi, radni tok zadatka koji definiše sva moguća stanja zadatka, trenutno stanje zadatka, korisnik koji je odgovoran za uspeh zadatka, korisnike koji su dodeljeni ovom zadatku, skup komentara vezanih za ovaj zadatak i skup radnih zapisa vezanih za ovaj zadatak.

Workflow je entitet klasa komponente WorkflowBundle, koja predstavlja generalizovan automat stanja, korišćen za predstavu i menjanje stanja Issue entiteta unutar sistema. Sastoji se od imena entiteta, veza ka State entitetima (kolekcija svih stanja koja se javljaju u automatu stanja), kopije JSON podataka potrebna za brzi prikaz workflow entiteta u frontend delu sistema i flega koji daje informaciju da li je entitet arhiviran.

State je entitet klasa komponente WorkflowBundle koja predstavlja stanja unutar automata stanja. Sastoji se od imena stanja, tipa stanja (stanje može biti početno/prolazno/završno), automata stanja kojem stanje pripada i prelaza između stanja.

Transition je entitet klasa komponente WorkflowBundle koja predstavlja prelaze između stanja. Sastoji se od imena prelaza, stanja iz kog se prelazi i stanja u koje se prelazi.

WorkLog je entitet klasa komponente ProjectBundle koji predstavlja radni zapis zadatka. Sadrži informacije o vremenu provedenom radeći na zadatku, korisniku koji je radio na zadatku, datum kada je rađeno na zadatku i komentar koji opisuje odrađeni deo zadatka.



Slika 7 - Model baze podataka

Struktura celog sistema je osmišljena kao grupa Symfony komponenti koje rade međusobno. Neke celine su međusobno povezane, ali su zbog logičkih razlika razdvojene u zasebne komponente.

5. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada je realizacija veb sistema za lako upravljanje i nadgledanje softverskih projekata unutar projektnih timova. Pre početka izrade urađena je analiza dva postojeća sistema, koji se koriste u razvoju softverskih projekata, alata JIRA i alata Podio. Analizom oba alata, izdvojeni su ključni principi koji su korišćeni kao osnovne pokretačke ideje realizovanog sistema.

Implementirani sistem omogućuje veliki stepen konfiguracije zadataka unutar projekata i mogućih stanja zadataka u sistemu, dajući veliku fleksibilnost i mogućnost specijalizacije. Sistem sadrži konfigurabilni sistem prava pristupa entitetima u sistemu i akcijama koje se mogu izvršiti nad njima. Sistem je realizovan u logičkim celinama od kojih neki komuniciraju međusobno. Veb sistem je napravljen modularno, pa je moguće lako izmeniti ili nadograditi postojeće komponente. Tokom izrade je korišćeno nekoliko projektnih uzoraka na mestima gde je odlučeno da su oni potrebni. Za pravljenje i komunikaciju sa bazom podataka se izdvaja korišćenje Doctrine skupa biblioteka, dok je za korisnički interfejs korišćen TWIG jezik.

Dalji pravci razvoja ovog sistema obuhvataju:

- 1) integraciju sa eksternim aplikacijama i razvijanje aplikacionog interfejsa za komunikaciju sa njima;
- 2) podršku za agilne metodologije razvoja softvera - planiranje sprintova, praćenje zadataka u zaostatku;
- 3) korisničke podsetnike (notifikacije) unutar sistema i mogućnost podsetnika preko e-pošte korisnika, kada ga neko pomene unutar komentara u sistemu ili kada se desi promena zadatka kome je korisnik dodeljen;
- 4) mogućnost dodavanja datoteka na zadatke i njihovo skladištenje u sistemu;
- 5) verzionisanje entiteta i mogućnost vraćanja entiteta u neko od prethodnih stanja;

6) podršku za preuzimanje PDF formata zadataka u sistemu, generisanje i prikaz izveštaja vezanih za projekte;

7) prikupljanje statistike i ekstrapolacija potrebnog vremena za zadatke unutar istih kategorija kompleksnosti.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je napisan u okviru projekata TR-32047, III-44006 i III-44009 kod Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] Zheng Tan et al., Software Project Management, Qinghua University Press, China, 2005.
- [2] M. Rosito, R.Bastos, "A model to integrate software project management with organizational workflows", 12th IEEE International Conference on Intelligent Systems Design and Applications, Kochi, India, novembar 2012.
- [3] A. Mas, A. Mesquida, "Software project management in small and very small entities", 8th Iberian Conference on Information Systems and Technologies 2013, Lisboa, Portugal, jun 2013.
- [4] R. Garcia, R. Correia, C. Olivete, A. Brandi, J. Prates, "Teaching and learning software project management: A hands-on approach", IEEE Frontiers in Education Conference 2015, El Paso, SAD, oktobar 2015.
- [5] Podio [dostupno na: <https://podio.com>]
- [6] JIRA [dostupno na: <https://www.atlassian.com/software/jira>]
- [7] C.Lei, "Software Project Management based on Struts Architecture", International Conference on Intelligent Transportation, Big Data and Smart City, Halong Bay, Vietnam, decembar 2015.

ПРИМЕНА ВИРТУЕЛНЕ СТВАРНОСТИ У ОКВИРУ МЕДИЦИНСКИХ ТРЕТМАНА

USING VIRTUAL REALITY WITHIN MEDICAL TREATMENT

Маја Вукасовић¹, Марко Мићовић¹, Урош Раденковић¹,
Владимир Јоцовић¹, Дражен Драшковић¹

Електротехнички факултет Универзитета у Београду¹

Садржај – Мали уређаји засновани на уграђеним системима (енг. *Internet of things*) и уређаји који стварају илузије виртуелне стварности све чешће се користе у медицинске сврхе у оквиру терапија код различитих болести. Први део истраживања обухвата примену виртуелне стварности код особа са аутизмом, који имају потешкоће у комуникацији. Други део анализира постампутациона болна стања и приказује три система за смањење интензитета фантомског бола. Трећи део истраживања приказује процес рехабилитације након можданог удара и уз примену хардвера и софтвера показује да су такве методе боље од традиционалних. Истраживања показују да овакви уређаји и апликације унапређују терапије код пацијената и да се данас све више користе у медицинским установама.

Abstract – Small devices based on embedded systems (*Internet of things*) and devices that create virtual reality illusions are more commonly used in medical treatments. In first part of this research, authors analyze usage of virtual reality in treatments of patients with autism having communication difficulties. Second part analyzes phantom limb pain and shows different systems for phantom limb pain alleviation. Third part of the research presents post-stroke rehabilitation process and shows the advantages of virtual reality over traditional methods. Related works acknowledge quality improvement of therapies made by these devices and increased number of medical facilities incorporating VR system in therapies.

1. УВОД

Медицина, као једна од наука, значајно се променила у неколико последњих деценија, па се многе терапије и њихови резултати све више заснивају на високој технологији. Развој 3D технологије у служби савремене медицине донео је значајна побољшања у односу на традиционалне методе лечења. Напредак је забележен највише у хирургији и ортопедији где је ова технологија омогућила конструкцију модела делова људског тела. На основу 3D модела могуће је утврдити аномалије и прецизније осмислити захвате при операцији или лечењу. Са друге стране у постоперативном и рехабилитационом периоду све већи пробој остварује технологија виртуелне стварности. Технологија виртуелне стварности је тренутно доминантно у употреби у индустрији игара.

Управо због тренда развоја игара у модерном добу и њихове велике заступљености појавила се претпоставка да би неке терапије могле да се реализују баш употребом ове технологије.

Виртуелна стварност (ВС) представља скуп технологија које се користе у синтези визуелних, аудио, тактилних и других искустава како би се створила илузија новог окружења. Ово окружење се посебно апликативно дизајнира и креира за остваривање специфичних циљева. У циљу примене у медицини апликације морају бити дизајниране за конкретне болести. Потребно је пратити како пацијент реагује да би терапије биле успешне. Поред креираног окружења мора постојати метод за прикупљање података. Добијени подаци се затим анализирају и кроз истраживања упоређују у циљу извођења закључака и даљег напретка развоја терапија.

У овом раду приказане су терапије засноване на ВС које се примењују у покушају смањења интензитета бола након губитка екстремитета, у процесу рехабилитације након можданог удара и са циљем олакшања обављања свакодневних активности аутистичних особа. Укратко су представљени уређаји који се користе у овим терапијама, као и поређења између традиционалних терапија и терапија уз коришћење ВС. На крају рада дата је евалуација и закључак.

2. ПРЕГЛЕД НАЈЧЕШЋЕ КОРИШЋЕНИХ УРЕЂАЈА И СИСТЕМА

За остваривање ВС постоје многобројни уређаји почевши од комерцијално доступних играчких конзола, па до специјализованих система. У наставку су описани најчешће коришћени уређаји.

Муо наруквица се користи за детекцију покрета и положаја. Након што се неки положај препозна, може се извршити одређена акција програмирана на рачунару или телефону без потребе за додиром конкретног објекта у ВС. Ова наруквица има плоче са сензорима који шаљу податке о положају шаке. Пре предвиђене употребе у апликацији, уређај се калибрише препознавањем неког покрета. Предвиђен је сет од 6 положаја шаке који се могу препознати [1].

Oculus је кацига за приказ ВС. Она се састоји од наочара које пружају кориснику илузију виртуелног окружења и додатне камере која снима. Након почетне калибрације уређаји су спремни за коришћење. Актуелна верзија *Oculus Rift* омогућава представу виртуелне сцене у било ком положају главе и степену ротације тако да корисник може да прати сва дешавања око себе.

Kinect је улазна периферија за играчке конзоле развијена од стране компаније *Microsoft*. Ова периферија омогућава да се управља и контролише процесом играња без икаквих контролера већ само покретима и гласовним командама. Опремљена је камером и посебним сензором, који може пратити до 25 карактеристичних тачака на телу.

Nest of Birds представља систем за детекцију покрета у реалном времену. Систем се користи за праћење позиције и оријентације људског тела и екстремитета у простору. Могуће је симултано пратити до четири сензора. Систем у свакој секунди врши 105 мерења без деградације брзине мерења независно од броја сензора.

Дигитална рукавица *CyberGlove* претвара покрете шаке и прстију у податке у реалном времену. Она поседује 22 сензора како би могла да детектује комплексне покрете шаке и прстију. Постоји по три сензора за флексију за сваки прст, постоји четири сензора за абдукцију, један сензор за положај палца и сензори за отвореност шаке. Сензори су дизајнирани тако да буду изразито танки и неприметни што омогућава лагодно ношење дигиталне рукавице дужи временски период. Очитавање вредности сензора врши се 90 пута у секунди. Резултати мерења шаљу се рачунару преко бежичног трансмитера.

Wii Remote је улазна периферија за играчку конзолу *Nintendo Wii*, која служи за управљање и контролу процеса играња. Она комуницира са конзолом преко *Bluetooth* технологије. Периферија има могућност да региструје покрете, што кориснику омогућава да управља дешавањима на екрану. Могуће је развијати сопствене апликације за ову конзолу коришћењем *Unity* платформе.

3. ВИРТУЕЛНА СТВАРНОСТ КОД АУТИЗМА

Аутизам је развојни поремећај који се манифестује кроз начин на који особа интерагује са околином. Аутистичне особе су фокусиране на поједине интересовања и имају проблем са одржавањем пажње на уобичајеним стварима. Такве особе тешко успостављају комуникацију са другим особама. Мотив за употребу ВС за лечење аутистичних особа је пре свега праћење мождане и мишићне активности у симулираном окружењу. Ово омогућава испитивања и анализе неких ситуација које би се тешко одиграле у стварности због карактеристика болести.

Основна виртуелна окружења за аутизам користе специјализоване уређаје на глави пацијента, који

приказују различите сцене, затим уређаје са сензорима, стандардне веб камере са персоналним рачунаром, мобилне и десктоп апликације, коришћењем којих пацијент реагује на визуелне и аудио доживљаје. Обрада информација у оваквим апликацијама и уређајима помаже у терапији код деце са аутизмом и може да побољша њихово моторичко учење. Пример једног нивоа игре за децу са аутизмом, у којој дете управља рукама и скупља воће које пада, приказан је на слици 1. Игре су реализоване коришћењем уређаја *Microsoft Kinect*, у склопу пројекта Електротехничког факултета Универзитета у Београду и друштва АБА.



Слика 1 – Део система за третман деце са аутизмом

Препрека код прихватања терапије може бити навикавање деце на технологију [2]. Децу често не држи пажња, па је дизајн апликација и игара које помажу у терапији јако важан. У једном истраживању креирана је апликација која је имала за циљ оспособљавање аутистичне деце да самостално науче да прелазе улицу [3]. Сцена је представљала тротоар, улицу и зграде. Деца су коришћењем апликације научила да у виртуелном окружењу препознају објекте од важности, да уоче аутомобиле у покрету и да се зауставе.

Осим проблема са покретима, пажњом и перцепцијом, аутистичне особе имају углавном проблем у комуникацији са околином. Најчешћа испољавања су кроз понављање одређеног скупа речи и фраза, непристојно понашање и употребу ружних речи, ограничено схватање социјалних норми и очекивања. Психолози сматрају да се социјалне вештине најлакше развијају у што ранијем узрасту. Зато се овакве апликације за комуникацију, тзв. комуникатори, све више користе код деце, како би се унапредило квалитет живота детета са аутизмом [4].

Окружење ВС је стабилно, познато, донекле предвидиво, а сцене се на почетку могу прилагодити појединачним потребама [5]. Предвидивост догађаја омогућава да аутистично дете има контролу над дешавањима. Детету је познато шта ће се наредно догодити и то му може смањити страх и одбојност према савладавању препрека. Количина улазних података и њихов тип се могу контролисати. Тиме је омогућено обављање неких основних захтева и савладавање лекција без додатних дистракција. Као што је раније описано, особе са аутизмом имају

проблем одржавања пажње и фокусирања. Осим једноставности сцене, од великог је значаја и смањење броја људи који учествују у сцени на почетку примене терапије. Повећан број људи и интеракција са њима доводи до веће анксиозности и немира код аутистичних особа.

Резултати истраживања су показали да терапије коришћењем технологија окружења ВС дају више успеха од традиционалних. Неколико аутораје изложило да је један од разлога већи мотивациони фактор који деца добијају из апликација у односу на повратне информације које добијају од инструктора. Осмишљени програми кроз апликације учвршћују постојеће вештине и пружају могућност стицања нових. Правила понашања се уче кроз улоге и лекције у једном контексту, затим се вежбају кроз сличне контексте у измењеним сценама, а када се оне савладају прелази се на наредни циљ. Осмишљен је и процес прилагођавања у околини, тј. примена стечених вештина у свакодневним ситуацијама.

4. ВИРТУЕЛНА СТВАРНОСТ КОД ФАНТОМСКОГ БОЛА

Фантомски бол се може дефинисати као бол у изгубљеном делу тела у ужем смислу или као бол локализован у денервисаном подручју у ширем смислу. Фантомски бол је хроничан и упоран. Веома је тежак за лечење јер у већини случајева испољава резистентност на класичне фармаколошке терапије и хируршке интервенције [6]. Тачан узрок настанка фантомског бола је нејасан, али се као главни фактор издваја неслагање између моторних команди и визуелне повратне информације. Поставља се питање да ли би поновно успостављање визуелне повратне информације имало аналгетско дејство.

На први поглед успостављање визуелне повратне информације код особе која је изгубила екстремитет делује неизводљиво, али је уз помоћ визуелних трикова то ипак могуће. У те сврхе може се користити кутија огледала, која садржи вертикално постављено огледало унутар четвртасте кутије [7]. Горња и предња страна кутије су укљоњене. Пацијент смешта фантомску руку са једне стране огледала, на пример са леве стране огледала, док другу здраву руку смешта са друге стране огледала. Пацијент, гледајући у десну страну огледала, види рефлексiju своје здраве десне руке позиционирану на место где се налази фантомска рука, чиме се ствара илузија да она физички постоји. Терапија кутијом огледала је код неких пацијената успела да изазове снажну сензацију покрета који настаје из мишића и зглобова њихових фантомских екстремитета, услед чега је код појединих пацијената дошло до потпуног нестанка фантомског бола. Осећај активног и намерног иницирања покрета фантомског екстремитета назива се осећај власништва. Ефекат терапије кутијом огледала највише зависи управо од тога да ли је пацијент стекао осећај власништва.

Терапија кутијом огледала има неколико ограничавајућих фактора. Пацијент мора констатно да посматра рефлексiju свог здравог екстремитета како би стекао привидну визуелну повратну информацију свог фантомског екстремитета. Довољан је само кратак поглед на здрав екстремитет како би се изгубила привидна визуелна повратна информација. Пацијент такође све време мора бити у фиксној позицији, при чему глава мора бити окренута према огледалу. Ограничавајући фактор техничке природе који постоји због употребе огледала јесте да покрети здравог и фантомског екстремитета које пацијент прави морају бити симетрични.

Услед напретка технологије коришћење ВС намеће се као решење којим се може превазићи већина ограничавајућих фактора које намеће кутија огледала. Коришћењем ВС пацијенти су у могућности да у оквиру терапије обављају сложене радње које не могу обављати у оквиру терапије кутијом огледала. Сложеност система заснованих на ВС који се користе у терапији фантомског бола значајно варира.

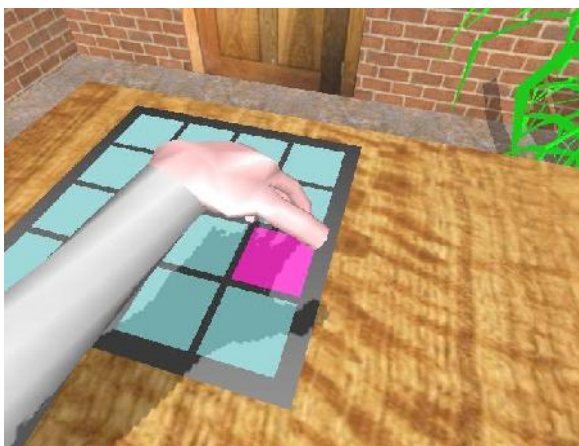
4.1 Снимљени покрети екстремитета

Овај систем се користи у оквиру терапије која за циљ има смањење фантомског бола захваљујући вежбању уз визуелну повратну информацију. Основна идеја ове терапије јесте да се прикаже снимак виртуелног екстремитета који врши различите покрете, а да се од пацијента тражи да те покрете имитира својим фантомским екстремитетом у мери у којој то може да постигне [8]. Снимак се ствара снимањем здравог екстремитета. Након тога снимак је потребно компјутерски обрадити како би се здрави екстремитет инвертовао и позиционирао на место фантомског екстремитета. Снимак се на крају пројектује на екран, који се налази непосредно изнад фантомског екстремитета, како би пацијент могао да прати задате покрете.

Моторни задаци које пацијент треба да уради су: екстензија/флексија лакта, опружање/савијање ручног зглоба, отварање/затварање шаке, подизање објекта (као што је на пример чаша), прецизно руковање ситним објектом и бирање телефонског броја. Пошто већина пацијената нема потпуну контролу над фантомским екстремитетом, покрети који представљају задатак бирају се у складу са могућностима појединачних пацијената. Тежина задатог покрета (тип и брзина покрета) бира се тако да буде за нијансу тежа од онога што пацијент заиста може да уради како би се унапредиле моторичке способности. Ово је јако битно због тога што имитација покрета, чија тежина значајно превазилази моторне способности фантомског екстремитета, може довести до појачаног осећаја бола. За почетну позицију задатог покрета увек се бира природна позиција фантомског екстремитета.

4.2 Виртуелни екстремитет контролисан сензорима за детекцију покрета

Овај систем захтева постављање сензора за детекцију покрета на одговарајуће место патрљка пацијента. На основу покрета које ови сензори детектују помера се и приказ виртуелног екстремитета на екрану кациге коју пацијент носи. Стога су покрети виртуелног екстремитета контролисани покретима са ипсилатералне стране тела тј. моторним командама које потичу са контралатералне стране мозга [9]. Предност овог система у односу на терапију кутијом огледала јесте то што покрети екстремитета не морају бити симетрични, због тога што се виртуелни екстремитет помера на основу покрета патрљка, уместо на основу покрета здравог екстремитета. Систем поседује и ману која се огледа у чињеници да су покрети прстију виртуелног екстремитета унапред анимирани.



Слика 2 – Пример виртуелног окружења

Пре почетка сесије пацијент мора да изврши низ спорих покрета својим патрљком. У том периоду врши се калибрација система како би се омогућио што вернији приказ виртуелног екстремитета. Задатак у оквиру сесије за пацијенте без горњих екстремитета јесте да се дохвати јабука са стола. Потребно је испружити руку, ухватити јабуку и принети јабуку ближе себи. Циљ ових задатака јесте да се пацијентима омогући да што лакше стекну осећај власништва над виртуелним екстремитетом.

4.3 Виртуелни екстремитет контролисан дигиталном рукавицом

Слично као код претходне терапије виртуелни екстремитет се приказује на екрану кациге коју пацијент носи. Потребно је такође поставити сензоре за детекцију покрета на одговарајуће место патрљка пацијента. Битна разлика у односу на претходну терапију јесте то што покрети прстију виртуелног екстремитета нису унапред анимирани. Подлактица виртуелног екстремитета се помера на основу покрета које бележе сензори за детекцију покрета на патрљку пацијента, док се прсти и зглоб виртуелног екстремитета померају на основу покрета које бележи дигитална рукавица на здравом екстремитету пацијента [10]. Покрети прстију и зглоба морају бити

симетрични, због тога што се код овог система дигитална рукавица носи на здравом екстремитету. Захваљујући реалистичним покретима прстију и зглоба виртуелног екстремитета може се решити проблем неправилно обликованих фантомских екстремитета.

Виртуелно окружење се састоји од неколико објеката различитих величина који се налазе на столу. Задатак пацијента у оквиру терапије је да испружи руку, подигне објекат са стола и смести објекат на друго место. Овај задатак треба понављати. Како би стекли осећај власништва пацијенти треба да се фокусирају на покрете виртуелног екстремитета који је приказан на екрану кациге. Када жели да испружи виртуелни екстремитет како би пришао објекту на столу пацијент треба да помери патрљак. Покрети патрљка се преносе на виртуелни екстремитет помоћу сензора за детекцију покрета. Када жели да подигне објекат са стола пацијент треба истовремено да отвори здраву и фантомску шаку, ухвати објекат и затвори здраву и фантомску шаку. Покрети здраве шаке се преносе на виртуелни екстремитет помоћу дигиталне рукавице. Тежина задатка се повећава како се величина објекта смањује.

5. ВИРТУЕЛНА СТВАРНОСТ КОД МОЖДАНИХ УДАРА

Према подацима Светске здравствене организације мождани удар доживи око 15 милиона људи. Ова болест може да угрози живот или да доведе до значајног смањења квалитета живота. Неки људи се у потпуности опораве од можданог удара, док се код више од две трећине преживелих јави нека врста инвалидитета.

Терапије које се примењују у процесу рехабилитације јесу традиционалне терапије као што су радна и физикална терапија. Ове терапије су једне од кључних метода које се примењују у процесу рехабилитације [11]. Временом оне постају монотоне и досадне пацијентима који их дуже времена примењују. Због тога се прибегло новим начинима рехабилитације и укључивању нових технологија у процес рехабилитације. ВС доноси предности као што је могућност да се третман прилагоди сваком пацијенту, да се монотоне вежбе које се понављају учине занимљивијим и да се пацијент лакше мотивише да одради исте [12]. Поред овога, ВС омогућава да се прецизно бележе сва извођења терапије и прати напредак у процесу рехабилитације пацијената. Како би се уштедело време и новац, како медицинских радника тако и пацијената, софтвер може да се дизајнира тако да омогући надгледање процеса рехабилитације преко Интернета, од стране медицинских радника.

5.1 Имплементација система

У истраживању раду групе аутора [13] описују се седам основних принципа које треба задовољити како би се реализовао добар систем за рехабилитацију заснован на ВС. Међу тим принципима наводи се

могућност прилагођавања тежине постављеног задатка према тренутном стању пацијента, могућност да се пацијенту приказују информације о успешности извршавања задатка, могућност да се води евиденција како процес рехабилитације напредује и могућност да се пацијент мотивише да одради постављени задатак.

Изузетно битна ствар на почетку процеса рехабилитације уз примену ВС јесте процена тренутног стања пацијента. Софтвер омогућава иницијалну конфигурацију тежине проблема који пацијент треба да реши, у зависности од његовог стања. Алгоритам је имплементиран тако да у току самог вежбања мења тежину проблема, у складу са резултатима забележеним до тог тренутка. Уколико је пацијент успешан у решавању, тежина проблема се повећава и проблем се усложњава, у супротном се тежина проблема смањује [14].

5.2 Терапија коришћењем игара

Задаци треба да буду имплементирани на такав начин да за пацијента представљају игру. Уколико више пацијената у групи заједно вежба код њих се може развити такмичарски дух у жељи да постављене задатке савладају боље једни од других. Игре које се имплементирају могу да омогуће и играње са више играча. Учествовање већег броја играча доприноси и напретку друштвеног живота пацијената, јер су они углавном изоловани због својих инвалидитета. Специјализоване игре се имплементирају тако да изискују одређене покрете пацијента како би се напредовало у игри. Покрети које пацијент треба да изведе замењују вежбе које се примењују у традиционалним методама рехабилитације.

У процесу рехабилитације након можданог удара могуће је користити комерцијалне игре које су дизајниране за конзоле попут *Nintendo Wii* и *Microsoft Kinect*. Такве игре су намењене за забаву и рекреацију. Специјализоване игре се такође развијају за комерцијално доступне играчке конзоле или се праве посебне платформе које су знатно скупље од комерцијалних конзола.

Недостатак игара које се примењују у процесу рехабилитације огледа се у томе да пацијенти могу „варати“. Уколико пацијенти примете да и неправилним извођењем покрета напредују у игри, они то могу искористити услед чега неће постићи пун ефекат терапије. Оваква ситуација може да се појави код игара и система који нису прецизни.

Идеја представљена у раду [15] говори о специјализованој платформи за креирање апликација ВС. Медицински радници би уз помоћ такве платформе на лак и интуитиван начин, реализовали терапије прилагођене стварним потребама пацијената.

6. ЕВАЛУАЦИЈА

Спроведена истраживања су показала да и пацијенти и медицински радници имају користи од примене ВС у процесима раније описаних терапија. Установљено је да пацијенти лакше одржавају пажњу, да су

мотивисанији и да се не јављају негативна осећања и сензације [15]. Резултати опоравка у току којег се поред традиционалних метода користила и ВС су исти или бољи у односу на резултате који су постигнути само применом традиционалних метода. Повољна ствар у терапијама заснованим на ВС је да се код пацијената ретко јавља главобоља, мучнина или бол [3,9,16]. Међутим, треба у обзир узети да то зависи од саме особе и старосног доба, као и од опреме која се користи за ВС. Треба напоменути да се ВС ретко примењује као једина терапија за опоравак, већ често као додатак традиционалним. Терапије засноване на ВС могуће је лако спровести у кућним условима.

У свим описаним терапијама користе се слични системи уз мале варијације како би се прилагодили конкретном случају. Од уређаја се користе комерцијално доступне играчке конзоле и рачунари али постоје и специјализовани системи. Постоје разлике и сличности између апликација које се користе за описане терапије.

Рехабилитација након можданог удара захтева да апликације буду дизајниране на начин да захтевају одређене покрете пацијената како би им се повратиле изгубљене функционалности. Битно је да су задаци подесиве тежине како би се прилагодили пацијентима и њиховим тренутним могућностима. За ове апликације је битно да имају занимљиву тематику како би привукле пажњу и мотивисале пацијенте да више времена проводе вежбајући. Идеја је да вежбе које изводе у оквиру терапија, схвате као игру.

Терапија смањења интензитета фантомског бола заснива се на визуелној повратној информацији. Пацијенти након слања моторних команди фантомском екстремитету треба да добију визуелну повратну информацију као одговор на послате моторне команде. Управо ова визуелизација покрета, која иначе не постоји код пацијената са фантомским екстремитетом, утиче на смањење интензитета фантомског бола. Висок ниво детаља у апликацији и реалистично виртуелно окружење омогућавају пацијентима да лакше стекну осећај власништва над виртуелним екстремитетом. Пожељно је да апликације буду и што интерактивније како би пацијенти могли дуже да одрже фокус на виртуелном екстремитету упркос фантомском болу који осећају.

За разлику од претходних апликација, апликације за помоћ аутистичним особама дизајниране су једноставно и са фокусом на конкретну вештину коју особе са аутизмом треба да развију. Сцене не смеју бити претрпане објектима који не служе терапији. Након савладане вештине кроз неку сцену, терапија се наставља применом сличних модификованих сцена које имају исти циљ. Уколико се нека вештина савлада кроз више сцена, приступа се прилагођавању особе реалном окружењу. Потребно је да особа прикаже разумевање и могућност сналажења у свакодневним ситуацијама у којима се примењује стечена вештина. Већина особа са аутизмом има скуп различитих недостатака и они се углавном третирају

засебним наменским апликацијама, али са друге стране ове апликације морају водити рачуна и о целокупном стању особе.

7. ЗАКЉУЧАК

Многа истраживања у описаним терапијама дала су позитивне резултате што представља мотивацију за даљи развој и употребу технологије ВС у овом, али и другим доменима.

Постоји неколико кључних тачака унапређења. Индустрија игара ради на побољшању графике и платформи. Осим овога и уређаји се морају унапређивати посебно у домену развоја сензора. Технологија ВС је унапредила процес обављања терапија, мање је специјализованих особа неопходно за њихово обављање и могу учествовати особе различитих узраста што је у неким терапијама применом традиционалних метода био ограничавајући фактор. Код оваквих система у медицини, лакше је оценити напредак пацијента, прикупити податке и анализирати их за процену успешности терапије.

Тенденција је да технологија ВС буде у широј употреби како би била доступна већем скупу пацијената и примењивана у различитим терапијама коришћењем специјализованих уређаја у здравственим центрима и код куће [17].

ЗАХВАЛНИЦА

Овај рад је написан у оквиру пројеката ИИИ-44009 и ТР-32047 код Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] S. Adamovich et al., "Sensorimotor training in virtual reality: A review," *NeuroRehabilitation journal*, vol. 25, no. 1, pp. 29-44, 2009.
- [2] C. Bohil et al., "Virtual reality in neuroscience research and therapy," *Nature reviews neuroscience*, vol. 12, pp. 752-762, December 2011.
- [3] D. Strickland, "Virtual reality for the treatment of autism," *Studies in health technology and informatics, Virtual Reality in Neuro-Psycho-Physiology*, pp. 81-86, 1997.
- [4] S. Parsons, P. Mitchell, "The potential of virtual reality in social skills training for people with autistic spectrum disorders," *Journal of Intellectual Disability Research*, vol. 46, issue 5, pp. 430-443, May 2002.
- [5] G. Riva, "Virtual reality as assessment tool in psychology: Virtual reality in neuro-psycho-physiology, Netherlands," *International Journal of Information Management*, vol. 17, pp. 261-270, 1997.
- [6] L. Rasulić et al., "Fantomski bol i postraumatska bolna stanja," *Acta chirurgica Iugoslavica*, vol. 51, pp. 71-80, 2004.

[7] V. Ramachandran, E. Altschuler, "The use of visual feedback, in particular mirror visual feedback, in restoring brain function," *Brain*, vol. 132, issue 7, July 2009.

[8] C. Mercier, A. Sirigu, "Training with virtual visual feedback to alleviate phantom limb pain," *Neurorehabilitation and neural repair*, vol. 23, no. 6, pp. 587-594, 2009.

[9] J. Cole et al., "Exploratory findings with virtual reality for phantom limb pain; from stump motion to agency and analgesia," *Disability and rehabilitation*, vol. 31, issue 10, pp. 846-854, 2009.

[10] K. Sato et al., "Nonimmersive virtual reality mirror visual feedback therapy and its application for the treatment of complex regional pain syndrome: an open-label pilot study," *Pain medicine*, vol. 11, issue 4, pp. 622-629, April 2010.

[11] J. Veerbeek et al., "What Is the Evidence for Physical Therapy Poststroke? A Systematic Review and Meta-Analysis," *PLoS ONE*, vol. 9, no. 2, 2014.

[12] G. Madeleine, B. Nasser, "The use of virtual reality in assisting rehabilitation," *Advances in Clinical Neuroscience and Rehabilitation*, vol. 13, issue 6, pp. 19-20, 2013.

[13] B. Lange et al., "Designing informed game-based rehabilitation tasks leveraging advances in virtual reality," *Disability and rehabilitation*, vol. 34, issue 22, pp. 1863-1870, 2012.

[14] M. Cameirão, et al., "Virtual reality based rehabilitation speeds up functional recovery of the upper extremities after stroke: a randomized controlled pilot study in the acute phase of stroke using the rehabilitation gaming system," *Restorative neurology and neuroscience*, vol. 29, no. 5, pp. 287-298, 2011.

[15] J. Shin, et al., "A task-specific interactive game-based virtual reality rehabilitation system for patients with stroke: a usability test and two clinical experiments," *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, vol. 11, no. 1, 2014.

[16] K. Laver, et al., "Virtual reality for stroke rehabilitation," *Stroke*, vol. 43, issue 2, 2012.

[17] M. Pirovano, et al., "Self-adaptive games for rehabilitation at home," *IEEE Conference on Computational Intelligence and Games (CIG)*, IEEE CIS Society, Granada, Spain, 11-14 Sept. 2012.

FLEKSIBILAN OKVIR ZA OBRADU I VIZUELIZACIJU PODATAKA O PADAVINAMA

FLEXIBLE FRAMEWORK FOR PROCESSING AND VISUALIZATION OF PRECIPITATION DATA

Vladan Mihajlović¹, Marko Kovačević², Aleksandar Milosavljević¹, Dejan Rančić¹, Uwe Siart³

Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu¹

Inovacioni centar novih tehnologija – ICNT²

Technische Universität München, Institute for High-Frequency Engineering³

Sadržaj – Prikaz i analiza padavina u određenoj oblasti prostora zahteva relativno pouzdan izvor podataka koji poseduje zadovoljavajuću prostornu pokrivenost. Količina padavina se danas najčešće meri pomoću tri izvora podataka, kišomera, radara i satelitskih osmatranja. Najnoviji trend u merenju količine padavina je korišćenje slabljenja signala na komercijalnim mikrotalasnim linkovima. Bez obzira na izvor podataka ove podatke je potrebno obraditi i prikazati i eventualno izdati upozorenje o potencijalnoj opasnosti. U ovom radu je predstavljen prototip specijalizovanog geografskog informacionog sistema (GIS) koji omogućava predikciju, analizu i vizuelizaciju podataka o atmosferskim padavinama. Razvijeni prototip koristi GIS programski okvir koji je proširen da bi zadovoljio postavljene zahteve za obradu, analizu i prikaz podataka o padavinama. Prototip je napravljen tako da bude generalan i fleksibilan kako bi mogao da se iskoristi za različite namene, kao što su praćenje klimatskih promena, analiza vremenskih prilika, najava atmosferskih nepogoda itd. Osim toga prototip treba da zadovolji specifične zahteve konkretne oblasti primene. Prototip je opšti je omogućava rad sa različitim tipovima, izvorima i formatima podataka, kao i standardne algoritme obrade meteoroloških podataka i mogućnost njihove vizuelizacije. Prototip je fleksibilan jer omogućava jednostavno dodavanje alata za obradu georeferenciranih podataka o padavinama pomoću novih modula koji nemaju uticaj na ostale komponente. On se lako može prilagoditi korisniku jer omogućava definisanje kompleksnih stilova za prikaz podataka. Prototip je proširen alatima koji mogu odrediti oblast prostora koja će biti poplavljena ako se izlije reka i analizu sliva padavina u okviru neke oblasti. Alati su razvijeni kako bi obezbedili visoku efikasnost izvršenja, jer zahtevaju složenu obradu podataka.

Abstract – The processing and representation of precipitation in particular region requires relatively reliable data source which has satisfactory spatial coverage. The precipitation amount is measured using three data sources: rain gauges, weather radars and satellite observations. The new trend is using attenuation of signal level of commercial microwave links. No matter which data source used participation data must be analyzed and visualized. In this paper we present the prototype of specialized Geographic Information System (GIS) which enables processing, analysis and visualization of precipitation data. The developed prototype uses GIS framework which is enhanced to satisfy specific requirements. Prototype is designed to be general and flexible in order to be applied in different domains, like monitoring climate changes, weather analysis,

atmospheric disaster prediction etc. Besides, the prototype have to satisfy requirements for specific application domains. The prototype is general and can use different types, data sources and formats, and standard algorithms form processing and visualization of these data. The prototype is flexible and provides simple adding of new tools for data processing precipitation data by implementing new modules which do not have effect on the rest of the system. It can be easily accommodated to the user needs because it offers defining complex custom representation styles. The prototype is enhanced with two components. The first compute the potential flooded area if the river breach its bank a selected location. The second one produce the water accumulation flow raster based on DEM data. Both enhancement require significant data processing and are developed to ensure good performances.

1. UVOD

Klimatske promene imaju sve veći uticaj na životnu sredinu. Veliki broj istraživača je uključen u proučavanje, praćenje uticaja i prilagođavanje ovim promenama. Cilj je obezbediti informacije koje trebaju pomoći u procesu planiranja budućeg razvoja, donošenja odluka i poboljšanja kvaliteta ljudskog života. Klimatske promene zahtevaju interdisciplinarni pristup, pa osim meteorologa zahtevaju uključivanje, prvenstveno, naučnika iz oblasti računarskih nauka kako bi se razvili informacioni sistemi koji treba da obezbede prikupljanje, skladištenje, upravljanje i analizu podataka relevantnih za istraživanje klimatskih promena. Kako su klimatske promene proces najčešći oblici analize zahtevaju obradu podataka koji se odnose na duži period vremena. Pored toga klimatske promene se odnose na konkretnu oblast prostora na Zemlji, pa se geografski informacioni sistemi (Geographic Information Systems – GIS) nameću kao pravi put za obradu klimatskih podataka. Imajući prethodno u vidu analiza klimatskih podataka se može svrstati u kategoriju prostorno vremenskih analiza. Sve prethodno ukazuje da je obrada ovih podataka veoma zahtevna usled prostorne komponente i dužeg perioda vremena u kome se podaci prikupljaju pa je potrebno osmisliti efikasne metode za njihovu obradu.

Postoji veliki broj alata iz oblasti geografskih informacionih sistema koji su razvijeni da bi obezbedili podršku analizi podataka. Oni najčešće pružaju mogućnosti statističke analize opšteg karaktera, kao što su matematička, naučna, ekonomska ili slično. Mali broj alata omogućava analizu prostornih podataka, a još manji

analizu georeferenciranih podataka. Naješće su ovi alati deo većih softverskih sistema, kao što su: ArcGIS [1], Quantum GIS [2] and SAGA GIS [3]. Pomenuti sistemi imaju podršku za razne vrste analize vektorskih i rasterskih prostornih podataka.

Merenja meteoroloških parametara se obavljaju dosta često pa je količina prikupljenih podataka dosta velika. Izvori podataka mogu biti različitog tipa: manuelne ili automatske meteorološke stanice, satelitska osmatranja, radarski podaci, pametni mobilni uređaji itd. Često se podaci sa različitih izvora kombinuju u cilju dobijanja tačnije rezultata u analizi klimatskih promena. Najčešći izvori podataka o padavinama su: kišomeri, meteorološki radari [4], satelitska osmatranja i u novije vreme slabljenje signala na mikrotalasnim linkovima [5].

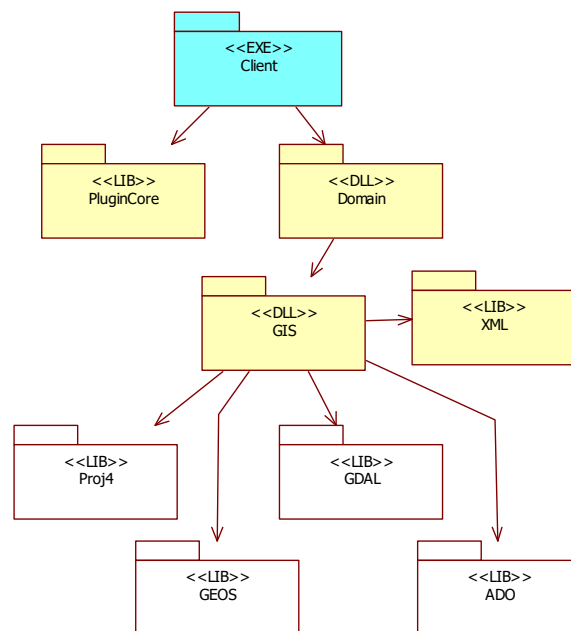
Osnovna motivacija za istraživanje, projektovanje i praktičnu implementaciju prikazanu u ovom radu bila je razvoj specijalizovanog GIS prototipa koji se odlikuje visokim stepenom generalnosti i fleksibilnosti kako bi pokrio što veći skup oblasti primene meteoroloških podataka, ali u isto vreme pruža mogućnost dalje specijalizacije sistema za konkretnu oblast. Generalnost sistema se ogleda u mogućnosti rada sa različitim tipovima, izvorima i formatima podataka. Fleksibilnost se odnosi na mogućnost definisanja kompleksnih stilova za vizuelizaciju georeferenciranih meteoroloških i geoprostornih podataka uopšte. Što se tiče specijalizacije sistema, ona se može podeliti u dve faze. Prva faza se odnosi na sam princip efikasnog razvoja specijalizovanih GIS aplikacija, koji se postiže proširivanjem GIS programskog okvira (kostura aplikacije) domenski specifičnim funkcionalnostima. U ovom slučaju radi se o funkcionalnostima koje su zajedničke za sve oblasti primene meteoroloških podataka. Korišćeni GIS programski okvir je razvijen u okviru CG&GIS Lab-a [6] [7]. Prva faza specijalizacije se sprovodi tokom razvoja aplikacije. Druga faza se odnosi na dalju specijalizaciju za konkretnu oblast, implementacijom specifičnih alata za analizu geoprostornih i meteoroloških podataka. Arhitektura prikazanog sistema pruža programski interfejs za brz i nezavisan razvoj ovakvih alata u formi plugin modula. Druga faza specijalizacije se sprovodi nakon završetka implementacije aplikacije.

Organizacija rada je sledeća. Nakon uvoda, u drugom poglavlju, prikazana je generalna arhitektura razvijene specijalizovane GIS aplikacije za analizu i vizuelizaciju meteoroloških podataka. U trećem poglavlju dat je osvrt na generalnost i fleksibilnost sistema. U četvrtom poglavlju prikazan je način proširenja GIS programskog okvira domenski specifičnim funkcionalnostima koje su zajedničke za sve oblasti primene meteoroloških podataka. U petom poglavlju je prikazana plugin arhitektura sistema koja omogućava dalju specijalizaciju sistema za konkretnu oblast. Šesto poglavlje prikazuje dve komponente razvijene korišćenjem plugin arhitekture koje se odnose na

predviđanje opasnosti od poplava. Na kraju, u zaključku, je dat osvrt na karakteristike razvijenog prototipa.

2. SRODNI ALATI I SISTEMI

Statistika formirana na osnovu podataka dobijenih osmatranjem prirodnih pojava pružaju novu perspektivu naučnicima. Brojni su informacioni sistemi i softverski alati koji omogućavaju statističku analizu. Istraživanje sprovedeno u ovom radu koristi prostorne georeferencirane podatke za generisanje statistike, što većina alata ne podržava. Generalni GIS omogućavaju veliki broj raznovrsnih geoprostornih analiza. Najpoznatiji su ArcGIS [1], Quantum GIS [2] i SAGA GIS [3]. Međutim, osim ArcGIS-a, ostala dva alata ne podržavaju obradu i analizu podataka dobijenih sa radara. Komponenta ArcGIS-a koja može da vrši obradu radarskih podataka bavi se samo kratkoročnim analizom padavina na osnovu radarskih podataka [4].



Slika 1. Generalna arhitektura sistema.

3. KOMPONENTE SISTEMA

Na slici 1 je prikazana generalna arhitektura razvijene specijalizovane GIS aplikacije za analizu i vizuelizaciju meteoroloških podataka. Osnova aplikacije je GIS programski okvir – skup C++ biblioteka klasa implementiranih u laboratoriji za računarsku grafiku i geografske informacione sisteme (CG&GIS Lab) Elektronskog fakulteta u Nišu [6] [7]. GIS programski okvir implementira zajednički model podataka i većinu funkcionalnosti. Sastoji iz dve dinamičke biblioteke: GIS i XML. Većina implementacije nalazi se u GIS biblioteci, dok je XML pomoćna biblioteka za pristup, manipulisanje i kreiranje XML dokumenata. GIS programski okvir je implementiran uz podršku četiri biblioteke otvorenog koda: Proj4, GDAL, GEOS i ADO. Proj4 implementira

mehanizme za definiciju različitih koordinatnih sistema i reproprojekciju koordinata između njih. GDAL je biblioteka za rad sa različitim formatima rasterskih georeferenciranih fajlova. GEOS pruža podršku za geoprostorne upite i geoprociranje. ADO biblioteka sadrži skup klasa koje pojednostavljaju pristup i manipulisanje bazama podataka.

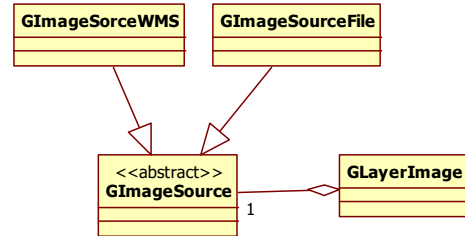
Kako bi se implementirale domenski specifične funkcije GIS programski okvir je proširen dinamičkom bibliotekom Domain (prva faza specijalizacije). Projekat PluginCore je statička biblioteka koja sadrži interfejsne klase za razvoj plugin alata (druga faza specijalizacije). Na kraju, u projektu Client je implementiran korisnički interfejs razvijene desktop aplikacije. U razvoju smo se oslonili na programski jezik C++ i biblioteku klasa MFC (Microsoft Foundation Class Library).

4. GENERALNOST I FLEKSIBILNOST SISTEMA

Kao što je već napomenuto, s obzirom na širok spektar primena meteoroloških podataka, bilo je neophodno obezbediti visok stepen generalnosti i fleksibilnosti razvijenog sistema. Generalnost sistema se odnosi na mogućnost rada sa različitim tipovima, izvorima i formatima podataka. Postoje tri osnovna tipa georeferenciranih podataka: rasterski, pokrivni i vektorski podaci, kojima u GIS programskom okviru razvijenog sistema odgovaraju rasterski, pokrivni i vektorski tip sloja, respektivno. Za svaki od navedenih tipova podataka podržano je učitavanje iz različitih izvora podataka. Izvori vektorskih podataka podržani u razvijenom sistemu su OGC (Open Geospatial Consortium) WFS (Web Feature Service), SHAPE fajl i baze podataka, pri čemu je podržana većina aktuelnih sistema za upravljanje bazom podataka: Microsoft SQL Server, Oracle (i geoprostorna ekstenzija Oracle Spatial), Microsoft Access, PostgreSQL (i geoprostorna ekstenzija PostGIS) itd. Izvori rasterskih podataka su OGC WMS (Web Map Service) i različiti formati fajlova, dok su izvori pokrivnih podataka OGC WCS (Web Coverage Service) i različiti formati fajlova. Uz pomoć GDAL biblioteke podržana su najbitniji formati fajlova georeferenciranih rasterskih (jpg, png, gif, tif, bmp, ecw, sid) i pokrivnih podataka (asc, adf, grb, grib2). Na slici 2 je prikazan deo arhitekture GIS programskog okvira odgovoran za implementaciju učitavanja rasterskih podataka iz različitih izvora. Svakom rasterskom sloju (instanca klase *GLayerImage*) pridružena je neka implementacija apstraktne klase *GImageSource*, koja ima zadatak da učita i prevede podatke iz konkretnog izvora u zajednički model podataka koji se koristi u klasi *GLayerImage*. Zahvaljujući ovakvoj arhitekturi, dodavanje novog izvora podataka svodi se na implementaciju nove klase izvedene iz klase *GImageSource*. Ista koncepcija upotrebljena je i za implementaciju učitavanja vektorskih i pokrivnih podataka.

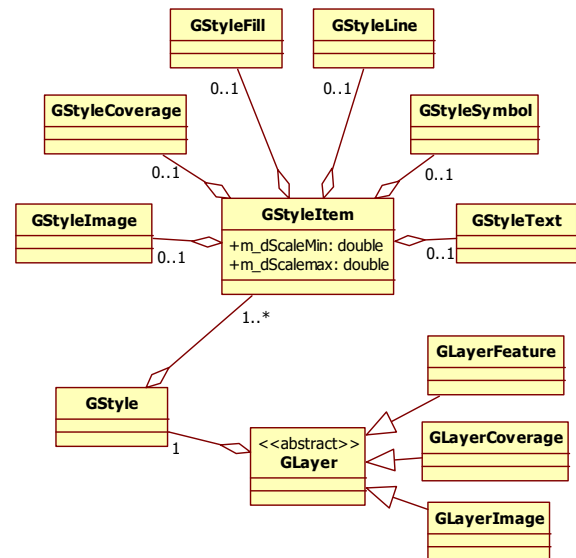
Fleksibilnost sistema odnosi se na mogućnost definisanja kompleksnih stilova za vizuelizaciju georeferenciranih meteoroloških i geoprostornih podataka uopšte. Na slici 3 prikazan je deo arhitekture GIS programskog okvira odgovoran za implementaciju definisanja stila sloja. Svakom sloju (instanca neke od implementacija apstraktne

klase *GLayer*) pridružen je stil (*GStyle*). Stil može imati više slojeva stila (*GStyleItem*), pri čemu svaki važi za određeni opseg razmera (od *m_dScaleMin* do *m_dScaleMax*). Za svaki sloj stila definiše se jedna ili više osobina (slika, ispuna, tekst, linija, simbol itd.).



Slika 2. Deo arhitekture za učitavanje rasterskih podataka iz različitih izvora.

Zahvaljujući ovakvoj arhitekturi moguće je definisati vrlo kompleksne stilove koristeći intuitivan korisnički interfejs razvijene aplikacije.



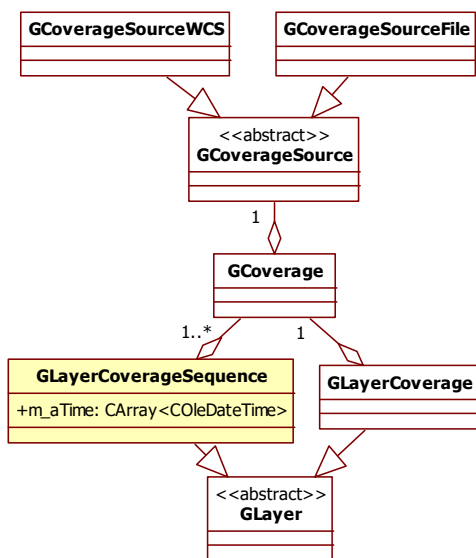
Slika 3. Deo arhitekture za definisanje stilova.

5. PROŠIRENJE GIS PROGRAMSKOG OKVIRA

Kao što je već napomenuto, proširenje GIS programskog okvira domenski specifičnim funkcijama predstavlja prvu fazu specijalizacije sistema. Proširenje je izvršeno dinamičkom bibliotekom Domain (slika 1).

S obzirom da su meteorološki podaci u najvećem broju slučajeva pokrivnog tipa, proširenje GIS programskog okvira se odnosi upravo na deo koji implementira rad sa pokrivnim podacima. Meteorološki podaci su specifični jer često sadrže i vremensku komponentu, pa je implementiran specijalizovani tip sloja pokrivnih podataka (klasa *GLayerCoverageSequence*) izveden iz apstraktne klase *GLayer*. Na slici 5 prikazana je nova klasa (označena

žutom bojom) i njena veza sa klasama GIS programskog okvira (označene belom bojom). Za razliku od klasičnog sloja pokrivnih podataka (*GLayerCoverage*) novi tip sloja sadrži niz matrica pokrivnih podataka (*GCoverage*). Uz svaki član ovog niza pridruženo je vreme važenja (odgovarajući član niza *m_aTime*). Zahvaljujući specijalizovanom tipu sloja pokrivnih podataka i odgovarajućem korisničkom interfejsu u razvijenoj aplikaciji, korisniku se pruža mogućnost izbora za koji vremenski trenutak želi vizuelizovati ili analizirati podatke sloja, kao i mogućnost pregleda istorije za dati sloj.

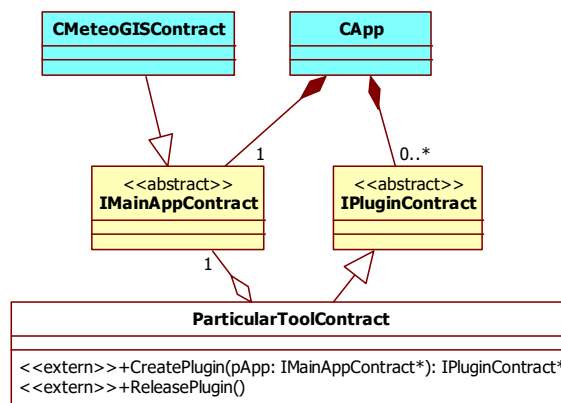


Slika 4. Specijalizovani tip sloja pokrivnih podataka i njegove veze sa klasama GIS programskog okvira.

6. MODULARNA ARHITEKTRA

S obzirom na specifičnosti pojedinih oblasti primene meteoroloških podataka, neophodno je pružiti mogućnost dalje specijalizacije razvijenog sistema za konkretnu oblast. Ovaj cilj je postignut plugin arhitekturom koja omogućava razvoj alata za analizu geoprostornih i meteoroloških podataka u formi plugin modula. Proces razvoja odgovarajućih plugin alata predstavlja drugu fazu specijalizacije sistema. Za razliku od prve faze specijalizacije opisane u prethodnom odeljku, koja se sprovodi tokom razvoja samog sistema, druga faza se sprovodi nakon završetka implementacije sistema.

Na slici 6 dat je uprošćen dijagram implementirane plugin arhitekture. U biblioteci PluginCore nalaze se dve apstraktne klase zadužene za ostvarivanje komunikacije između izvršnog projekta glavne aplikacije Client (tj. klase *CApp*) i plugin modula: klasa *IPluginContract* (sadrži metode plugin modula dostupne glavnoj aplikaciji: metode koje obrađuju korisničke akcije nad prozorom glavne aplikacije i metod za iscertavanje), i klasa *IMainAppContract* (sadrži funkcionalnosti glavne aplikacije dostupne plugin modulima: pribavljanje podataka učitanih u glavnu aplikaciju, projekcija koordinata itd.).



Slika 5. Plugin arhitektura.

U projektu Client nalazi se konkretna implementacija apstraktne klase *IMainAppContract* – klasa *CMeteoGISContract*. U zasebnom projektu plugin modula nalazi se konkretna implementacija apstraktne klase *IPluginContract* – klasa *ParticularToolContract*. Da bi plugin modul bio učitani u glavnu aplikaciju, on mora da obezbedi i dve eksterne metode: *CreatePlugin* i *ReleasePlugin*. Prilikom startovanja aplikacije, učitavaju se sve dinamičke biblioteke iz specificiranog foldera (i postaju dostupne iz korisničkog menija glavne aplikacije), koje imaju odgovarajući potpis metoda *CreatePlugin* i *ReleasePlugin*. Pozivom metode *CreatePlugin*, klasa *CApp* pribavlja pokazivač na odgovarajuću implementaciju apstraktne klase *IPluginContract* od plugin modula i prosleđuje pokazivač na odgovarajuću implementaciju apstraktne klase *IMainAppContract* plugin modulu.

Najbitnije prednosti plugin orijentisanog razvoja alata za analizu u odnosu na klasičan razvoj (u okviru same aplikacije), jesu: brz i nezavisan razvoj novih alata i jednostavan izbor alata za učitavanje u glavnu aplikaciju (s obzirom da se učitavaju samo moduli unutar specificiranog foldera).

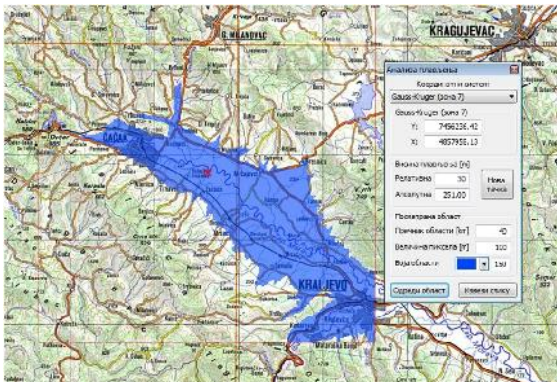
7. KOMPONENTE ZA ANALIZU PLOVLJENJA

Poplave mogu biti jedna od pojava koja može dovesti do ozbiljnih posledica po životnu sredinu, materijalna dobra i ljudske živote. Dve su najčešće mogućnosti koje izazivaju poplave i obe nastaju kao posledica povećane količine padavina. Prva su poplave direktno izazvane povećanom količinom padavina koja pada i akumulira se po pojedinim delovima terena. Druga mogućnost su poplave nastale usled izlivanja reka iz tokova, takođe kao posledica obilnih padavina. Oba tipa poplava zahtevaju geoprostornu analizu koja zahteva poznavanje podataka o terenu. Komponente koriste DEM (Digital Elevation Model) za reprezentaciju terena. Rezultat se može prikazati kao poseban sloj na karti i snimiti u nekom od standardnih rasterskih georeferenciranih formata. Pored toga moguće je ovaj sloj iskoristiti kao ulazni podatak za neku drugu tip analize koja je implementirana u okviru prototipa.

A. KOMPONENTA ZA ANALIZU PLOVLJENJA

Komponenta za analizu plavljenja omogućava određivanje oblasti prostora koja će biti poplavljena na osnovu izlivanja reke iz rečnog toka. Potrebno je definisati tačku na kojoj će doći do izlivanja i visinu povećanja nivoa vode u toj tački. Ova komponenta određuje oblast prostora koja će biti poplavljena pod navedenim uslovima. Rezultat je rasterski model oblasti koja će biti poplavljena. Ova komponenta je napravljena kao poseban plugin modul.

Komponenta dopušta mogućnost definisanja veličine elementa rastera. Ovim se mogu popraviti performanse izvršenja algoritma ili povećati preciznost izračunavanja. Maksimalna preciznost se dobija korišćenjem elemenata veličine originalnog DEM modela terena.



Slika 6. Prikaz rezultata analize plavljenja

Određivanje oblasti plavljenja koristi efikasan algoritam za plavljenje (flood fill). Ovaj analizira niz po niz ćelija i time izbegava veliki broj rekurzivnih poziva funkcije [8]. Ovim se obezbeđuje efikasnost izvršenja algoritama.

Algoritam je implementiran kao jedna od strategija u ovom projektnom obrascu. Ovim je obezbeđeno jednostavna zamena algoritma novim. Komponenta ne uzima u obzir ograničenje u količini vode koja se može isteći iz reke.

B. KOMPONENTA ZA ANALIZU SLIVANJA

Komponenta za analizu slivanja omogućava određivanje matrice akumulacije protoka za zadatu oblast prostora. Oblast prostora se definiše pomoću okvirnog pravougaonika. Rezultat je rasterski model oblasti koja za svaki element rastera definiše potencijalnu količinu vode koje će se sliti na tu lokaciju. Ovaj model predstavlja akumulaciju protoka. Ova komponenta je takođe napravljena kao poseban plugin modul.

Komponenta dopušta mogućnost definisanja veličine elementa rastera. Ovim se mogu popraviti performanse izvršenja algoritma ili povećati preciznost izračunavanja. Maksimalna preciznost se dobija korišćenjem elemenata veličine originalnog DEM modela terena.

Postoje različiti modeli koji se koriste za definisanje pravca i količine protoka vode za svaki element rastera [9]. Opisani prototip koristi D8 model pravca i količine protoka.

Određivanje akumulacije protoka zahteva uređenje svih elemenata rastera po nadmorskoj visini. Ovde su iskorišćeni različiti algoritmi koji obezbeđuju sortiranje: quick sort, merge sort, heap sort i counting sort. U zavisnosti od opsega visina i raspodele visina unutar oblasti moguće je odabrati odgovarajući metod.

Komponenta omogućava lako proširenje i promenu modela koji se koristi za definisanje pravca protoka vode po elementima rastera i metodama za sortiranje elemenata rastera. Za to je u oba slučaja iskorišćen Strategy projektni obrazac.

8. ZAKLJUČAK

Podaci o količini padavina su osnova za različite oblasti primene, kao što su praćenje i adaptacija na uticaj klimatskih promena, prognoza količine padavina, upozorenja na pojavu nepogoda, i planiranje. Ovi podaci su poseduju inherentnu vremensku i prostornu komponentu, pa je za potrebe njihove obrade i prikaza pravi alat GIS. Podaci o količini padavina se danas prikupljaju iz četiri izvora, kišomera, radara, satelitskih osmatranja i slabljenjem signala na komercijalnim mikrotalasnim linkovima. Zbog raznovrsnosti podataka i različitih načina obrade podataka o padavinama neophodno je imati generalan i fleksibilan alat. U ovom radu je predstavljen GIS prototip koji ima obe ove karakteristike. On omogućava rad sa različitim tipovima, izvorima i formatima podataka, i implementira standardne algoritme obrade podataka o padavinama i mogućnost vizuelizacije kako podataka tako i njihovih produkata. Sistem ima fleksibilnu komponentu koja omogućava definisanje korisničkog predefinisano stila za prikaz podataka. Fleksibilnosti sistema najviše doprinosi mogućnost jednostavnog dodavanja novih tipova slojeva u arhitekturu sistema i plugin arhitektura. Ovakav pristup omogućava dodavanje novih programskih komponenti bez uticaja na ostatak sistema. Osim toga razvoj ovih komponenti može se obavljati nezavisno u odnosu na unapređenje ostatka sistema. Dodavanjem alata GIS prototip se može specijalizovati za konkretne primene predikcije, analize i prikaza podataka o padavinama. Prototip je proširen sa dve komponente koje su od koristi za pojavu opasnosti od poplava. Prva određuje oblast prostora koja će biti poplavljena nakon izlivanja reke. Ovaj alat implementira efikasan algoritam plavljenja koji je neophodan za sve tipove plavljenja terena. Druga komponenta omogućava analizu slivanja padavina unutar neke oblasti prostora. Ova komponenta zahteva uređenje velikog broja podataka radi određivanja matrice akumulacije, pa je obezbeđena mogućnost izbora algoritma koji daje najbolje rezultate: quick sort, merge sort, heap sort ili counting sort. Pored toga ova komponenta omogućava jednostavno dodavanje novih algoritama za određivanje akumulacije padavina i njihovu promenu u toku rada sistema.

ZAHVALNICA

Rezultati prikazani u ovom radu dobijeni su tokom istraživanja u okviru bilateralnog projekta između Srbije i Nemačke "Sistem za rano predviđanje i upozoravanje na opasnost od poplava" finasiranog od strane nemačke DAAD fondacije i srpskog Ministarstva prosvete i nauke.

LITERATURA

[1] ESRI, ArcGIS, Internet: www.esri.com/software/arcgis, [Jan. 28, 2017.]

[2] Quantum GIS, Internet: www.qgis.org/en/site, [Jan. 28, 2017.]

[3] SAGA GIS, Internet: www.saga-gis.org/en/index.html, [Jan. 28, 2017.]

[4] M. A. Gad and I. K. Tsanis, "A GIS methodology for the analysis of weather radar precipitation data", *Journal of Hydroinformatics*, vol. 5. Issue 2. pp. 113-126, 2003.

[5] Vladica Dorđević, Olivera Pronić-Rančić, Zlatica Marinković, Marija Milijić, Vera Marković, Uwe Siart, Christian Chwala, Harald Kunstmann, "New Method for Detection of Precipitation Based on Artificial Neural Networks", *Microwave Review*, Vol. 19, No.2, December 2013.

[6] A. Milosavljević, A. Dimitrijević, D. Rančić, "GIS-augmented video surveillance", *International Journal of Geographic Information Science*, Vol. 24, Issue 9, September 2010, pp. 1415-1433, ISSN: 1365-8816.

[7] D. Rančić, A. Milosavljević, A. Dimitrijević, M. Kovačević, B. Trajković, V. Gredić, "Architecture and Functionalities of Desktop GIS Universal Military System", *Proceedings of the 4th International Scientific Conference OTEH 2011*, Belgrade, Serbia, October 2011, pp. 752-758

[8] J. D. Foley, A. Van Dam, S. K. Feiner, J. F. Hughes, *Computer Graphics Principles And Practice*, Second Edition in C, Addison-Wesley Publishing Company, 1996.

[9] Kang-tsung Chang, "Introduction to Geographic Information Systems", McGraw-Hill, Third Edition 2006.

KONTROLISANJE RPI ROBOTA POMOĆU PYTHON KODA CONTROLLING RPI ROBOT WITH PYTHON CODE

Filip Ilić

Univerzitet EDUCONS, Fakultet informacionih tehnologija

Sadržaj – Cilj ovog rada je upoznavanje i opšta primena sa programom za kontrolisanje DC motora povezanih na Raspberry Pi mikrokontroler. U radu će biti prikazano kako je sklopljen hardverski deo, a zatim i programiranje softverskog dela. Prikazaće se upotrebljivost i mogućnost daljeg unapređivanja ovog robota.

Abstract - Aim of this pages is to introduce and show basic usage of program for controlling DC motors connected to an Raspberry Pi microcontroller. In the following pages it is shown how the hardware part of robot is put together, and then we will look into how to do the software part. It will be shown how it can be useful and how can we further improve it.

1. UVOD

Mikrokontroleri su uveli pravu malu revoluciju kako u praktičnom pravljenju projekata koji su nekada zahtevali daleko više novca i resursa, tako i u pomoćnom sredstvu za učenje i upoznavanje novih inženjera sa svetom programiranja i elektronike. Trenutno najpoznatiji mikrokontroleri su Arduino, Raspberry Pi i BeagleBone.[1] Oni svojim performansama, pristupačnom cenom i velikim onlajn zajednicama omogućavaju hiljadama ljudi širom sveta da svoje ideje pretvore u realnost.

Kako je često početak najteži i kako onaj prvi osećaj da je nešto napravljeno obično bude pokretačka snaga za dalje istraživanje, u ovom radu biće obrađene osnovne komande upravljanja Raspberry Pi robotom koje bi trebale da posluže kao odskočna daska za dalje projekte i usavršavanje studenata Fakulteta informacionih tehnologija, Univerziteta Educons u svet robotike i operativnih sistema.

Prvo je predstavljena ideja, zatim materijali neophodni za rad i sklapanje robota, pisanje samog koda u Python jeziku i na kraju primena ovog robota i mogućnost daljeg unapređenja.

2. IDEJA O IZGRADNJI ROBOTA

Ideja je da konstruisanje robota koji će moći uz pomoć DC motora da se kreće kontrolisan sa daljine preko komandne linije Raspberry Pi-a. Cilj je da se stvori početni program i hardver robota na kojem bi kasnije bilo moguće istraživanje i dodavanje novih operacija koje će taj robot da izvršava.

Pošto je cilj jednostavnost, radi lakšeg upoznavanja studenata i budućih inženjera Fakulteta informacionih tehnologija Univerziteta Educons, sa svetom robotike kod je pisan u programskom jeziku Python. Šta više, Raspberry Pi je i napravljen, na Kembridžu, kako bi

upoznao nove inženjere sa svetom programiranja i elektronike. Deo njegovog imena, „Pi“ potiče od naziva programskog jezika Python, jer je taj programski jezik zbog svoje jednostavnosti postavljen kao osnovni jezik za programiranje na Raspberry Pi platformi.

3. NEOPHODNI MATERIJALI

Za sklapanje ovog robota neophodni su sledeći materijali:

1. 2 DC motora;
2. Po jedan točak za svaki motor;
3. Šasija za robota;
4. Džamper kablići;
5. L293-D H Bridge;
6. 4 x 1.2V AA baterije;
7. Protobord;
8. I naravno Raspberry Pi;



Slika 1. Materijali

4. SKLAPANJE - HARDVERSKI DEO

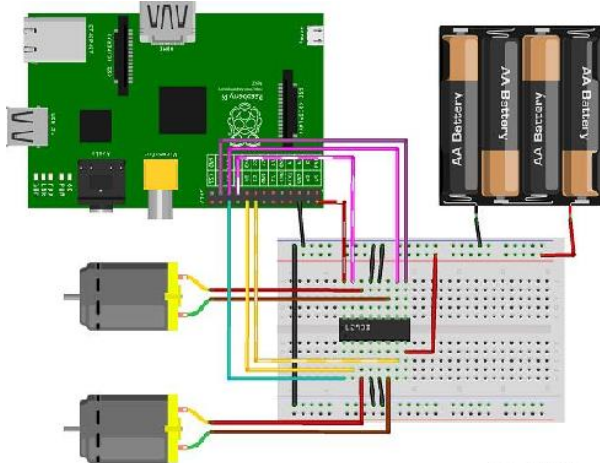
Pre nego se počne sa sklapanjem trebalo bi da obratiti pažnju na sledeće:

- Nikad ne spajati motore na napajanje od Raspberry Pi, jer ono nema dovoljno energije da podrži napajanje motora.
- Koriste se 4 AA baterije, što će za posledicu imati malo sporiji rad motora. Moguće je spojiti jači izvor energije, na primer bateriju od 9V. Ovim se postiže veća brzina motora.

- Takođe je moguće koristiti 4 motora, ali to trenutno nije neophodno i nepotrebno bi zakomplikovalo povezivanje.

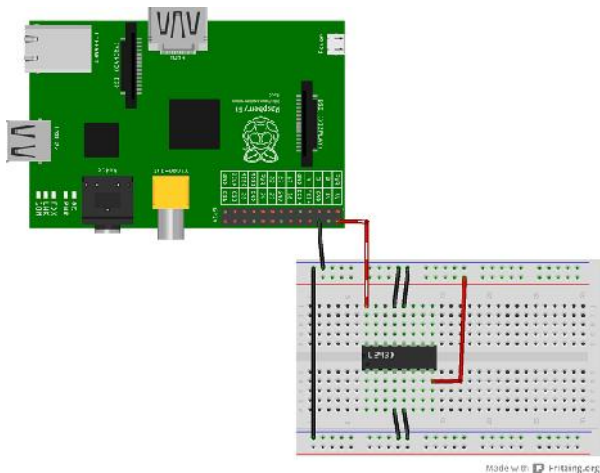
Kada postoje svi neophodni materijali može da se pređe na sklapnje Raspberry Pi robota.

Gotovo kolo[2] treba da izgleda ovako:



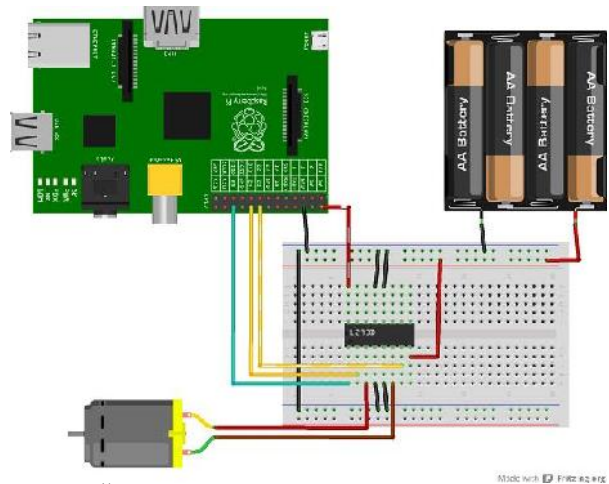
Slika 2. Šema povezanog Rpi sa napajanjem i motorima

a) Prvi korak je da se poveže napon i uzemljenje kao na slici 2. To se radi tako što se poveže L293D na protobord. Zatim se povezuje RPi 5V na pin 16 u L293D. Nakon toga ground iz RPi povezuje se sa pinovima 4, 5, 12, 13 na L293D.



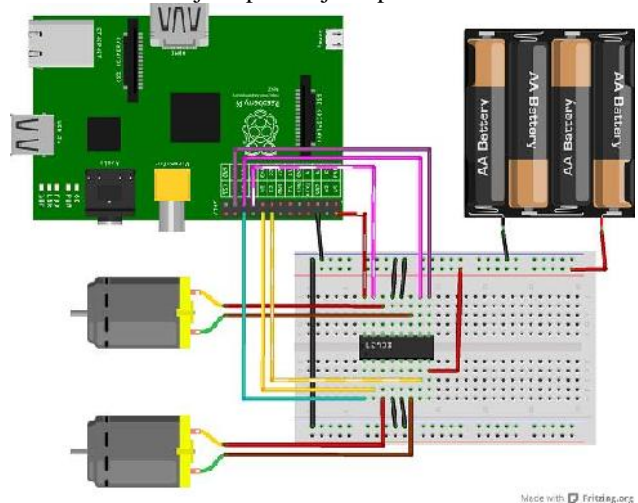
Slika 3. Šema povezanog napajanja

b) Dodavanje RPi pinova 22, 18, 16 na redom pinove 1, 2, 7 u L293D. Gde je pin 22 enable koji se koristi za oba motora. L293D sadrži dva ugrađene *H-Bridge Driver* kola. U zajedničkom režimu rada, dva DC motora mogu se dravovati istovremeno, u oba pravca i napred i nazad. Operacije dva motora mogu da se kontrolišu logičkim nivoima na pinovima 2 i 7 i 10 i 15. Ulazna logika 00 ili 11 će zaustaviti odgovarajući motor. Logika 01 i 10 rotiraće motor u smeru kazaljke na satu i u suprotnom smeru, respektivno.



Slika 4. Šema povezanog jednog motora

c) Dodaje se motor na pin 3 i 6 od L293D. Takođe se dodaje i baterija i spajaju se linije kao na slici u crveni kanal koji se povezuje sa pinom 8.



Slika 5. Šema povezana oba motora

d) I konačno dodaje se i drugi motor, koji se povezuje na 14 i 11 na L293D. Iz RPi dovode se pinovi 19 i 21 na pinove 15 i 10 u L293D konekciju za signal. A pin 9 za enable na L293D povezuje se sa pinom 1, jer će oba motora biti omogućena istovremeno.

5. PISANJE KODA (SOFTVERSKI DEO)

Da bi se mogao pisati kod na RPi-u mora se povezati na njega. Najlakši način za to je uz pomoć SSH(Secure Shell) komandnog interfejsa koristeći portabilni program Putty.

Moguće je povezivanje i na grafički interfejs preko VNC servera ali za ovu svrhu to nije nepotrebno.

IP adresu RPi-a koja je neophodna za povezivanje je najlakše pronaći pomoću neke mobilne aplikacije (u ovom slučaju korišćen je WiFi Hacker ili FING aplikacija). Na windowsu možemo da se koristi [arp -a] komanda pa da se nagađa koja od dinamičkih adresa je ukoliko ima manje od deset na mreži. Ili da se koristi

aplikacija IP skener, koja daje uvid u sve trenutne korisnike mreže.

Kada je pronađena lokalna adresa Raspberry Pi-a unosi se u Putty u polje ispod „Host Name or IP address“. Zatim se pritisne dugme *open* i to otvara prozor komandne konzole.

Zatim se sa Raspberry Pi default korisničkim imenom uloguje u komandnu liniju.

Korisničko ime: pi

Lozinka: raspberry

Takođe postoji mogućnost da se poveže na Putty pomoću USB kabla na čijem drugom kraju se nalaze džamperi za povezivanje sa pinovima umesto standardnog mikrUSB-a. To je takozvana serijska konekcija.[3]

Kabl neophodan za serijsko povezivanje:



Slika 6. Kabl za serijsku konekciju

Da bi sačuvali organizovanost napraviti novi folder *robotics*:

```
sudo mkdir robotics
```

Zatim u *robotics* napraviti fajl *control.py*

```
sudo nano control.py
```

Ova komanda stvara fajl *control.py* i otvara ga u nano editoru. Ovde se piše sledeći kod:

```
import RPi.GPIO as GPIO
from time import sleep
```

```
GPIO.setmode(GPIO.BOARD)
```

```
Motor1A = 16
Motor1B = 18
MotorE = 22
Motor2A = 21
Motor2B = 19
```

```
def left():
```

```
    print "Going left"
    GPIO.setup(Motor1A,GPIO.OUT)
    GPIO.setup(Motor1B,GPIO.OUT)
    GPIO.setup(MotorE,GPIO.OUT)
    GPIO.setup(Motor2A,GPIO.OUT)
```

```
GPIO.setup(Motor2B,GPIO.OUT)
```

```
GPIO.output(Motor1A,GPIO.HIGH)
GPIO.output(Motor1B,GPIO.LOW)
GPIO.output(MotorE,GPIO.HIGH)
GPIO.output(Motor2A,GPIO.LOW)
GPIO.output(Motor2B,GPIO.LOW)
```

```
sleep(2)
```

```
print "Stopping motor"
GPIO.output(MotorE,GPIO.LOW)
```

```
//kako smo napravili funkciju za left(levo)
```

```
//isto tako pravimo funkciju za svaki smer
```

```
def menu():
```

```
    print "Chose from menu."
    print "MENU:"
    print "(1) Forward"
    print "(2) Left"
    print "(3) Right"
    print "(4) Back"
    print "(5) brake"
    print "(0) exit"
```

```
global x
```

```
x = input("Insert where you wanna go.\n")
```

```
return x
```

```
menu()
```

```
while x != 0:
```

```
    if x == 1:
        forward()
        menu()
    elif x == 2:
        left()
        menu()
    elif x == 3:
        right()
        menu()
    elif x == 4:
        reverse()
        menu()
    elif x == 5:
        stop()
        menu()
    else:
        menu()
```

- Prvo se uveze RPi.GPIO biblioteka i sleep iz biblioteke time.

- Zatim se odredi prema kojem standardu se pozuju pinovi.

- Potom svakom pinu se dodeli ime. Jedan pin za omogućavanje rada i po dva pina za svaki motor.

- Zatim se svaki pin stavi u stanje *OUT*.

- Šalje se poruka da se motor kreće u levo.

- Sledi deo koji će jedini da se menja za svaki novi smer robota. Podesi se koji pinovi šalju impuls prema motorima.

- Podesi se vreme izvršavanja programa.

- Šalje se poruka da se motor zaustavlja.

- Za svaki smer ispisuju se funkcije left(), right()..

- Zatim se napiše funkcija menu(). U ovoj funkciji unose se instrukcije za upravljanje robotom. Plus još jedan broj za izlazak iz petlje odnosno programa. Takođe u istoj funkciji definiše se globalna promenljiva „x“ i traži od korisnika da u „x“ unese opciju iz menija, a zatim iz programa vraća tu promenljivu.

- Na kraju se napravi petlja, pomoću *while*, u kojoj se nalaze instrukcije šta da program radi kada unesemo odgovarajuću opciju iz menija

Kada program postoji potrebno je još samo da se pokrene i moguće je upravljanje robotom. Pokreće se na sledeći način:

```
sudo python control.py
```

6. DALJE UNAPREĐIVANJE ROBOTA

Primer je omogućavanje kontrolisanja robota putem brauzera preko servera instaliranog na Raspberry Pi-u.

To se radi tako što se instalira server. U ovom slučaju LIGHTTPD. Koji je kao što mu ime intuitivno naznačuje veoma lak i nezahtevan web server. Instalira se sledećim instrukcijama

```
sudo apt-get -y install lighttpd
```

```
sudo lighttpd-enable-mod cgi
```

```
sudo lighttpd-enable-mod fastcgi
```

Prema podrazumevanim vrednostima on će da traži index.html u *var/www/html*. Međutim potrebno je da on traži index.html u *var/www/html*. To se menja tako što se uređuje *conf* fajl.

```
sudo nano /etc/lighttpd/lighttpd.conf
```

Treba promeniti:

```
server.document-root = "/var/www/html"
```

u:

```
server.document-root = "/var/www"
```

Da bi ova promena bila sačuvana potrebno je restartovati server:

```
sudo /etc/init.d/lighttpd stop
```

```
sudo /etc/init.d/lighttpd start
```

Sad je server uključen i šta god da se nalazi u *var/www* folderu može biti prikazano kroz brauzer, kucajući IP adresu RPi-a.

Napravi se stranica za upravljanje robotom pomoću:

```
cd /var/www
```

```
sudo nano index.html
```

Dodele joj se prava pomoću:

```
sudo chmod 755 index.html
```

Zatim treba da napisati poseban program za svaki smer. Na primer *left.py*, *right.py* itd. U *index.html* fajlu napraviti stranicu i napravimo dugmiće za smerove. Pokretanjem stranice iz brauzera i upisivanjem IP adrese u omni-bar moguće je videti daljinski upravljač za robota.

7. ZAKLJUČAK

Upotreba gotovih razvojnih sistema ima veliki potencijal u mnogim oblastima a posebno u edukaciji novih programera i inženjera. U radu je predstavljen jedan primer onoga šta se može uraditi uz pomoć Raspberry Pi kontrolera dodavanjem još nekoliko komponenti.

Nije plan da se ovde stane. Ovo je smo uvod, koji bi mogao da posluži kao osnova za neke veće projekte. Na primer moguće je da se poveže kamera i da se iskoristi jedan od programa za prepoznavanje lica na Githubu ili openCV da se napravi robot koji će kada naiđe na čoveka reći „Hello human“.

LITERATURA

[1] Wiki – Raspberry Pi

https://en.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi
(Accessed 30.1.2017.)

[2] Controlling DC motors with Python

<https://business.tutsplus.com/tutorials/controlling-dc-motors-using-python-with-a-raspberry-pi--cms-20051>

(Accessed 30.1.2017.)

[3] SSH to RPi without internet

<http://raspberrypi.stackexchange.com/questions/3867/ssh-to-rpi-without-a-network-connection>

(Accessed 30.1.2017.)

INFORMATIČKO PRAVNA KARAKTERIZACIJA UPOTREBE DRONOVA U POLJOPRIVREDI

THE USE OF DRONES IN AGRICULTURE - ICT POLICY AND LEGAL ISSUES

Miloš Ilić¹, Žaklina Spalević², Petar Spalević¹, Mladen Veinović², Aleksandra Stojnev³
Fakultet Tehničkih nauka Kosovska Mitrovica, Univerzitet u Prištini¹
Univerzitet Singidunum, Beograd²
Elektronski fakultet Niš, Univerzitet u Nišu³

Sadržaj – Ubrzan razvoj informaciono komunikacionih tehnologija sa stanovišta hardverskih i softverskih resursa doveo je do njihove sve veće primene u različitim oblastima svakodnevnog života i rada ljudi. Jedan od noviteta hardverske industrije svakako su i male bespilotne letilice popularno nazvane dronovi. Skup servisa koje dronovi nude omogućio je njihovu upotrebu u mnogim oblastima. Jedna od aktuelnih oblasti primene dronova je poljoprivreda. Delatnosti u kojima dronovi mogu biti zastupljeni u oblasti poljoprivrede zavise u mnogome i od opremljenosti samog drona različitim setom senzora i/ili kamerama visoke rezolucije. U radu je dat pregled primene dronova u poljoprivredi sa stanovišta oblasti pogodnih za njihovu upotrebu. Takođe su obrađene prednosti i ograničenja upotrebe ovakvih letilica. Njihova upotreba u mnogome može doprineti razvoju precizne poljoprivrede, smanjenju troškova proizvodnje i proizvodnji zdravije hrane.

Abstract - The rapid development of information and communication technologies from the standpoint of hardware and software resources has led to their increasing application in various areas of everyday life and work. One of the novelties of the hardware industry are the drones. The set of services that drones offer have enabled their use in many areas. One of the currently popular areas for usage of drones is agriculture. Agricultural fields in which a drone can be used depends largely on its equipment, primarily set of sensors and / or high resolution cameras. This paper gives an overview of use cases in agriculture where drones are suitable for use. Furthermore, advantages and limitations of using such aircraft are given. The use of drones in agriculture can greatly contribute to the development of precise farming, reducing production costs and the production of healthier food.

1. UVOD

Strategija razvoja poljoprivrede u cilju proizvodnje kvalitetnih poljoprivrednih proizvoda u poslednjim godinama razvija se u pravcu primene takozvane kontrolisane proizvodnje i precizne poljoprivrede. Postoje različite definicije precizne poljoprivrede. Globalni koncept na kome se zasniva precizna poljoprivreda je upotreba informaciono komunikacionih tehnologija za prikupljanje i obradu podataka dobijenih sa različitih izvora. Dobijeni podaci se koriste u cilju što kvalitetnijeg pristupa uzgajanju gajenih biljaka [1]. Pod ovim domenom svrstavaju se sistemi za prikupljanje podataka

sa terena, mapiranje terena, donošenje odluka kao i automatizacija određenih procesa poljoprivredne proizvodnje [2]. Određeni broj istraživanja pokazuje da je automatizacija poljoprivredne proizvodnje još uvek u ranoj fazi, uglavnom zbog teških uslova u kojima automatizovane mašine rade: nepristupačni i neravni tereni, različiti tipovi zemljišta kao i promena vremenskih uslova (variranje temperature, padavine, vlažnost vazduha, prašina, itd.).

Ključne tehnike na kojima se zasniva precizna poljoprivreda su tehnike daljinskog praćenja i očitavanja (eng. remote sensing). Jedna od najkorišćenijih tehnika je snimanje proizvodnih površina iz vazduha [3]. Platforme na daljinsko upravljanje koje se koriste u cilju prikupljanja potrebnih informacija na osnovu serija fotografija zemljine površine mogu obuhvatiti: satelite, balone, avione, kao i korišćenje malih bespilotnih letilica što je slučaj sa dronovima. Upotreba satelita i aviona je skupa i vremenski zahtevna, pa se proces snimanja ne može ponavljati učestalo. Dronovi sa druge strane nude jednostavnije mehanizme rada, dobru opremljenost sensorima (optički, infrared, senzori za radio detekciju i rangiranje,...) i različitim tipovima kamera (RGB, NIR, RE, MultiSpec, ThermoMap), mogućnost čestog ponavljanja leta iznad proizvodne površine, a sve uz znatno nižu cenu [4]. Ovakvi dronovi su malih dimenzija, jednostavani za transport i sklapanje, omogućavaju trenutni odgovor na zahteve projekta kao i brzo angažovanje na terenu. Neke od aplikacija koje se primenjuju u poljoprivredi, a koje se baziraju na obradi slika dobijenih upotrebom dronova uljučuju: aplikacije za praćenje i mapiranje stanja zemljišta, klasifikaciju biljaka na proizvodnim površinama, praćenje pojave bolesti i štetočina, detekciju stresa kod biljaka uzrokovanog prekomernom količinom vode, detekciju nedostatka vode u zemljištu, analizu lista biljaka na sadržaj pesticida, procenu stanja biomase biljaka, kao i praćenje brojnosti korovskih biljaka na proizvodnim površinama [5].

Cilj ovog rada je da sagleda trenutne domene upotrebe dronova u poljoprivredi, kao i tipove dronova koji su najčešće u upotrebi. Poput upotrebe velikih vazduhoplova, i upotreba dronova regulisana je propisima definisanim od strane direktorata za civilno vazduhoplovstvo, kako u Republici Srbiji tako i u inostranstvu. U radu su dati pravni okviri upotrebe dronova na teritoriji naše zemlje kao i njihovo poređenje sa pravnim regulativama u inostranstvu.

2. TPOVI DRONOVA ZA POLJOPRIVREDU

Domen primene dronova u preciznoj poljoprivredi obuhvata različite oblasti i namene. Odabir konkretnog drona kao i opreme kojom će on biti opremljen u mnogome zavisi od namene samog drona. Dronovi koji se trenutno mogu kupiti na tržištu a samim tim i upotrebiti u polju precizne poljoprivrede mogu se podeliti u dve kategorije: dronovi sa fiksnim krilima i takozvani kvadrokopteri (ili multi rotor dronovi) [6]. Obe kategorije sadrže veći broj modela različitih proizvođača.

Kategorija dronova sa fiksnim krilima bazira se na tri modela: Sensefly eBee, PrecisionHawk Lancaster i Trimble. Sensefly eBee je ekonomičan i praktičan sistem za fotogrametriju izuzetno malih dimenzija. Ističe se lakim rukovanjem i lansiranjem iz ruke uz strmi uzlet i mogućnost spuštanja na malim prostorima. U standardnoj verziji ovi dronovi su opremljeni infracrvenom kamerom, ali se naknadnomogu opremiti dodacima koji kao rezultat kreiraju 3D termalnu mapu prostora [6]. Takođe se pomoću *eMonition* softvera mogu povezati sa računarima i tablet uređajima u cilju simulacije leta i određivanja putanje leta pre poletanja drona. Ovaj softver pored simulacije omogućava i naknadno menjanje prvobitno zadate putanje drona dok je on u vazduhu. Takođe je kompatibilan sa Google Earth servisom. Maksimalni opseg pokrivenosti tokom jednog trajanja leta varira od 2,2 km² do 40 km² zavisno od visine leta i težine opreme. Dokazano maksimalno vreme trajanja leta u praksi je 59 minuta. Rezolucija na tlu je do 1cm po pikselu [7].

Drugi model kategorije sa fiksnim krilima Lancaster firme PrecisionHawk je potpuno autonoman i lak za upotrebu. Kao i prethodni model takođe se lansira iz ruke. Nakon lasniranja kreće da prikulja podatke sa unapred utvrđene putanje leta. Nakon obilaska zadate putanje sam se prizemljava [8]. Opremljen je velikim brojem senzora koji se mogu menjati na terenu bez dodatne konfiguracije same letilice. Zbog mase od 2,4 kg bez dodatne opreme što je za 1,3 kg više od mase prethodnog modela maksimalno trajanje leta ovog modela je oko 45 minuta. Maksimalna prosečna pokrivenost tokom jednog leta je oko 300 hektara na visini od 100 metara. Maksimalna brzina ovog modela je 79 km/h.

Trimble dron je treći model iz kategorije dronova sa fiksnim krilima, snažniji i brži u odnosu na druge modele, što mu omogućava da snimi veću površinu u istom vremenskom periodu [9]. Primera radi maksimalno trajanje leta UX5 Trimble modela je oko 50 minuta, pri brzini od 80 km/h. Telo letilice izrađeno je od grafitnih vlakana, što joj daje visoku otpornost i stabilnost, odnosno pouzdan let pri velikim brzinama vetra (do 18 m/s), ili čak jačoj kiši, kada drugi sistemi moraju da se prizemlje. Ima sopstvene pakete softvera za praćenje i snimanje terena kao i naknadnu obradu fotografija visokog kvaliteta u varijanti RGB i NIR. Sva tri modela pored povezivanja sa baznim stanicama mogu se dodatno povezati sa pametnim uređajima unutar poljoprivrednih mašina kako bi ove mašine dobile najnovije podatke sa terena.

Kategorija kvadrokopter dronova obuhvata veliki broj različitih modela. Za primenu u poljoprivredi mogu se izdvojiti tri grupe modela kvadrokoptera: AGCO Solo, senseFly eXom i DJI multi-rotors dronovi [6]. Svaka grupa sadrži veći broj modela različitih performansi. Svaki od modela je, kao što im samo ime kaže, opremljen sa četiri motora od kojih svaki pokreće po jedan propeler. Ovakvo rešenje pokretljivosti omogućava veliku preciznost kretanja, smanjuje potrebnu površinu za poletanje i sletanje, ali u isto vreme troši više energije. Takođe ovi modeli poseduju i opciju koja omogućava povratak uređaja do bazne stanice. Specifična namena ove funkcionalnosti sastoji se u tome da letilica samostalno vodi računa o potrebnoj količini energije za povratak do bazne stanice, što smanjuje mogućnost pada letilice usleg nestanka napajanja.

Prvi od modela AGCO Solo poseduje mogućnost daljinskog upravljanja sa zemlje kao i autonomnog leta prema unapred zadatoj putanji. Trajanje leta ovog modela sa osnovnim setom kamera je oko 20 minuta, dok je maksimalna brzina oko 88 km/h. Opremljen je sa dve specijalizovane kamere za mapiranje zemljine površine. Jedna kamera je GoPro Hero 4 za RGB spektar i NIR GoPro kamera za infrared spektar. Pogodan je za kreiranje ortomozaika kao i kreiranje NDVI (Normal Difference Vegetation Index) mapa stanja biljaka [10].

SenseFly's eXom model je kreiran za inspekciju terena i mapiranje izbliza. Nudi snimanje različitih snimaka uključujući HD snimke, snimke ultra HD rezolucije kao i termalne snimke površine. Sve tri kamere su smeštene u jednoj pokretnoj glavi. Celokupna glava za snimanje može da se rotira do 270°, dok se svaka kamera pojedinačno u glavi može nezavisno rotirati u opsegu od 50° do 100°. Pored opremljenosti kamerama opremljen je i setom senzora za praćenje kretanja kao i setom ultrasoničnih senzora, što omogućava operateru veliku preciznost prilikom upravljanja letilicom [11]. Ovakva opremljenost letilice nudi mogućnost snimanja iz blizine za ostvarivanje rezolucije manje od jednog milimetra. Težina modela sa kompletnom opremom je 1,8 kg. Maksimalna dužina leta je do 22 minuta, dok je maksimalna brzina leta 25,2 km/h. Letilica može da izdrži udare vetra do 8 m/s.

DJI multi-rotor grupa dronova sadrži veći broj modela. Karakteristike ovih modela kada se radi o njihovoj primeni u poljoprivredi razlikuju se počevši od dronova za početnike do profesionalnih dronova. Primera radi jedan od novijih modela pod nazivom DJI Phantom 4 Pro je opremljen jednoničnim senzorom od 20MP, koji donosi dinamički raspon od približno 12 blendi. Video je 4K, ali uz H.265 kodek, čitav proces se odvija brže i jednostavnije: 4096 x 2160 sa 30 fps i 3840 x 2160 sa 30 fps, i to na 100Mbps. Od naročitog značaja je novi mehanički zatvarač, koji eliminiše deformisanje slike pri fotografisanju meta koje se kreću brzo (tzv. rolling shutter efekat) [12]. Što se tiče objekta, njegova žižna daljina iznosi 24 mm, sa uglom gledanja od 84° - dok vrednost blende iznosi f/2.8-11. Letilica je opremljena sa tri seta vizuelnih sistema koji imaju zadatak da, u

trodimenzionalnom prostoru, mapiraju i vode računa na prepreke ispred, iza i ispod letelice kako bi se izbegli sudari (detektuju se objekti udaljeni i do 30 m od drona). Osim ova tri seta sistema, sa obe strane Phantom 4 Pro nalaze se infracrveni sistemi za detekciju prepreka, koji mogu da primete strana tela na udaljenosti od 0.2 do 7 m od drona. Pored standardne funkcionalnosti za povratak do bazne stanice, ovaj model sadrži i takozvanu *Landing Protection* opciju koja vodi računa da prilikom sletanja letilica ne sleti na neravan teren ili u vodu. Ovaj model može da dostigne maksimalnu brzinu od 72 km/h u takozvanom Sport modu, brzina uspinjanja iznosi 6 m/s, a brzina spuštanja 4 m/s. Maksimalana dužina leta je 30 minuta [13]. Daljinski upravljač je za razliku od svih ostalih modela koji zahtevaju upotrebu nekog od pametnih uređaja (telefon, tablet) opremljen sopstvenim ekranom, koji se dodatno odlikuje ugrađenim GPS-om, kompasom, HDMI portom i mestom za microSD karticu. Daljinski može da komunicira sa letelicom do udaljenosti od čak 7 km.

Obe navedene kategorije dronova (sa fiksnim krilima i kvadkopteri) uspešno se primenjuju u različitim oblastima poljoprivrede zavisno od konkretnih potreba korisnika. Način upotrebe drona u cilju prikupljanja i obrade podataka sa terena može se podeliti u pet faza [14]. U prvoj fazi potrebno je najpre odabrati adekvatne kamere i senzore kojima će dron biti opremljen u cilju prikupljanja potrebnih podataka, a u skladu sa mogućnostima samog drona. Nakon pripreme i provere funkcionalnosti drona potrebno je obaviti let i prikupiti potrebne podatke. Na osnovu prikupljenih parametara mogu se kreirati inicijalne mape terena, ortomozaici, ili NDVI mape zasejanih kultura. Druga faza se zasniva na analizi snimaka i podataka dobijenih nakon završenog leta. Osnovna obrada i pregled podataka u najvećem broju slučajeva mogu se izvršiti pomoću ugrađenog softvera na daljinskom upravljaču letilice. Detaljnije informacije dobijaju se obradom dobijenih snimaka nekim od specijalizovanih softvera na zasebnom računaru. Za obradu ovako prikupljenih podataka koriste se različite metode pomoću kojih se pored obrade snimaka sa istih izvlače i meta podaci. U cilju provere tačnosti podataka u okviru treće faze na terenu se mogu odabrati kontrolne tačke na kojima će se uporediti stvarno stanje na proizvodnoj površini sa stanjem dobijenim obradom prikupljenih podataka [14]. U četvrtoj fazi vrši se procena stanja snimljene površine ili njenih pojedinačnih delova. Primera radi u ovoj fazi vrši se procena štete nastale na usevima pod uticajem različitih bolesti i štetočina, kao i klimatskih faktora. U ovoj fazi se takođe vrši procena potrebe za dodatnim navodnjavanjem ili procena pojave štetnih efekata prisustva prevelike količine vode na samoj površini, što uzrokuje potrebu za dreniranjem. Na osnovu svih sprovedenih procena u okviru pete faze kreira se plan budućih aktivnosti koje je potrebno primeniti nad posmatranom proizvodnom površinom (prihrana proizvodne površine ili nekih određenih delova, instaliranje drenažnih sistema, aktiviranje sistema za navodnjavanje, zaštita od bolesti i štetočina, ...). Ovakav plan aktivnosti ukoliko se radi sa automatizovanim i mašinama čiji se rad bazira na upotrebi geo podataka

može se pretočiti u niz instrukcija za datu mašinu. Na ovakav način precizno se može vršiti obrada konkretne površine. Primera radi može se unapred odrediti koji deo površine će dobiti koliku količinu hraniva, veću ili manju količinu vode, kao i hemijski tretman za zaštitu od bolesti i štetočina.

Poređenjem modela iz obe kategorije vidi se da dronovi sa fiksnim krilima mogu ostvariti duže trajanja leta, kao i da mogu pokriti veću površinu tokom jednog leta. U isto vreme za razliku od kvadkoptera oni mogu podići manji teret što ih ograničava u pogledu opremljenosti kamerama. Kada je potrebno kreirati preciznije fotografije, uraditi detaljniju inspekciju terena i kada je potrebno uzletanje i sletanje obaviti na maloj površini kvadkopteri su svakako bolji izbor. Sa ekonomske strane standardni dronovi za javnu upotrebu kreću se od 450 eura do 1,300 eura. U domenu poljoprivrede cena malih dronova bez specifične tehnologije kreće se u rasponu od 2000 eura do 3000 eura. Sa druge strane dronovi opremljeni visokotehnološkom opremom koji ujedno mogu podići opremu veće težine mogu dostići cenu od 20,000 eura.

3. PRIMENA DRONOVA U POLJOPRIVREDI

Tokom mnogih istraživanja potvrđeno je da donovi imaju široku upotrebu u poljoprivredi. Jedna od osnovnih namena dronova je praćenje trenutnog zdravstvenog stanja useva na proizvodnim površinama. U cilju rešavanja ovog zadatka potrebno je da dronovi budu opremljeni kamerama za snimanje različitih talasnih dužina sunčevog spektra. Na ovakav način obradom snimljenih fotografija može se proceniti stanje poljoprivrednih kultura pomoću već pomenutih NDVI mapa [15]. Ove mape bazirane su na NDVI indeksu koji uzima vrednost razlike između intenziteta reflektovane talasne dužine svetlosti sa dve različite frekvencije, prema jednačini (1).

$$NDVI = \frac{(NIR - VIS)}{NIR + VIS} \quad (1)$$

Prva frekvencija je VIS (vidljivi deo spektra, 400-700 nm), dok je druga NIR (infracrveni deo spektra, 700-1300 nm). Primenjeno na refleksiju od strane snimljenje vegetacije, hlorofil zdrave biljke apsorbira većinu vidljivog dela spektra svetlosti koji koristi u procesu fotosinteze. Sa druge strane zdrave biljke reflektuju veliki deo infracrvenog dela spektra. Prostor pokriven vegetacijom slabijeg fiziološkog stanja, kao i prostor na koje je vegetacija rasuta reflektuje veću količinu vidljivog dela spektra, a manji deo infracrvenog. Vrednosti izračunatog NDVI indeksa za dati piksel snimljene površine kreću se u opsegu od -1 do +1 [16]. Ovo praktično znači da ukoliko na snimljenoj površini nema zelenog lišća (zelenih biljaka) onda će vrednost ovog indeksa biti približna nuli. Nula za vrednosti indeksa označava da nema vegetacije, dok vrednosti blizu +1 (0,8 – 0,9) označavaju najveću moguću zastupljenost zelenog lišća kod biljaka. Kako bi se smanjili mogući uticaji na vrednost NDVI indeksa nastali od strane različitih

prirodnih faktora (boja zemljišta, bolja lišća, sadržaj vode u biljkama, količina biomase, ...) moguće je vršiti kalibraciju ovog indeksa sa više različitih faktora. Neki od indeksa su SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index), EVI (Enhanced Vegetation Index) i drugi [15]. Na osnovu ovako obavljene kalibracije moguće je analizirati znatno više različitih vegetacijsko-biofizičkih parametara koristeći podatke daljinskih snimanja pomoću drona. Upravo iz ovog razloga je sve češća praksa da se NDVI indeks koriguje sa više faktora koje znatno podižu tačnost i pouzdanost NDVI indeksa. Kao jedan od korekcionih faktor javlja se NNI indeks (Nutrition Nitrogen Index) koji zahteva poznavanje stvarne i kritične koncentracije kiseonika u biljkama, ili RI indeks (Response Index), u kome je $NDVI_{rs}$ kalibraciona traka kulture prihranjene dozom prema preporuci osnovne hemijske analize zemljišta i dr.

Kao što je već pomenuto ranije dronovi se takođe mogu upotrebiti u cilju procene potreba za navodnjavanjem ili odvodnjavanjem terena [17]. Kako bi obavili ovaj zadatak dronovi trebaju da budu opremljeni hiperspektralnim, multispektralnim ili termalnim senzorima. Pomoću ovih senzora mogu se identifikovati delovi terena koji su suvi i na kojima je potrebno pokrenuti navodnjavanje. Takođe, ovi senzori mogu pratiti zdravstveno stanje biljaka, kao i količinu energije ili toplote koju biljka emituje. Iz podataka o količini toplote može se dobiti informacija o količini vode koju biljka odaje transpiracijom što je još jedan od pokazatelja zdravstvenog stanja biljke. Na osnovu ovako dobijenih snimaka može se takođe utvrditi stepen oštećenja biljaka nastalog defolijacijom lisne mase usled nedostatka vode, što dalje može prozrokovati smanjenje prinosa [18]. Stepem gubitka lisne mase u ranoj fazi vegetacije može se utvrditi sa tačnošću između 48% i 100%, dok se pri kraju vegetacionog perioda može utvrditi sa tačnošću između 81% i 100%. U reproduktivnoj fazi stepen gubitka lisne mase koji može uzrokovati loše oplodjenje i smanjenje prinosa može se utvrditi sa tačnošću između 71% i 98%, što su pokazala i eksperimentalna istraživanja opisana u [18].

Dronovi se takođe mogu primeniti i u cilju klasifikacije biljaka na proizvodnim površinama koje se posmatraju. Klasifikacijom biljaka na osnovu kreiranih snimaka mogu se dobiti informacije o kulturama koje se gaje na posmatranoj površini, kao i informacije o tome da li se na konkretnim površinama nalaze žitarice ili je površina pod voćarskim ili povrtarskim kulturama [19]. Na ovakav način dobijene informacije mogu u mnogome pomoći prilikom realizacije različitih projekata gde je od velike važnosti koja se kultura nalazi na proizvodnoj površini. U isto vreme do ovih podataka se dolazi znatno brže pa se i vreme realizacije projekata može ubrzati.

Kod monitoringa korovskih zajednica na osnovu snimaka vrši se kreiranje mapa korovske populacije na određenoj površini. Na osnovu ovako dobijenih informacija zaštita gajenih biljaka se može znatno efikasnije obaviti, jer će se vršiti zaprašivanje samo površina na kojima je prisutnost korova iznad dozvoljene granice, kao i herbicidima predviđenim za suzbijanje familija korova koji se nalaze

na parceli [20]. Pored efikasne zaštite na ovakav način se ostvaruje i znatna ekonomska ušteda, kao i zaštita životne sredine jer se ne vrši tretiranje površina na kojima nema prisustva korova. Ovakav monitoring posebno može biti značajan kada se radi o praćenju pojave korova koji spadaju u grupu alergena opasnih po čovekovo zdravlje. Pomoću meta podataka dobijenih sa svakog od snimaka mogu se odrediti lokaliteti na kojima se javlja populacija ovakvih biljaka, u cilju pravilnog postupanja i uništenja.

Lociranje i praćenje šumskih i požara na poljoprivrednom zemljištu je još jedan od zadataka gde se uspešno primenjuju dronovi [21]. Na osnovu snimaka i meta podataka sa njih, mogu se dobiti informacije o lokacijama na kojima je došlo do požara kao i o pravcu širenja požara i intezitetu istog. Takođe ako se radi o većem broju lokacija na kojima su uočeni požari dobijaju se informacije o njihovoj udaljenosti, i karakteristikama terena zahvaćenog požarom. Ove informacije pretežno su korisne vatrogasnim službama i ljudima iz gorske službe spašavanja.

4. PRAVNI OKVIRI UPOTREBE DRONOVA

Avio propisi mogu biti jedan od limitirajućih faktora u upotrebi svih vrsta bespilotnih letilica pa samim tim i dronova kako u poljoprivredi tako i u drugim oblastima. U mnogim zemljama ovi propisi nisu previše strogi. Primera radi u Nemačkoj nije potrebna bilo kakva dozvola za upravlje ovim letilicama ukoliko njihova ukupna masa ne prelazi 5kg, i ukoliko daljina leta nije veća od 1,5 km van naseljenog mesta ili mesta poletanja [22]. U Americi je za upravljanje ovakvim letilicama potrebno posebno odobrenje prilikom svakog poletanja. Takođe se zahteva da svako lice koje upravlja letilicom poseduje pilotsku dozvolu za upravljanje određenim tipom bespilotnih letilica. Slično Americi u Kanadi je takođe potrebno posebno odobrenje koje se može dobiti usmeno od kontrole vazdušnog saobraćaja kojoj pripada područje na kome se sprovodi let. Takođe pored obobrenja za konkretan let, lice koje upravlja letilicom mora da prođe određenu vrstu obuke. U sklopu dozvole za upravljanje obavezna je i uplata osiguranja koje pokriva slučajeve pada letilice, što može dovesti do povređivanja ljudi, životinja kao i do materijalne štete nad objektima [23]. U mnogim slučajevima zakonom su regulisani i drugačiji vidovi ograničenja. Na primer, bespilotna letilica ne sme da izađe iz linije vidljivosti lica koje njome upravlja, što u mnogome smanjuje putanju leta. Kada je visina leta u pitanju, u Kanadi je maksimalna dozvoljena visina leta 120 m, iako je prema tehničkim karakteristikama većine bespilotnih letilica minimalna visina leta na kojoj je najmanji uticaj turbulencije 640 m [24].

U Republici Srbiji u skladu sa članom 8. Konvencije o međunarodnom civilnom vazduhoplovstvu (Čikaška konvencija) nijedan vazduhoplov kojim se može upravljati bez pilota ne sme da preleće teritoriju Republike Srbije bez posebnog odobrenja ili suprotno uslovima iz tog odobrenja. Bespilotni vazduhoplovi se mogu koristiti u privredne, naučne, obrazovne, sportske i

druge svrhe tako da ne ugrožavaju bezbednost vazdušnog saobraćaja [25]. Za eventualnu štetu koja je nastala usled korišćenja bespilotnih vazduhoplova je odgovorno lice koje koristi bespilotni vazduhoplov. Članom 1 pravilnika o bespilotnim vazduhoplovima definisano je da se bez ikakve dozvole na teritoriji Republike Srbije može upravljati jedino vazduhoplovima čija je operativna masa manja od 0.5 kg, ako njihova brzina ne prelazi 20 m/s i koji dostižu maksimalno do 15 m dužine leta i maksimalnu visinu do 10 m. Sve ostale bespilotne letilice su podeljene u četiri kategorije prema tehničkim karakteristikama. Za svaku od kategorija definisan je set odobrenja i dozvola koje lice koje upravlja letilicom mora da ima prilikom upravljanja.

Bespilotim letilicama svrstanim u sve četiri kategorije može se upravljati bez dozvole za poletanje izdate od strane direktorijata za civilno vazduhoplovstvo isključivo u slučajevima kada se bespilotna letilica koristi samo danju, pri čemu sve vreme mora da bude u vidnom polju lica koje njome upravlja. Maksimalna dozvoljena visina leta bespilotne letilice u ovakvom slučaju je 100 m iznad tla. Maksimalna dozvoljena horizontalna udaljenost bespilotne letilice od lica koje upravlja bespilotnom letilicom je 500 m. Takođe bez obzira na kategoriju kao ni na odobrenje leta od strane direktorijata za civilno vazduhoplovstvo nije dozvoljeno korišćenje bespilotne letilice čija je operativna masa veća od 150 kg, kao i bespilotne letilice čiji je let u potpunosti kontrolisan od strane računara koji se nalazi u letilici. Članom 12 pravilnika definisano je da lice koje upravlja bespilotnom letilicom koja se koristi u privredne svrhe, kao i lice koje upravlja bespilotnom letilicom kategorije 2, 3 i 4 može da bude samo punoletno lice koje je zdravstveno sposobno i koje je položilo proveru znanja iz predmeta vazduhoplovni propisi [25]. Članom 15 pravilnika definisano je da prilikom upravljanja bespilotnom letilicom lice koje upravlja letilicom mora kod sebe da ima uputstvo proizvođača za korišćenje bespilotne letilice, kao i original ili overenu kopiju odobrenja Direktorata za konkretnu letilicu, akt o prihvatanju izjave o osposobljenosti, kao i potvrdu o položenoj proveru znanja. U cilju vođenja pravilne evidencije o bespilotnim letilicama na teritoriji Republike Srbije sve bespilotne letilice koje se koriste u privredne svrhe, kao i bespilotne letilice kategorije 2, 3 i 4 koje se koriste u neprivredne svrhe, upisuju se u Evidenciju vazduhoplova.

5. ZLOUPOTREBA DRONOVA

Pored propisa za upravljanje letilicom moraju se definisati i pravni okviri za eventualnu zloupotrebu ovih letilica. Mogućnosti koje dronovi pružaju i relativno mala cena ovih letelica ostavljaju prostora da se dronovi lako nađu u rukama terorista, trgovaca drogom i narkoticima, švercera kao i ljudi koji bi pomoću njih mogli prisluškiivati i tajno snimati potencijalne mete narušavajući tako privatnost pojedinca i organizacija. Razdaljina koju dronovi mogu da ostvare tokom jednog leta pruža mogućnosti za različite vidove šverca, skupocene a u isto vreme lagane robe u zoni međunarodnih granica. Šverceri veoma jednostavno mogu u dogovoreno vreme slati robu sa jedne

strane granice na drugu gde bi je drugi članovi organizacije preuzeli. Nije redak slučaj da međunarodne granice presecaju poljoprivredno zemljište jednog vlasnika, čineći da se deo parcele nalazi u jednoj a deo u drugoj zemlji. Dronovi nad ovim parcelama nakon nekoliko preleta i snimanja ne bi više privlačili pažnju graničara pa bi samim tim mogli lako biti iskorišćeni za ilegalne aktivnosti.

Opremljenost kamerama visoke rezolucije s druge strane omogućava snimanje sa velike razdaljine objekata čije je snimanje strogo zabranjeno, kao što su vojni objekti. Njihova upotreba u poljoprivredi takođe može imati paravan za ovakve aktivnosti. Primera radi veliki broj vojnih objekata, posebno onih koji su izolovani van gradske sredine zbog svojih specifičnih namena (skladišta municije, eksploziva, opreme, goriva,...) nalazi se okruženo poljoprivrednim zemljištem. Primena dronova na ovim površinama može zapravo imati za cilj detaljno snimanje ovih objekata. Kvalitet dobijenih snimaka kao i geo podaci mogu biti iskorišćeni od strane različitih terorističkih organizacija. U prilog ovome ide i činjenica da je osoblje ovih objekata naviknuto na svakodnevne aktivnosti poljoprivrednika, tako da u velikim broju slučajeva ne obraćaju pažnju na njih.

6. ZAKLJUČAK

Unapređenje poljoprivredne proizvodnje poslednjih godina bazira se na upotrebi informaciono komunikacionih tehnologija u poljoprivredi. Mogućnosti koje upotreba ovih tehnologija nudi iskorišćene su kako u pogledu automatizacije i osavremenjavanja poljoprivredne mehanizacije tako i u pogledu korišćenja samostalnih uređaja. Dronovi kao jedan od tipova uređaja multidisciplinarnih namene se veoma praktično koriste u cilju poboljšanja poljoprivredne proizvodnje o čemu svedoči veliki broj istraživanja. Za uspešnu primenu dronova potrebno je razmotriti veći broj parametara počevši od nabavke drona, preko odabira odgovarajuće opreme prilagođene specifičnostima konkretnog zadatka, pa sve do softvera koji će se koristiti za obradu prikupljenih podataka. Istraživanja pokazuju da se prikupljeni podaci najčešće baziraju na fotografijama, video snimcima i merenjima dobijenim sa senzora. Obrada prikupljenih podataka aktivno se koristi u procesu donošenja odluke o tretmanima koje treba sprovesti nad proizvodnom površinom. Pored povećane preciznosti u odnosu na ljudsko oko dronovi mogu za isti period vremena sprovesti inspekciju nad znatno većom površinom. Takođe s obzirom da se nalaze iznad površine koju posmatraju njihovo kretanje nije uslovljeno ekspozicijom terena, što se je slučaj sa ljudima. Veoma često se kreira sprega između samostalnih uređaja i savremene poljoprivredne mehanizacije kako bi se ostvarili što bolji efekti. Na ovakav način savremena mehanizacija dobija instrukcije potrebne za pravilno izvršavanje zadatah zadataka. Pregledom većeg broja različitih istraživanja u kojima je upotreba dronova u poljoprivredi testirana može se zaključiti da upotreba ovakvih bespilotnih letilica ima velikog potencijala.

NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, Vlade Republike Srbije u okviru projekta TR 35023 i TR 35026.

LITERATURA

[1] Srinivasan, A. Handbook of precision agriculture: Principles and applications, MA:CRC Press, Danvers, 2006.

[2] Robertson, M., Carberry, P., and Brennan, L. "The economic benefits of precision agriculture: case studies from Australian grain farms", Grains Research & Development Corporation, 2007.

[3] Barrientos, A., Colorado, J., Cerro, J. D., Martinez, A., Rossi, C., Sanz, D., and Valente, J. "Aerial remote sensing in agriculture: A practical approach to area coverage and path planning for fleets of mini aerial robots", Journal of Field Robotics, Vol. 28, No. 5, pp. 667-689, 2011.

[4] Zhang, C., and Kovacs, J. M. "The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review", Precision agriculture, Vol. 13, No. 6, pp. 693-712, 2012.

[5] Lan, Y., Huang, Y., Martin, D. E., and Hoffmann, W. C. "Development of an airborne remote sensing system for crop pest management: System integration and verification", Transactions of the ASABE, Vol. 25, pp. 607-615, 2009.

[6] Nixon, A. "How To Buy an Agriculture Drone: An In-Depth Buyer's Guide", Jun 2016, Retrieved 18.11.2016., from: <http://bestdroneforthejob.com/drone-buying-guides/agriculture-drone-buyers-guide/>.

[7] Livona, Ekonomični bespilotni aerofotogrametrijski sistem, Preuzeto 20.12.2016., sa: <http://www.livona.rs/bas/ebee/>

[8] Precision Hawk, The Lancaster 5, Retrieved 22.12.2016., from: <http://www.precisionhawk.com/lancaster>

[9] Trimble, The Complete Unmanned Aerial System – UX5, Retrieved 05.01.2017., from: <http://uas.trimble.com/ux5>

[10] Solo AGCO Edition, Agriculture from a new perspective, Retrived 05.01.2017. from: http://www.pages05.net/agco/SOLO_UAV/

[11] Inside Unmanned Systems, senseFly, a Parrot Company, Introduces eXom, a Rotary Drone that Features Five Vision Sensors and the Ability to Record a Variety of Imagery, Retrieved 05.01.2017., from: <http://insideunmannedsystems.com/sensefly-parrot-company-introduces-exom-rotary-drone-features-five-vision-sensors-ability-record-variety-imagery/>

[12] DJI News, DJI Raises Bar For Aerial Imaging With Two New Flying Cameras, Retrieved 08.01.2017.,

from: <http://www.dji.com/newsroom/news/dji-raises-bar-for-aerial-imaging-with-two-new-flying-cameras>

[13] Pcfoto, Lansirani novi dronovi - DJI Phantom 4 Pro i DJI Inspire 2, Preuzeto 08.01.2017., sa: <http://pcfoto.biz/vest-412795-lansirani-novi-dronovi-dji-phantom-4-pro-i-dji-inspire-2>

[14] Parrot, Drones for agriculture: Drones in the crop scouting workflow, Retrieved 12.01.2017., from: <https://www.sensefly.com/applications/agriculture.html>

[15] Oljača, M., et. al. "Primena drona u poljoprivredi", Zbornik radova 18. Naučno stručnog skupa sa međunarodnim učešćem – Aktuelni problemi mehanizacije poljoprivrede, str. 89-101, Beograd, 2016.

[16] Przyborski, P., Measuring Vegetation (NDVI & EVI), Earth Observatory, Retrieved: 08.01.2017., from: http://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_2.php

[17] Mazur, M., "Six ways drones are revolutionizing agriculture", MIT Technology Review, 2016.

[18] Erickson, B. J., Johannsen, C. J., Vorst, J. J., and Biehl, L. L. "Using remote sensing to assess stand loss and defoliation in maize", Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 70, No. 6, pp.717-722, 2004.

[19] Rao, R., Garg, P. K., and Ghosh, S. K. "Development of an agricultural crops spectral library and classification of crops at cultivar level using hyperspectral data", Precision Agriculture, Vol. 8, No. 4-5, pp. 173-185, 2007.

[20] Gutierrez, P. A., Lopez-Granados, F., Pena-Barragan, J. M., Jurado-Exposito, M., and Hervas-Martinez, C. "Logistic regression product-unit neural networks for mapping *Ridolfia segetum* infestations in sunflower crop using multitemporal remote sensed data", Computers and Electronics in Agriculture, Vol. 64, No. 2 pp. 293-306, 2008.

[21] Hinkley, E. A., and Zajkowski, T. "USDA forest service–NASA: unmanned aerial systems demonstrations–pushing the leading edge in fire mapping", Geocarto International, Vol. 26, No. 2, pp. 103-111.

[22] Aber, J. S., Marzloff, I., and Ries, J. B. "Small-format aerial photography: principles, techniques and geoscience applications", Elsevier, Oxford, 2010.

[23] Hardin, P. J., and Jensen, R.R. "Small-scale unmanned aerial vehicles in environmental remote sensing: Challenges and opportunities", GIScience & Remote Sensing, Vol. 48, pp. 99-111, 2011.

[24] Lewis, G. "Evaluating the use of a low-cost unmanned aerial vehicle platform in acquiring digital imagery for emergency response", In Geomatics solutions for disaster management, Springer, Berlin Heidelberg, pp. 117-133, 2007.

[25] Čizmarov, M., "Pravilnik o bespilotnim vazduhoplovima", Direktorat civilnog vazduhoplovstva Republike Srbije, 2015.

FAKTORI KOJI UTIČU NA DIFUZIJU NOVIH SERVISA/PROIZVODA

FACTORS AFFECTING THE DIFFUSION OF NEW SERVICE/PRODUCT

Stevan Veličković¹, Silvana Veličković²

¹Visoka škola strukovnih studija za informacione i komunikacione tehnologije

²Telekom Srbija

Sadržaj — U nastojanju da ostanu konkurentne na tržištu, mnoge kompanije svoje poslovanje fokusiraju na razvoj i plasman novih kao i supstitucije postojećih servisa/proizvoda. Razumeti faktore koji utiču na proces difuzije i proces prihvatanja novih servisa/proizvoda predstavlja preduslov donošenju uspešnih marketinških i strategijskih odluka a samim tim i uspešnog poslovanja.

Abstract – In an effort to remain competitive in the market, many companies have focused their operations on the development and marketing of new, as well as the substitution of existing services/products. To understand the factors that influence the new service/product diffusion process and the adoption process is the basis of successful marketing and strategic decision-making and therefore a path to a successful business.

1. UVOD

U svetu velikih korporacija, brzo promenljivog tržišta, zahtevnih korisnika, ključ uspeha jeste biti ispred konkurenata i pružiti korisniku servis/proizvod koji će zadovoljiti njegove potrebe kako po pitanju funkcionalnosti i kvaliteta tako i po pitanju cene. Tržište nameće visoke zahteve pa se shodno tome kompanije trude da na iste odgovore blagovremenim plasmanom novih servisa/proizvoda. Od tržišta se ne može očekivati da će dobro reagovati i prihvatiti svaki novi servis/proizvod. Za donosiocje odluka je od presudne važnosti poznavanje faktora koji oblikuju proces širenja novog servisa/proizvoda kroz tržište kao i faktora koji utiču na korisnikovu konačnu odluku o prihvatanju ili odbijanju novog servisa/proizvoda. Poznavajući ove faktore i razumejući njihov mehanizam delovanja, moguće je doneti blagovremene marketinške i startegijske odluke koje će kao konačni efekat imati rast broja novih korisnika odnosno veći udeo na tržištu.

2. TEORIJA DIFUZIJE INOVACIJA

Francuski sociolog Gabriel Tarde je 1903. godine tvrdio da se sociologija bazira na malim psihološkim interakcijama između pojedinaca, prevashodno na imitaciji i inovaciji. Ovaj proces su tokom godina izučavali mnogi autori sa različitih aspekata ali pre svega treba istaći Everett Rogers-a koji je 1962. godine dao veliki doprinos difuzionoj teoriji kroz svoj rad „*Diffusion of Innovations*”. Rogers je izneo tvrdnju da distribucija prihvatanja bilo koje inovacije tokom vremena poprma oblik normalne raspodele.

Jedan od prvih modela prognožiranja prihvatanja inovacije čija kriva rasta ima eksponencijalnu prirodu jeste Fourt i Woodlock-ov model. Autori su 1960. godine došli do otkrića da se kriva rasta kako organizama tako i ljudske populacije dosta dobro može interpretirati eksponencijalnom krivom.

Teorija difuzije inovacija nastoji da objasni kako, zašto i kojom brzinom se nove ideje, tehnologije, servisi/proizvodi šire kroz posmatrani socijalni sistem. Svoju primenu, teorija difuzije inovacije našla je u mnogim naučnim granama poput: sociologije, marketinga, komunikacije, medicine, organizacionih nauka i dr.

Prema Rogers-u difuzija je proces putem koga se ideja o inovaciji prenosi posredstvom određenih komunikacionih kanala između članova socijalnog sistema.

U marketingu se pod kanalom komunikacije smatra kako komunikacija putem masmedija tako i međuljudska komunikacija. Članovi socijalnog sistema različito se oslanjaju na informacije dobijene posredstvom različitih komunikacionih kanala. Informacija o inovacijama utiče na proces difuzije pri čemu je taj uticaj najbolje uočljiv kroz grafičku interpretaciju krive rasta.

Peres, Muller i Mahajan definišu difuziju kao proces penetracije novog servisa/proizvoda na tržište a koji je vođen socijalnim uticajem, koji obuhvata sve međuzavisnosti između korisnika i koji utiče na razne učesnike na tržištu sa ili bez njihovog eksplicitnog znanja [1].

Frank Bass opisuje difuzioni proces kao rezultat dva nezavisna parametra masmedija i efekta WoM (word of mouth - efekta baziranog na usmenom prenosu iskustva između korisnika). Efekat masmedija pokriva one korisnike koji su zainteresovani za servis/proizvod koji je poslednji i najbolji. Ovaj segment tržišta je pod jakim uticajem marketinških aktivnosti koje kod korisnika stvaraju osećaj svesnosti o prisutnosti servisa/proizvoda. S druge strane, efekat usmenog prenošenja iskustva o novom servisu/proizvodu se odražava na dinamiku prihvatanja novog servisa.

Difuzija inovacija je kompleksan termin koji ako se posmatra sa aspekta korisnikovog ponašanja predstavlja istraživanje o načinu na koji korisnik prihvata servis odnosno proizvod. Potrebno je sagledati dva blisko

povezana procesa, a to su: difuzija (makro proces koji opisuje širenje inovacije od izvora ka ciljnom tržištu) i prihvatanje (*adoption* – mikro proces koji opisuje faze kroz koje potencijalni korisnici prolaze kako bi doneli odluku o prihvatanju ili odbijanju novog servisa/proizvoda).

Difuziju određene inovacije mogu pokrenuti različiti atributi tako da se može govoriti o pokretačima ili inicijatorima difuzije. Tu se prevashodno misli na [2]:

- prihod potencijalnih korisnika;
- promenljive marketing miksa (cena, promocija, proizvod, distribucija);
- efekat usmenog prenošenja iskustava (WoM);
- komunikaciju;
- ekonomiju;
- heterogenost korisnika;
- učenje korisnika i dr.

Potencijalni korisnici individualno različito reaguju na pojavu novog servisa, proizvoda, tehnologije, ideje. Na osnovu brojnih istraživanja usvojen je stav da na proces difuzije novog servisa/proizvoda najveći uticaj imaju sledeći faktori:

- inovacija;
- socijalni sistem;
- kanal komunikacije;
- vremenska dimenzija.

Kanali komunikacije igraju važnu ulogu u procesu difuzije sa obzirom da utiču na brzinu kojom se inovacija širi socijalnim sistemom. Komunikacija se u najvećoj meri obavlja između kompanije koja nudi novi servis/proizvod i potencijalnih korisnika, kao i između samih korisnika (prenošenje iskustava). Poslednjih godina razvijeni su novi kanali komunikacija koji u mnogome utiču na process difuzije novih servisa/proizvoda.

Socijalni sistem predstavlja fizičko, socijalno ili kulturno okruženje kojem ljudi pripadaju i unutar kojeg funkcionišu. Članovi socijalnog sistema imaju bar jednu zajedničku karakteristiku koja ih čini potencijalnim korisnicima posmatranog servisa/proizvoda. Vrednosti i norme koje vladaju socijalnim sistemom direktno utiču na odluku korisnika o prihvatanju ili odbijanju novog servisa/proizvoda.

Vremenska dimenzija utiče na process difuzije na tri načina:

- Vreme kupovine - odnosi se na vreme koje protekne od trenutka kada korisnik postane svestan novog servisa/proizvoda do trenutka kada ga prihvati ili odbije). Ova vremenska dimenzija je važna pošto se na osnovu nje može proceniti vreme potrebno da novi servis/proizvod dostigne sveobuhvatno prihvatanje.
- Kategorije prihvatoca - sprovodi se klasifikacija

na osnovu koje se može utvrditi relativan položaj korisnika u odnosu na druge korisnike po pitanju vremena kada će prihvatiti novi servis/proizvod.

- Brzina prihvatanja - pokazuje koliko je vremena potrebno da članovi socijalnog sistema prihvate novi servis/proizvod. Servis provajderi i telekomunikacioni operatori generalno teže bržoj stopi prihvatanja kako bi dominirali tržištem pre nego li na istom nastupe konkurenti.

Difuzija se u praksi najčešće meri i predstavlja nivoom prodaje. Tu se prevashodno misli na broj novih korisnika ponuđenog servisa/proizvoda. Takođe se i penetracija (prodor) na tržište (*service penetration*) može tretirati kao dobar pokazatelj nivoa difuzije [2].

Brzina prihvatanja novog servisa/proizvoda je takođe važan indikator difuzionog procesa. Pod brzinom prihvatanja novog servisa/proizvoda podrazumeva se broj novih korisnika u jedinici vremena. Često se predstavlja i priraštajem broja korisnika u jedinici vremena. Brzina kojom će korisnici prihvatiti novi servis/proizvod predstavlja jedan od ključnih elemenata prilikom analize opravdanosti investiranja u nove servise/proizvode. Ona je važna zbog procene rizika ali ujedno i zbog razumevanja finansijskih i organizacionih sposobnosti potrebnih za uspešno eksploataisanje posmatranog servisa/proizvoda.

Prema Rogers-u brzina prihvatanja novog servisa/proizvoda je funkcija relativne prednosti, kompatibilnosti, kompleksnosti, probe i posmatranja.

Sa druge strane pojedini autori se više oslanjaju na relativnu brzinu prihvatanja opisanu kroz vremenski period potreban da određeni procenat potencijalnih korisnika (članova socijalnog sistema) prihvate novi servis/proizvod.

3. ROGERS-OVA TEORIJA DIFUZIJE INOVACIJE

Jedan od prvih radova iz oblasti tehnološke supstitucije opisane putem "S" krive napisao je 1957. godine ekonomista Hirsh ZviGriliches. Na osnovu ovog koncepta 1961. godine Edwin Mansfield, je razvio model kojim opisuje brzinu kojom firme prate inovatore. Početkom 1960 tih godina koncept "S" krive je našao široku primenu u tehnološkom prognoziranju. Ubrzo, 1962. godine Everett M. Rodgers je formulisao teoriju difuzije inovacija „diffusion of innovation theory“ u svojoj knjizi „Diffusion of Innovations“ [4].

Rogers-ova teorija se bazira na činjenici da će se inovacija širiti kroz socijalni sistem prateći krivu "S" oblika, tako što rani korisnici prvo biraju inovaciju, zatim ih prati većina, sve dok inovacija ne postane uobičajena.

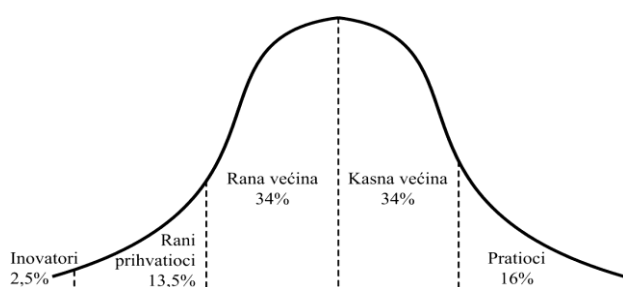
Posmatrajući korisnike -i njihov uticaj na životni ciklus, Rogers je definisao sledeće kategorije korisnika:

- Inovatori (najčešće su to avanturisti, obrazovani

korisnici sa višestrukim izvorima informacija, veće sklonosti ka riziku);

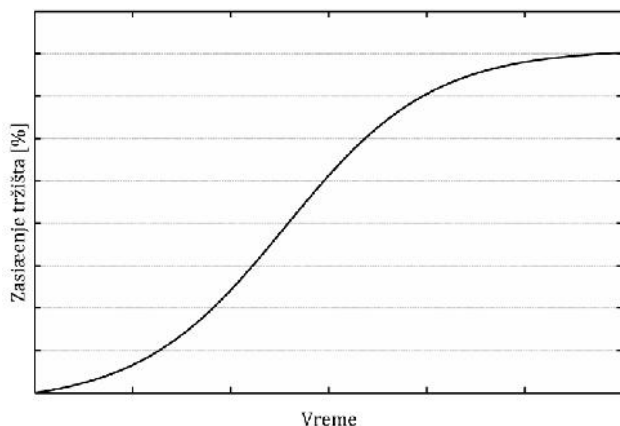
- Rani prihvatiloci (to su uglavnom socijalne vođe, popularni i obrazovani korisnici);
- Rana većina (korisnici koji kupuju sa jakom namerom i koji imaju višestruke neformalne socijalne kontakte);
- Kasna većina (karakteristične ih skepticizam, po prirodi su tradicionalni i uglavnom su nižeg socijalno-ekonomskog statusa);
- Pratioci (ovoj kategoriji korisnika osnovni izvor informacija su prijatelji i komšije) [4].

Na Slici 1. prikazan je Rogers-ov model difuzije inovacija na kojoj se jasno vidi da distribucija prihvatanja novog servisa/proizvoda prati normalnu raspodelu.



Slika 1. Rogers-ova kriva difuzije inovacija [5]

Kriva "S" oblika se koristi za aproksimaciju broja budućih kupovina dugoročnih proizvoda, širenja zaraznih bolesti kroz populaciju, prihvatanje inovacije itd. (Rogers, 1990).



Slika 2. Primer "S" krive

Kriva koja opisuje nivo prodaje odnosno prihvatanja servisa/proizvoda tokom vremena prelazi u krivu "S" oblika kada se posmatra kumulativna prodaja odnosno penetracija servisa/proizvoda na tržištu.

Ključni pokretači difuzije inovacije sa aspekta kategorije korisnika su inovatori i imitatori. Inovatori predstavljaju kategoriju korisnika koji su više u dodiru sa novim razvojnim segmentima servisa/proizvoda ili tehnologija i koji direktno utiču na imitatore prenoseći im svoja

iskustva. Inovatore pokreće želja da probaju novi servis/proizvod a verovatnoća korišćenja novog servisa/proizvoda od strane inovatora ne zavisi od broja drugih korisnika. Sa druge strane, imitatori su primarno pod uticajem svog okruženja i upravo verovatnoća njihovog korišćenja zavisi od broja korisnika koji već koriste posmatrani novi servis/proizvod. Imitatori zapravo i predstavljaju osnovu širenja inovacije (rana i kasno zrela faza). Upravo faktori inovacije i imitacije oblikuju krivu difuzije.

Rogers (1995) je došao do zaključka da inovatori čine 2.5 % populacije dok su Mahajan, Muller i Srivastava (1990) pomerili gornju granicu za inovatore na 2.8 % populacije [2].

Rogers je među prvima opisao proces prihvatanja novog servisa/proizvoda kao proces koji se odvija kroz pet etapa a one su:

- Znanje (učenje o postojanju i funkciji inovacije);
- Ubeđenje (sticanje svesnosti o vrednosti koje sa sobom nosi inovacija);
- Odluka (obaveza prihvatanja inovacije);
- Implementacija (upotreba inovacije);
- Potvrda (konačno prihvatanje ili odbijanje inovacija) [5].

Rogers u svojim radovima ističe da je brzina prihvatanja novog servisa/proizvoda funkcija nekoliko faktora među kojima su (Rogers 1983, 2003) [6]:

- Stepenn relativne prednosti (stepenn prednosti servisa/proizvoda u odnosu na postojeće servise/proizvode);
- Stepenn kompatibilnosti (stepenn do koga je novi servis/proizvod kompatibilan sa postojećim operacijama);
- Stepenn kompleksnosti (stepenn do koga je novi servis/proizvod jednostavan odnosno složen);
- Stepenn probe (stepenn do koga se novi servis/proizvod može probati u ograničenoj osnovi);
- Stepenn posmatranja [6].

Brzina prihvatanja inovacije od strane potencijalnih korisnika se definiše kao: "Relativna brzinu kojom članovi socijalnog sistema prihvataju inovaciju." Procena brzine prihvatanja inovacije odnosno difuzije novog servisa/proizvoda se može sprovesti na osnovu mnogih atributa. Rogers smatra da najveći uticaj na brzinu prihvatanja imaju upravo vrsta inovacije, komunikacioni kanali (masmedija ili interpersonalni kanali), socijalni sistemi i uticajne osobe [6].

Za Rogers-a, relativna prednost je najači faktor procene brzine prihvatanja inovacija. Relativna prednost je stepenn do koga se inovacija doživljava kao bolja od ideje koju zamenjuje. Aspekti inovacija poput cene ili motivacije radi

socijalnog statusa su elementi relativne prednosti. Dok su inovatori, rani prihvatoci i rana zrela faza više statusom motivisani za prihvatanje inovacije, kasna zrela faza kao i pratioci prihvataju socijalni status kao manje značajan. Kako bi se povećala brzina prihvatanja inovacije i kako bi relativna prednost bila efikasnija, direktni ili indirektni finansijski uticaj se može koristiti kako bi se potencijalnim korisnicima dao podsticaj u prihvatanju inovacije. Podsticaji su deo faktora podrške i motivacije [6].

Kompatibilnost kao atribut takođe predstavlja još jedan motivacioni faktor u difuzionom procesu. Kompatibilnost je stepen do koga se inovacija doživljava kao dosledna sa postojećim vrednostima, prošlim iskustvima kao i potrebama potencijalnih korisnika. Ukoliko je inovacija kompatibilna sa potrebama pojedinaca onda će se neizvesnost smanjiti a brzina prihvatanja inovacije porasti [6].

Kompleksnost je stepen do koga se inovacija doživljava kao relativno složena za razumevanje i upotrebu. Kompleksnost je, za razliku od drugih atributa, u negativnoj korelaciji sa brzinom prihvatanja. Prevelika kompleksnost inovacije predstavlja veliku prepreku njenom širenju kroz socijalni sistem odnosno njenom prihvatanju.

Stepen probe je stepen do koga se inovacijom može eksperimentisati na ograničenoj osnovi. Što se inovacija više puta proba to je njeno prihvatanje brže. Tokom probe inovacije potencijalni korisnici mogu otkriti pojedine aspekte inovacija za koje ranije nisu znali, što može imati pozitivan efekat na proces prihvatanja [6].

Stepen posmatranja je stepen do koga su rezultati inovacije vidljivi za druge [7].

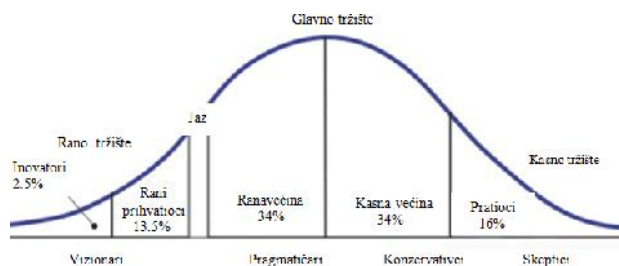
Gledajući navedene uticajne faktore, može se zaključiti da će se brža difuzija inovacija desiti ukoliko je omogućena veća relativna prednost, kompatibilnost, niža kompleksnost, proba i posmatranje inovacije. Dostupnost samih faktora takođe igra važnu ulogu u brzini prihvatanja inovacije.

U zavisnosti od veličine pojedinih kategorija korisnika na specifičnom tržištu, njihove opredeljenosti za prihvatanje novog servisa/proizvoda, načina na koji reaguju na podsticajne faktore (eksterne i interne) zavisice brzina i vreme prihvatanja novog servisa/proizvoda. Zato je neophodno razumeti potencijalne korisnike, njihovu reakciju na različite tržišne elemente, razloge njihovih akcija, motivacione faktore, kako bi se u pravo vreme mogla primeniti adekvatna strategija [10].

3.1 MOORE-OV MODEL PREVAZILAŽENJA BARIJERE (JAZA)

Varijaciju Rogers-ovog modela difuzije inovacija predstavlja Geoffrey Moore-ov model koji pretpostavlja

postojanje jaza između prve dve kategorije korisnika (entuzijasta i vizionara) i treće kategorije korisnika (pragmatičara). Prema Moore-u prelazak jaza je kritični korak u procesu difuzije korisnika pošto vizionari i pragmatičari imaju različita očekivanja [8].



Slika 3. Moore-ov model životnog ciklusa servisa (Rogers, 1962; Moore, 2004) [8]

Moore smatra da će novi servis/proizvod naći put do inovatora i ranih prihvatoca ali da će većinski deo tržište, za koji je ujedno vezan profit, odbiti novi servis/proizvod ukoliko nije dobro marketinški podržan. Da bi se jaz savladao potrebno je odabrati ciljno tržište, razumeti koncept servisa/proizvoda, pozicionirati servis/proizvod, izgraditi marketing strategiju, izabrati odgovarajući distributivni kanal kao i cenu [8].

Moore objašnjava model životnog ciklusa sa jazom kao oblik razvoja tržišta koji se zasniva na tendenciji pragmatičnih ljudi da prihvataju novi servis/proizvod nakon što vide ljude slične sebi da prihvataju posmatrani servis/proizvod. Donosioci odluke stoga mogu predvideti nastanak jaza i shodno tome razviti strategije koje će im pomoći u prevazilaženju istog [9].

Mnogi servisi/ proizvodi ne uspeju da savladaju jaz koji postoji između entuzijasta i većinskih korisnika. Od donosioca odluka se očekuje da razume koje su akcije neophodne kako bi se savladao jaz i nastavio proces prihvatanja servisa/proizvoda. Rane korisnike pokreće inovacija, dok kasnije korisnike (većinsko tržište) pokreće evolucija inovacija. Korisnici koji prvi prihvataju novi servis/proizvod žele novu tehnologiju i performanse (žele ono što je u trendu), dok kasniji korisnici očekuju da dobiju servis/proizvod koji pruža rešenja njihovih problema kao i jednostavnost i udobnost u korišćenju (žele korisnost). Jaz se stvara kod servisa/proizvoda koji su većinskoj kategoriji korisnika prerano ponuđeni čime im je uskraćeno da kroz interakciju sa drugim korisnicima postanu svesni njegove važnosti [8].

Rešenje za prevazilaženje jaza nudi Maloney u vidu „Pravila 16%“. Ovim pravilom kompaniji se savetuje da nakon dostizanja 16% procenjenog potencijala tržišta promeni marketing strategiju, čime se stvaraju uslovi da se dopre do većinskog dela tržišta i prevaziđe jaz u modelu [8].

4. BARIJERE PROCESU DIFUZIJE INOVACIJA

Postoje brojni faktori koji negativno utiču na difuziju novih komunikacionih servisa/proizvoda odnosno na proces njihovog prihvatanja. Ovi faktori mogu biti prisutni na mikro nivou (karakteristike servisa/proizvoda), a takođe se mogu posmatrati i na makro nivou (socijalno-kulturna, ekonomska i tehnološka snaga). U stručnoj literaturi ovi faktori nose naziv *barijere* pošto predstavljaju prepreku toku informacija ili kretanju ljudi i time dovode do usporenja odnosno sprečavanja prihvatanja novog servisa/proizvoda.

Posmatrajući karakteristike servisa/proizvoda poput relativne prednosti, kompatibilnosti, probe i posmatranja lako se zaključuje da one rezultuju povećanjem brzine prihvatanja novog servisa/proizvoda. Sa druge strane opažena kompleksnost kod kupovine i pri upotrebi utiče na usporenje difuzionog procesa odnosno procesa prihvatanja. Novi komunikacioni servis/proizvod koji se nudi može naići na otpor prilikom prihvatanja od strane socijalno-kulturnih, ekonomskih, situacionih i tehnoloških snaga. Ponuda inovativnog novog servisa/proizvoda može biti nekompatibilna sa socijalnim normama, vrednostima ili životnim stilom. Takođe, novi servis/proizvod koji se nudi potencijalnim korisnicima može biti tehnološki kompleksan, i da rezultuje pojavom straha od korišćenja, zastarelosti i rizika.

Osnovne faktori koji predstavljaju barijere odnosno prepreke razvoju i širenju difuzije novih servisa/proizvoda odnosno prihvatanju novih servisa/proizvoda su upotreba, rizik, vrednost i psihološki faktori.

- Upotrebna – Usage

Upotreba kao barijera difuzionog procesa se javlja kada socijalni sistem odnosno ciljano tržište ustanovi da je inovacija nekompatibilna sa postojećim načinom upotrebe i potrošnje. Sama barijera je više psihološke prirode, zasnovana na ukorenjenim vrednostima, verovanjima, stavovima i opažanjima. Rezultat pojave ove barijere jeste da se potencijalni korisnici manje opredeljuju za prihvatanje novog servisa/proizvoda. Jedan od načina prevazilaženja ove barijere ogleda se u dodatnom angažovanju marketing eksperata, kako bi se posredstvom različitih kanala komunikacije promenili stavovi potencijalnih korisnika.

- Vrednost – Value

Potencijalni korisnici takođe mogu da odbiju da prihvate novi servis/proizvod ukoliko je opažena vrednost ponuđenog servisa/proizvoda niska. Razlozi zbog kojih potencijalni korisnici opažaju nisku vrednost novoponuđenog servisa/proizvoda mogu biti različiti. Tako na primer, potencijalni korisnici mogu da steknu utisak da novi servis/proizvod ne pruža dovoljne prednosti u odnosu na postojeće alternative ili da je novi servis/proizvod skup i korisnici smatraju da ne dobijaju

dovoljnu vrednost za traženu sumu novca. Korisničko opažanje visoke cene je uvek dominantnije u odnosu na opažanje prednosti odnosno vrednosti koju servis/proizvod pruža. S tim u vezi potencijalni korisnici će uvek pre doneti odluku da odbiju prihvatanje novog servisa/proizvoda baziranu na visokoj ceni u odnosu na vrednost koju novi servis/proizvod pruža.

- Rizik – Risk

Korisnici vrlo često pokazuju odbojnost prema upotrebi novih servisa/proizvoda iz straha da prihvate rizik i probaju nešto novo. Prilikom ponude novih servisa/proizvoda korisnici se mogu susresti sa šest vrsta rizika. To su:

- Funkcionalni rizik – korisnik je u nedoumici da li će servis/proizvod pružiti funkcionalnosti koje se od njega očekuju;
- Fizički rizik – postavlja se pitanje da li će upotreba servisa/proizvoda predstavljati pretnju;
- Socijalni rizik – korisnik je u nedoumici da li će upotreba servisa/proizvoda dovesti do stida u socijalnim krugovima;
- Finansijski rizik – korisnik postavlja pitanje da li će servis/proizvod ponuditi vrednost za predviđenu cenu (da li će vredeti uloženog novca);
- Psihološki rizik – postoji li opasnost da će upotreba novog servisa/proizvoda povrediti korisnikov ego;
- Vremenski rizik - koliko vremena će potencijalni korisnik izgubiti tokom kupovine ili korišćenja samog servisa/proizvoda.

Uočeni rizik se ponaša kao jaka barijera usled koje korisnici nastavljaju da koriste postojeće servise i proizvode baš zbog straha da ne naprave pogrešnu odluku. Različiti oblici marketing komunikacija, interpersonalnih komunikacija, probe, imaju za cilj da pojačaju lični doživljaj i pomognu korisniku da prevaziđe ovu barijeru.

- Psihološki faktori

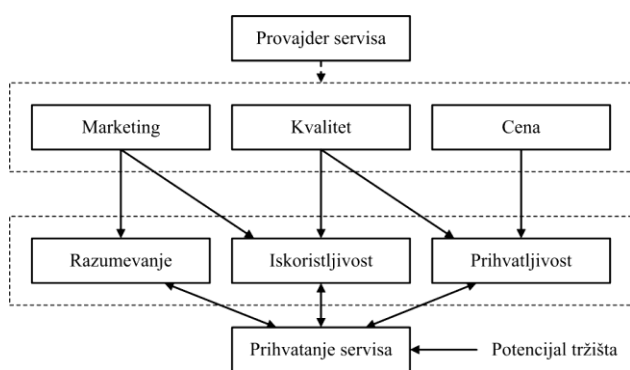
Ovi faktori se odnose na korisnika, njegove stavove i verovanja, opažanja, životni stil, kulturu itd. Korisnik može osetiti psihološku pretnju od strane inovacija. Dve ključne pretnje su: tradicionalna barijera i barijera imidža.

- Tradicionalna barijera se odnosi na socijalno-kulturno prihvaćene norme ponašanja a koje se smatraju pravim i ispravnim od strane segmenta tržišta. Sve što je novo i ne podržava tradicionalne forme se smatra psihološkom pretnjom.
- Barijera imidža se odnosi na korisnikov stav i osećanja o servisu/proizvodu, robnoj marki, dobavljačima kao i zemlji porekla. Takođe se odnosi na ličnost i imidž. Korisnici mogu odbiti da prihvate novi servis/proizvod ukoliko su patriotski nastrojeni ili su etnocentrični, ili ukoliko smatraju da je inovacija, marketing ekspert ili dobavljač van njihove klase u smislu socijalno-ekonomskog statusa ili čak i kvaliteta. Marketing eksperti smišljaju varijante ponuđenog

servisa/proizvoda i imaju različita imena za različite varijante u zavisnosti od segmenta tržišta za koji su ciljani.

5. FAKTORI KOJI UTIČU NA KORISNIČKU TRAZNJU

Glavni faktori koji utiču na odluku korisnika da prihvati određeni servis/proizvod su: razumevanje (understanding), iskoristivost (utility) i prihvatljivost (acceptability) servisa/proizvoda. Servis provajderi mogu imati uticaj na sve ove faktore u zavisnosti od svoje komercijalne strategije menjajući aktivnosti: marketinga, kvaliteta i cene. Na Slici 4. dat je prikaz faktora koji utiču na korisničku tražnju [11].



Slika 4. Faktori koji utiču na korisničku tražnju [11]

Na razumevanje određenog servisa može se uticati promenom aktivnosti marketinga. Sa druge strane, na razumevanje servisa u mnogome utiču korisnici koji su već prihvatili dati servis. Iskoristivost servisa je faktor koji treba da obuhvati stvarnu potrebu korisnika za servisom, važnost za njegov posao ili svakodnevni život, korist koju korisnik može ostvariti datim servisom i sl. Na iskoristivost se može uticati promenom kvaliteta i funkcije marketinga, koje kontroliše servis provajder. Na prihvatljivost servisa utiče cena i kvalitet servisa, koje takođe kontroliše servis provajder [11].

Pored navedenih faktora postoji još čitav niz spoljašnjih uticaja koji mogu uticati na prihvatanje nekog servisa na tržištu, kao što su: mentalitet, kultura, razvoj nauke i tehnologije, konkurentnost na tržištu, itd. [11].

6. ZAKLJUČAK

Za uspešan plasman novog servisa/proizvoda na tržište ne postoji univerzalna formula. Razumevanje načina širenja servisa/proizvoda među populacijom, faza kroz koje prolazi potencijalni korisnik do konačne odluke o prihvatanju ili odbijanju servisa/proizvoda kao i faktora koji na njih utiču predstavlja osnov za donošenje odluka o politici cena, izboru marketinških aktivnosti, ciljnom segment tržišta i dr. Pored poznavanja faktora koji pozitivno deluju na difuziju servisa/proizvoda, postoje i faktori koji predstavljaju barijere spomenutom procesu. Za donošenje ispravne marketinške i strategijske odluke potrebno je podjednako dobro poznavati kako pokretače

procesa difuzije i prihvatanja novih servisa proizvoda tako i barijere odnosno prepreke ovih procesa.

LITERATURA

- [1] Peres, R., Muller, E., & Mahajan, V. (2010). Innovation diffusion and new product growth models: A critical review and research directions. *International Journal of Research in Marketing*, 27(2), 91-106.
- [2] Chandrasekaran, D., & Tellis, G. J. (2007). A critical review of marketing research on diffusion of new products. *Review of marketing research*, 3(1), 39-80.
- [3] Howell, R. (1997). *New Products Decision Models*. Preuzeto 16. februara, 2016., sa <http://rhowell.ba.ttu.edu/Lecture%20Slides/newprod.ppt#257,1>, New Product Decision Models
- [4] Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of Innovations, Fifth Edition*. New York: Free Press.
- [5] Rogers, E. M. (1995). *Diffusion of Innovations, Fourth Edition*. New York: Free Press.
- [6] James, K. (2003). *Developing, Positioning, and Differentiating Products through the Life Cycle*. Preuzeto 12. februara, 2016., sa <http://muji.unila.ac.id/marketing-management/kotler-frame/kotler10exs-Developing,%20Positioning,%20and%20Differentiating%20Products%20through%20the%20Life%20Cycle.ppt>.
- [7] Ismail, S. (2006). Detailed review of Rogers' diffusion of innovations theory and educational technology-related studies based on Rogers' theory. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 5(2), 14-23.
- [8] Moore, G. A. (1991). *Crossing the Chasm*. New York: Harper Business.
- [9] Veličković, M. S., i Veličković, N. S. (2013). Modifikacija modela prognoziranja novih servisa bazirana na dinamici razvoja infrastrukture mreže. U: *Zbornik radova XIX naučne konferencije YU INFO*. (str. 211-216). Beograd: Društvo za informacione sisteme i računarske mreže.
- [10] Veličković, S. (2014). Prognoziranje tražnje novih komunikacionih servisa bazirane na analizi životnog ciklusa servisa. U: *Zbornik radova XX naučne konferencije YU INFO*. (str. 80-85). Beograd: Društvo za informacione sisteme i računarske mreže.
- [11] Radojičić, V., Bakmaz, B., i Veličković, S. (2013). *Prognoziranje telekomunikacionih servisa*. Beograd: Saobraćajni fakultet.

КОМПАРАТИВНА АНАЛИЗА ПРЕПРОЦЕСОРА ЗА *CASCADING STYLESHEETS (CSS)*

COMPARATIVE ANALYSIS OF CASCADING STYLESHEETS (CSS) PREPROCESSORS

Душан Рајчевић, Горан Јоцић

Факултет за примењени менаџмент, економију и финансије (МЕФ Факултет), Београд

Садржај – Овај рад има за циљ да опише најбитније разлоге за употребом *CSS (Cascading Style Sheets)* претпроцесора, као и да упореди карактеристике актуелних софтверских решења.

Abstract – The aim of the document is to describe the most important reasons for the *CSS (Cascading Style Sheets)* preprocessors usage, as well as present the characteristics of the latest software solutions.

Кључне речи: *css, preprocessor, sass, less, stylus, postcss*

1. УВОД

У рачунарству, претпроцесор представља програм који прерађује улазне податке тако да на излазу даје резултат који се може искористити за употребу или даљу обраду у неком другом програму. Поступак и врста обраде, зависе од саме природе претпроцесора - неки претпроцесори врше просту замену текста неким другим, док сложенији претпроцесори достижу ниво самих програмских језика.

У овом раду, реч је усмерена према претпроцесорима за *CSS (Cascading Style Sheets)*, и у даљем тексту, биће прецизније описан рад и начин функционисања претпроцесора овог типа.

2. УКРАТКО О *CSS*-У

2.1. Шта је *CSS*?

CSS (енгл. *Cascading Style Sheets*) је језик за форматирање који се користи за опис приказа докумената написаних у језицима за означавање. Најчешће се користи у комбинацији са језиком за означавање *HTML (Hypertext Markup Language)*, али се може применити и на другим документима попут *XML (eXtensible Markup Language)*, *SVG (Scalable Vector Graphics)* и *XUL (XML User Interface Language)*.

Потребе за новитетима у веб-дизајну, утицале су на проширења *CSS*-а тако да је данас језик постао комплетно решење за приказ и форматирање, омогућавајући већину операција које су до појаве најновије верзије 3, биле могуће искључиво употребом *JavaScript* језика.

Синтакса језика се базира на селекторима и својствима, а од верзије 3, доступне су и једноставне функције.

2.2. Потенцијални проблеми при стандардном приступу

Колико год да је *CSS* технологија постала робусна, и даље се може доћи у ситуацију када неке сложеније радње нису оствариве или нису довољно флексибилне да би се примениле.

Када је реч о мањим статичним странама, *CSS*, у већој мери, може задовољити потребе произвођача апликације, али то обично није случај како апликација која се развија постаје већа и сложенија.

Као један од потенцијалних проблема при развоју сложених апликација, могла би да буде вредност боје слова, боје ивица, боје позадине и сл. која се понавља. Ако би се у одређеном тренутку дошло у ситуацију која изискује промену те боје, измена би захтевала покретање опције „Нађи и замени“. Уколико би нека друга боја била за нијансу светлија од измењене, опција би морала да се покрене још једном, и сваки пут изнова све док се не би направиле измене над свим бојама које су зависиле од неке друге. Аналогично важи и за случај вредности које дефинишу величину елемената, било у релативном или апсолутном запису.

Још један проблем који се јавља при писању *CSS* кода, јесу својства везана искључиво за произвођача која почињу префиксима[1]:

- -moz-
- -ms-
- -o- и
- -webkit-

Проблем који овде настаје, представља понављање писања великог броја линија кода како би се применио један те исти стил форматирања.

Осим овог, додатни проблем који од самог настанка *CSS*-а задаје проблеме онима који га користе, јесте модуларност. Иако *CSS*, стандардом, допушта прелом и раздвајање кода на мање целине у више датотека, а затим њихово укључивање наредбом *import*, овакав приступ у извршној верзији апликације на страни корисника, захтева отварање по једне конекције ка свакој појединачној датотеци која се на овај начин укључује. То утиче на перформансе како апликације, тако и самог сервера, због чега је тежња да се сав код сведе на најмањи број датотека.

Ови, и многи други проблеми, ефикасно се решавају употребом претпроцесора за CSS, који мењају или проширују синтаксу CSS-а.

3. ПРЕТПРОЦЕСОРИ ЗА CSS

3.1. Опште карактеристике претпроцесора за CSS

Претпроцесори за CSS постоје више од једанаест година[2], али је тек у последњих неколико година њихова употреба почела да узима замајац.

Претпроцесор за CSS представља скрипт језик који проширује CSS и који се преводи на стандардну CSS синтаксу употребом одговарајућег програма, коју очекује интернет прегледач како би могао да, на одговарајући начин, искористи и обради.[3]

Језик је врло сличан класичном CSS-у уз мања или већа проширења која даје на располагање, као што су променљиве, угњежено наслеђивање и сл. Додатне карактеристике зависе од врсте самог претпроцесора.

Употребом CSS претпроцесора, добија се читљивији код, лакши за претрагу који је лакше и брже могуће изменити од чистог CSS-а. Још једна додатна предност употребе претпроцесора за CSS јесте та да они пружају могућност писања блокова кода који се могу применити више пута.

3.2. Најзаступљенији претпроцесори за CSS

Међу веб девелоперима који раде на презентационом делу веб-апликација, неки од најчешће коришћених претпроцесора за CSS представљају:

- *Sass*
- *Less*
- *Stylus*
- *PostCSS*
- *CSS next*
- *umd*.

3.3. *Sass*

Sass је први претпроцесор за CSS који се развио, па је самим тим и врло популаран међу веб-девелоперима. По први пут се јавља 2005. године[2], и од тада се непрестано развија и проширује. У потпуности је усклађен са актуелним CSS3 стандардом и пружа велики број опција својим корисницима.

Од самог настанка, доживео је велике промене. Данас долази у две могуће синтаксе[4]:

- синтаксе по имену *Sass* која уклања све витичасте заграде и тачке зарезе и која није компатибилна са обичним CSS кодом
- синтаксе по имену *SCSS* која је врло слична обичном CSS-у и која подржава класичан CSS код уз могућност проширења свим додатним опцијама које нуди *Sass*.

Sass пружа могућност угњежавања селектора који резултује кодом који је истовремено и бржи за писање и лакши за читање.

Примери и једне и друге синтаксе, дати су у табелама 3.3.1 и 3.3.2.

Табела 3.3.1. лево *Sass* код, десно након преводиња у CSS

<pre>.element-a color:#000 .element-b display:inline-block</pre>	<pre>.element-a { color:000; } .element-a .element-b { display:inline-block; }</pre>
---	--

Табела 3.3.2. лево *SCSS* код, десно након преводиња у CSS

<pre>.element-a { color:#000; .element-b { display:inline-block; } }</pre>	<pre>.element-a { color:000; } .element-a .element-b { display:inline-block; }</pre>
---	--

Sass омогућава декларацију сопствених функција, које се могу једноставно позивати.

<pre>// \$em-base: 16px !default; @function emCalc(\$pxWidth) { @return \$pxWidth / \$em-base * 1em; }</pre>
--

3.3.3. Дефинисање сопствених функција

Укључивање других датотека постиже се стандардном CSS наредбом *@import*, с тим што је резултат оваквог убацивања датотека кроз *Sass* такав да се читав садржај других датотека пребацује на место ове наредбе и тиме губи потреба за отварањем додатних конекција код извршне верзије веб-апликације.

Sass такође омогућава минимизацију CSS датотеке тако што пружа излаз преведеног кода у једној линији.

Написан је на језику *Ruby*, и из тог разлога захтева да приликом преводиња на рачунару постоји инсталиран *Ruby*.

3.4. *Less*

Less се по први пут појављује 2009. године. Слично као и *Sass*, *Less* је био писан на језику *Ruby*, али је касније преведен на *JavaScript*.

С обзиром да је *Less JavaScript* библиотека, и да се може обрадити на страни клијента, пружа веома лагодан начин да се започне развој у њему. Он се може превести и локално, али и на серверу коришћењем *node.js* библиотеке.

Less има синтаксу врло блиску обичном *CSS*-у и може се превести на клијентској страни једноставним поновним читавањем странице у интернет прегледачу.

Почетници који познају *CSS* и *JavaScript*, могу врло брзо да крену са развојем у *Less*-у.

С обзиром на своју једноставност, *Less* је постао најпопуларнији[8] претпроцесор за *CSS*, а познат је по томе што је *Bootstrap* оригинално у њему написан[9].

Из табеле 3.4.1. може се стећи утисак да је основна *CSS* синтакса иста као за *SCSS*.

Табела 3.4.1. лево *Less* код, десно након превођења у *CSS*

<pre>.element-a { color:#000; .element-b { display:inline-block; } }</pre>	<pre>.element-a { color:000; } .element-a .element-b { display:inline-block; }</pre>
---	--

Међутим, код специфичних наредби којих нема у регуларном *CSS*-у, разлика постаје очљива (3.4.2. и 3.4.3.).

```
.lightswitch(@colour) when (lightness(@colour) > 40%) {
  color: @colour;
  background-color: #000;
  .box-shadow(0 3px 4px #ddd);
}
.lightswitch(@colour) when (lightness(@colour) < 41%) {
  color: @colour;
  background-color: #fff;
  .box-shadow(0 1px 1px rgba(0,0,0,0.3));
}
```

3.4.2. *Less* логички изрази

```
@mixin lightswitch($colour) {
  color: $colour;
  @if(lightness($colour) > 40%) {
    background-color: #000;
    @include box-shadow(0 3px 4px #ddd);
  }
  @if(lightness($colour) <= 40%) {
    background-color: #fff;
    @include box-shadow(0 1px 1px rgba(#000,0.3));
  }
}
```

3.4.3. *SCSS* логички изрази

3.5. Stylus

Спада у новије претпроцесоре за *CSS*. Из тог разлога, нема велику подршку од онлајн заједнице попут *Sass*-а и *Less*-а, али због својих значајно напредних карактеристика, полако почиње да заузима своје место у групи најкориснијих претпроцесора за *CSS*.

Stylus не само да подржава све особине које имају *Less* и *Sass*, већ пружа и додатне могућности које се не могу наћи ни на једном другом месту:

- Може се добити својство родитеља, и искористити код потомака и/или тзв. *mixin* изразима, а ако се својство не пронађе, ићи ће ниво по ниво назад док се не пронађе резултат.
- Поглед изнутра, где неки *CSS* блок може да закључи да ли се налази у кореном елементу или не и да на основу тога промени излаз.
- Може да прима променљиви број аргумената у облику низа.
- Аутоматски додаје префиксе произвођача код блокова *@keyframes*
- Прослеђује статично написани *CSS* блок на било које место.
- Конвертује датотеке у *base64*

Stylus има доста скраћену синтаксу. Тачке зарези и витичасте заграде нису обавезни што омогућава писање *Stylus* кода на више начина.

Захтева се хијерархијски приказ, тако да су нижи нивои увучени белим знаковима, што олакшава проналажење којим родитељским селекторима припадају селектори потомака.

Издваја се и по томе што има изузетно детаљан приказ грешака који укључује праћење стека и линије на којима је грешка настала.

У приказу 3.5.1. дат је пример *Stylus*-ове синтаксе.

```
hover-darken(percent)
  if @background
    &:hover
      background: darken(@background, percent)

.test
  background: blue
  hover-darken(50%)}
```

3.5.1. пример синтаксе *Stylus*-а

3.6. PostCSS

PostCSS је најмлађи у групи набројаних претпроцесора за *CSS*. Главна карактеристика овог претпроцесора за *CSS* која га издваја у односу на остале јесте та да долази уз подршку великог броја додатака за многе радње као што је синтакса за *CSS4*, минимизација кода и генерисање кода који је подржан претходним стандардима.

Укључивањем одређених додатака, постиже се да синтакса постане иста као и за *Sass* са угњездавањем, употребом *mixin* и *extend* особина, и сл. Са друге стране, такође омогућава употребу додатака саме за себе као што су аутоматско додавање префикса произвођача, минимизација кода итд. Омогућава чак и креирање сопствене листе додатака, како би омогућио употребу тачно одређених својстава.

Свако може да почне да га користи без претходног познавања његових карактеристика, јер прихвата потпуно исту синтаксу као чист *CSS*.

Тестови показују да је време превођења од 1,4 до чак 38,7 пута краће у односу на остале популарне претпроцесоре.[11]

4. ЗАКЉУЧАК

Претпроцесори за *CSS* постају неизоставни елемент при модерном веб-дизајну и то је један од разлога због чега се појављује њихов све већи број.

На основу одабраног узорка претпроцесора за *CSS*, може се закључити да развој на било ком од њих доноси велике предности, а да је питање најбољег софтверског решења на самом кориснику да одлучи.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Glossary/Vendor_Prefix
- [2] <https://www.w3.org/Style/CSS20/>
- [3] <https://drupalize.me/videos/what-css-preprocessor?p=1175>
- [4] <http://sass-lang.com/documentation/>
- [6] <https://www.sitepoint.com/6-current-options-css-preprocessors/>
- [7] <https://www.slant.co/topics/217/~best-css-preprocessors-postprocessors>
- [8] <https://css-tricks.com/poll-results-popularity-of-css-preprocessors/>
- [9] <https://getbootstrap.com/2.0.4/less.html>
- [10] <http://www.zingdesign.com/less-vs-sass-its-time-to-switch-to-sass/>
- [11] <https://github.com/postcss/benchmark>

PET KOMPARTMENTNI MODEL ZA ^{90}Y DOTATOC TERAPIJU

FIVE COMPARTMENT MODEL FOR ^{90}Y DOTATOC THERAPY

Dragoslav Nikezić¹, Marija Jeremić², Dragana Krstić¹

¹Univerzitet u Kragujevcu, Prirodno Matematički fakultet

²Kliničko Bolnički Centar, Kragujevac

Sadržaj – U ovom radu je opisan matematički model ponašanja ^{90}Y u ljudskom organizmu pri tzv. DOTATOC terapiji neuroendokrinih tumora. U tu svrhu, ljudsko telo je predstavljeno sa 5 kompartmana, krv, bubrezi, beška, tumor i jetra. Razvijen je sistem diferencijalnih jednačina čije je rešenje predstavljeno u ovom radu. Cilj rada je određivanje koeficijenata transfera između pojedinih kompartmana radi bolje procene doza u tumoru i ostalim organima ljudskog tela. Računarski program je napisanu u standardnom FORTRAN90 programskom jeziku.

Abstract - Set of differential equations was developed and solved to calculate time dependent concentration of ^{90}Y in these compartment. Computer program was written in FORTRAN90 programming language. Results obtained from program were fitted with experimental data for 14 patient, treated with this radionuclide, in order to estimate transfer factors between different compartment and to get real absorbed doses of beta radiation in tumor and the rest of the human body.

1. UVOD

Neuroendokrini tumori sa metastazama se tretiraju tzv. DOTATOC terapijom [1]. To su pojedine vrste hemijskih supstanci, u ovom slučaju peptidi, za koje se vezuje jak beta emiter, kao što je ^{90}Y . Tumorsko tkivo apsorbuje peptide, a zajedno sa njime i radioaktivni ^{90}Y . Raspadom ^{90}Y emituje se energetska beta čestica (elektron) koji je kratkog dometa i koji ubija ćelije u blizini tačke emisije. Međutim, pri ovakvoj proceduri znatna količina ^{90}Y se raspada i u drugim organima izazivajući neželjeno ozračivanje zdravog tkiva.

^{90}Y se ubacuje u ljudsko telo preko krvi, i sama aplikacija traje 30 minuta. Za to vreme, radioaktivni ^{90}Y se raspoređi kroz celo telo, a jedan deo se zadrži u tumoru. Iskustvo stečeno primenom ove metode je pozitivno, a krajnji rezultat je individualno zavisian.

2. METOD

Označimo sa A_0 ukupnu aktivnost ^{90}Y unetu u krv pacijenta. Ukupan broj atoma, U , unet u toku aplikacije, je količnik aktivnosti i konstante radiokativnog raspada λ , tj., $U = A_0 / \lambda$, a brzina unošenja je $R = U / T$, gde je T vreme unošenja. Ova aktivnost se u našem, pet-kompartmentnom modelu iz krvi prenosi u bubrege, tumor i jetru. Sledeći skup diferencijalnih jednačina opisuje evoluciju broja atoma u pojedinim kompartmanima u toku aplikacije radioaktivnosti.

$$\frac{dN_1}{dt} = R - \lambda N_1 - \lambda_{12}N_1 - \lambda_{14}N_1 - \lambda_{15}N_1 + \lambda_{21}N_2 + \lambda_{41}N_4 + \lambda_{51}N_5 \quad (1)$$

$$\frac{dN_2}{dt} = -\lambda N_2 + \lambda_{12}N_1 - \lambda_{21}N_2 - \lambda_{23}N_2 \quad (2)$$

$$\frac{dN_3}{dt} = -\lambda N_3 + \lambda_{23}N_2 \quad (3)$$

$$\frac{dN_4}{dt} = -\lambda N_4 + \lambda_{14}N_1 - \lambda_{41}N_4 \quad (4)$$

$$\frac{dN_5}{dt} = -\lambda N_5 + \lambda_{15}N_1 - \lambda_{51}N_5 \quad (5)$$

Gde su λ_{ij} konstante prenosa radiofarmaceutika i date su u h^{-1} : λ_{12} iz krvi u bubrege, λ_{21} iz bubrega u krv, λ_{23} iz bubrega u mokraćnu bešku (odakle nema vraćanja u krv), λ_{14} iz krvi u tumor i λ_{41} iz tumora natrag u krv respektivno i λ_{15} i λ_{51} iz krvi u jetru i natrag iz jetre u krv.

N_1, N_2, N_3, N_4 i N_5 označavaju broj atoma u krvi, bubrežima, bešici, tumoru i jetri, respektivno.

Prethodni sistem je skup međusobno povezanih linearnih diferencijalnih jednačina, koje se mogu rešiti analitički posle komplikovanog postupka višestrukih diferencijacija i postepenog eliminisanja pojedinih nepoznatih N_i . Kao rezultat dobija se jedna diferencijalna jednačina četvrtog reda po N_1

$$\frac{d^4 N_1}{dt^4} + \frac{d^3 N_1}{dt^3} Y_3 + \frac{d^2 N_1}{dt^2} Y_2 + \frac{dN_1}{dt} Y_1 + N_1 Y = 0 \quad (6)$$

gde su Y_i konstante koje sadrže kombinacije konstanti prenosa λ_{ij} . Ova diferencijalna jednačina se lako prevodi u običnu jednačinu smenom $N_1 = e^{\alpha t}$, posle čega se dobija jednačina četvrtog stepena po α :

$$\alpha^4 + \alpha^3 Y_3 + \alpha^2 Y_2 + \alpha Y_1 + Y = 0 \quad (7)$$

Ova jednačina može imati 2 ili 4 rešenja, i rešava se analitički po Ferarijevoj metodi. Kao rešenje za N_1 dobija se

$$N_1 = \sum_{i=1}^4 v_i e^{\alpha_i t} + C \quad (8)$$

gde je C kombinacija konstanti prenosa.

Zamena rešenja za N_1 u jednačine (2, 4, i 5) dovodi do diferencijalnih jednačina za N_2, N_4 i N_5 . Dobijeno rešenje po N_2 se dalje zamenjuje u jednačinu (3) koja se takođe može rešiti.

Skup jednačina (1-5) opisuje vremensku promenu broja atoma u organima u periodu unošenja radioaktivnosti. Za period posle prekida unošenja radioaktivnosti, potrebno je napisati novi skup diferencijalnih jednačina koji se od prethodnog razlikuje u tome da je $R=0$. Broj atoma u organima u periodu posle prekida unošenja radioaktivnosti označava se sa M_1, M_2, M_3, M_4 i M_5 . Rešavanje jednačina je analogno kao u prethodnom slučaju i detalji su ovde izostavljeni.

Na ovaj način dobijaju se svi N_i i sve M_i pri čemu u jednačinama figuriše ukupno 12 konstanti integracije. Da bi se odredile ove konstante potrebno je definisati početne uslove. Prvi skup početnih uslova označava da u početnom trenutku vremena nije bilo nikakve aktivnosti u organima, tj.,

$$N_1=N_2=N_3=N_4=N_5=0, \quad (9)$$

što daje ukupno 5 nezavisnih jednačina. Drugih pet nezavisnih veza je

$$N_i(T) = M_i(0), \quad i = 1,5 \quad (10)$$

gde je T vreme aplikacije radioaktivnosti.

Jedanaesta veza je uslov normiranja, tj., suma svih aktivnosti u organima mora biti jednaka ukupnoj aplikovanoj aktivnosti u trenutku prekida aplikacije tj.

$$N_1(T) + N_2(T) + N_3(T) + N_4(T) + N_5(T) = A_0 e^{-\lambda T} \quad (11)$$

Tako, postoji ukupno 11 nezavisnih uslova, a 12 nepoznatih konstanti. Da bi se odredile konstante integracije, potreban je još jedan uslov i on se dobija iz merenja aktivnosti u krvi i/ili mokraći pacijenta koji se tretira ovom metodom.

3. KOMPJUTERSKI PROGRAM

Konačno se dobija sistem od 12 jednačina sa 12 nepoznatih. Rešavanje ovog sistema je moguće primenom MatLab softverskog paketa, ali je u ovom radu razvijen sopstveni program u Fortran 90 programskom jeziku, jer su potrebna i dodatna izračunavanja vrednosti $n_i(t)$ i $m_i(t)$. Program nosi naziv BLOKIN51.F90. Sva računanja su radjena u DOUBLEPRECISION. Program počinje unosom ulaznih podataka. To su ukupna aplikovana aktivnost, vreme aplikacije aktivnosti (30 minuta), izabrane vrednosti parametara λ_{ij} , i eksperimentalno izmerene aktivnosti i vremena merenja.

Program sadrži MODULE PolynomialRoots koji daje rešenja jednačine četvrtog stepena i koji je razvijen na osnovu Ferarijevog metoda rešavanja ove vrste jednačina. Program daje dva ili četiri rešenja kubne jednačine, i dalje rešavanje zavisi od broja rešenja.

Posle dobijanja rešenja kubne jednačine, poziva se podprogram koji rešava sistem od 12 jednačina sa 12 nepoznatih. Kao izlazni rezultat dobija se aktivnost u

svim kompartmentima od interesa za datu kombinaciju parametara λ_{ij} . Računa se i promena aktivnosti ^{90}Y u krvi i poredi se sa eksperimentalnim vrednostima.

Ovaj postupak se ponavlja novim izborom konstanti λ_{ij} . Posle velikog broja kombinacija konstanti λ_{ij} bira se ona koja daje najmanje odstupanje od izmerenih vrednosti.

Napravljena je petlja koja automatski obavlja ceo ovaj račun i konačno daje optimalnu vrednost konstanti λ_{ij} . Napravljeno je više podprograma funkcijskog tipa čija je namena rešavanje sistema od 12 jednačina. Ovi podprogrami su zasnovani na metodi determinanti. Na primer, vrednost determinante dvanaestog reda se računa, određivanjem vrednosti dvanaest determinanti jedanaestog reda, i td sve dok se ne dobije 12! determinanti drugog reda. Rezultati računanja determinanti programa razvijenog u ovom radu su upoređeni sa rezultatima koje daje MatLab i dobijeno je poklapanje.

U slučaju kada kubna jednačina ima dva rešenja, problem se svodi na šest jednačina sa šest nepoznatih, što je jednostavnije za rešavanje i račun traje kraće. Sam račun za jednu kombinaciju konstanti traje nekoliko minuta.

U toku računanja, pojavljuju se kombinacije parametara λ_{ij} koje ne daju realne fizičke vrednosti koncentracija, te se takve kombinacije automatski odbacuju.

Pored automatskog menjanja parametara, omogućena je i opcija ručnog menjanja, tako da korisnik može da stekne uvid kako se menjaju koncentracije zavisno od vrednosti parametara.

4. REZULTATI

Kao ilustrativan primer dati su rezultati računanja za jednog od 14 pacijenata tretiranih ovom metodom.

Na grafiku 1, prikazana je promena aktivnosti u krvi (GBq) sa vremenom (u satima), posle prekida aplikacije radioaktivnosti, izračunata prethodno opisanim modelom (crvena kriva), i merena eksperimentalno (crna kriva).

Zapaža se odlično slaganje merene i izračunate aktivnosti u krvi. Aktivnosti su date u GBq.

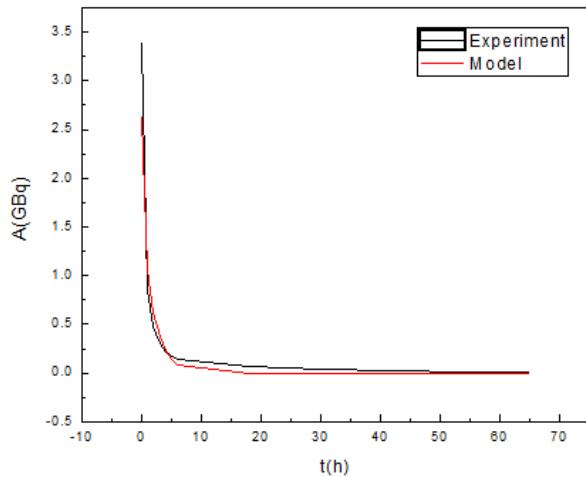
Na slici 2, prikazana je promena aktivnosti u mokraći sa vremenom. Vrednosti izračunate iz modela prate trend merenih vrednosti ali postoji sistematska razlika za vreme veće od 20 h.

Konstante prenosa za ovog pacijenta, na osnovu kojih su iscertane prethodne krive su

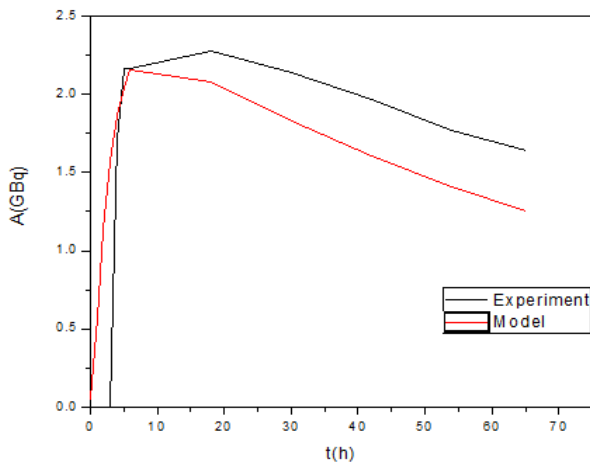
$$\lambda_{12} = 0.90; \lambda_{21} = 0.30; \lambda_{23} = 0.55; \lambda_{14} = 0.9; \lambda_{41} = 0.25; \lambda_{15} = 1.40; \lambda_{21} = 0.99, \text{ (svi u h}^{-1}\text{)}.$$

5. ZAKLJUČAK

U radu je predstavljen model ponašanja ^{90}Y u ljudskom telu pri DOTATOC ciljanoj radijacionoj terapiji. Model i kompjuterski program omogućuju određivanje promene broja atoma u pet organa čovečjeg tela, što daje mogućnost izračunavanja apsorbovanih doza u ciljanom tumoru i u ostalim organima tela. Zavisno od veličine tumora, procenjuje se da li je aplikovana aktivnost dovoljna za njegovo uništenje, ali je moguće proceniti i rizik sekundarnih kancera.



Slika 1. Promena aktivnosti u krvi sa vremenom



Slika 2. Promena aktivnosti u mokraći sa vremenom

Model i program razvijen na osnovu tog modela se odnose na merenje u krvi, tj., poredjenje izračunatih vrednosti se obavlja u odnosu na merenja u krvi.

U sledećem radu neće se i opcija da se poredjenje izračunatih vrednosti obavlja u odnosu na aktivnosti u mokraći.

U narednom periodu radiće se na povećanju broja kompartmana, što će dovesti do još složenijih jednačina. Povećanjem broja kompartmana za jedan, broj nepoznatih raste takodje za jedan. Ovo će dovesti do jednačina koje nisu analitički rešive (kao što je to slučaj sa kubnom jednačinom), te će se primeniti neki od numeričkih metoda rešavanja skupa međusobno vezanih diferencijalnih jednačina.

Program je još uvek u fazi razvoja i kada jednom bude finaliziran, postaće dostupan na sajtu <http://www.pmf.kg.ac.rs/radijacionafizika/>

LITERATURA

- [1] Otte, A., Herrmann, R., Heppeler, A., Behe, M., Jermann, E., Powell, P., Maecke, HR., Muller, J. Yttrium-90. DOTATOC: first clinical results. Eur. J. Nucl. Medicine, 26(11), 1439-47, 1999

ANALIZA PODATAKA POMOĆU HISTOGRAMA

DATA ANALYSIS BY HISTOGRAM

Višnja Ognjenović, Vladimir Brtko, Ivana Berković, Eleonora Brtko, Mila Kavalić
Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin, Srbija

Sadržaj –Iako stara tehnika, analiza podataka pomoću histograma nije dovoljno istražena. U ovom radu su izneseni osnovni načini analize pomoću histograma kao i predlozi složenijih načina analize. Pokazana je veza analize podataka pomoću histograma sa analizom histograma rasterske slike u odnosu na histogram vektorske slike. Detaljnija analiza histograma podataka bi mogla da utiče na algoritme u oblasti Data Mining-a.

Abstract - Although this is an old technique, data analysis by histogram is still not sufficiently researched. This paper presents basic modes of analysis by histogram, as well as suggestions for the more complex ones. A correlation was given between data analysis by histogram and analysis of the raster image histogram in comparison with the vector image histogram. A more detailed analysis of data histogram could influence the algorithms in the field of Data Mining.

1. UVOD

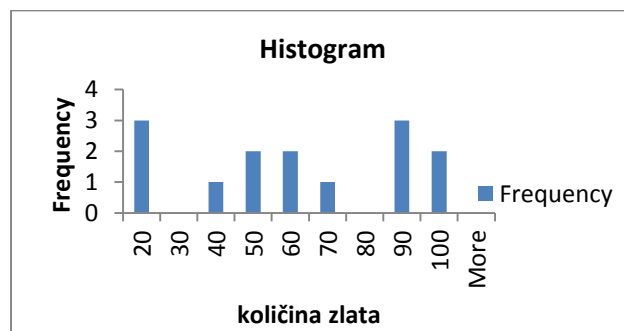
Analiza podataka se definiše na razne načine, počev od razlikovanja tipa podataka, na osnovu statističkih pokazatelja, korišćenja regresije, entropije, pa do različitih veza među podacima koje se mogu dobiti algoritmima u okviru Data Mining-a. Od 1999. godine definisan je standard CRISP-DM [1] koji jasno razdvaja razumevanje podataka (Data Understanding) od pripreme podataka (Data Preparation). Shvatanje podataka je aktivnost koja otkriva samu suštinu podataka, dok priprema podataka podrazumeva više aktivnosti u okviru kojih često dolazi do gubitka originalnih podataka u cilju njihove jednostavnije i kvalitetnije obrade. Moguće je spajanje ili razdvajanje podataka, prečišćavanje podataka vezano za greške ili nedostajuće vrednosti, diskretizacija kontinualnih vrednosti, redukcija delova podataka i drugo.

Na koji način je moguće razumeti suštinu podataka – ovo pitanje je vezano za tip ili tipove podataka kao i složenost i veze među podacima. Za big data pored obima i raznovrsnosti uključuje se i brzina kreiranja podataka [2]. U nekim slučajevima je brzina stvaranja podataka važnija od obima podataka [3].

Za podatke manjeg obima može se primetiti veća upotreba histograma, dok se kod složenijih i obimnijih podataka histogram ređe koristi. Neki autori su primetili da mnoge operacije Data Mining-a zavise od raspodele podataka, ali se nisu upuštali u dalju analizu histograma [4].

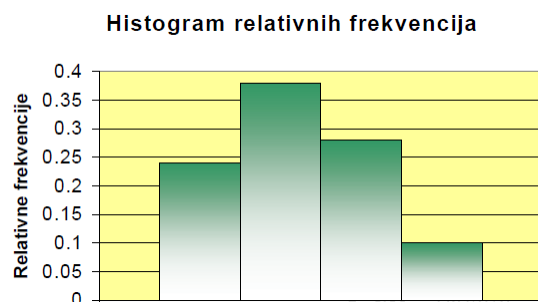
2. ZNAČENJE HISTOGRAMA

Histogram je dobro poznati matematički alat koji grafički najčešće prikazuje učestalost određenih vrednosti podataka. Na slici 1 je histogram frekvencija dobijen alatom Data Analysis u Excel-u.

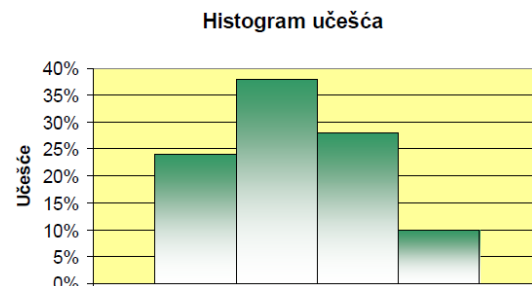


Slika 1. Primer histograma u Excel-u

Pored histograma frekvencija, histogrami mogu da prikazuju relativne frekvencije ili učešće u procentima na ordinati. Takvi histogrami se zovu na osnovu značenja ordinata histogrami relativnih frekvencija ili histogrami učešća. Primeri su prikazani na slikama 2 i 3 koje su preuzete iz [5].



Slika 2. Primer histograma relativnih frekvencija preuzet iz [5]



Slika 3. Primer histograma učešća preuzet iz [5]

U nekim radovima se koristi histogram gustine (density histogram). Vrednosti na njegovoj ordinati pomnožene sa širinom pojedinog pravougaonika histograma predstavljaju procenat učešća. Ovakav histogram je veoma koristan zbog veze sa density plot-om u matlab-u i drugim programima [6].

3. MOGUĆNOSTI HISTOGRAMA

U obradi podataka moguće je koristiti histograme za opisivanje obrazaca podataka (data patterns). Grafičko prikazivanje podataka poput prikazivanja histogramom omogućuje uočavanje sledećih pokazatelja: centra, raširenosti raspodele, oblika vezanog za određenu raspodelu podataka, kao i uočavanje nekih neobičnih svojstava podataka. Centar histograma se lako uočava u slučaju simetričnog histograma sa jednim vrhom. Na slici 4 centar histograma je medijana raspodele [7]. Takođe kod histograma sa jednim vrhom, centar vrednosti je u tački vrha.



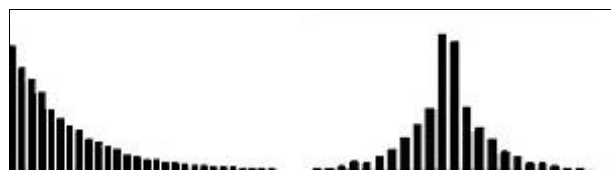
Slika 4. Primer simetričnog histograma sa jednim vrhom preuzet iz [7]

Raširenost raspodele se odnosi na opseg podataka. U slučaju kad je velik broj podataka grupisan oko jedne vrednosti, raširenost je manja i obrnuto (slika 5).



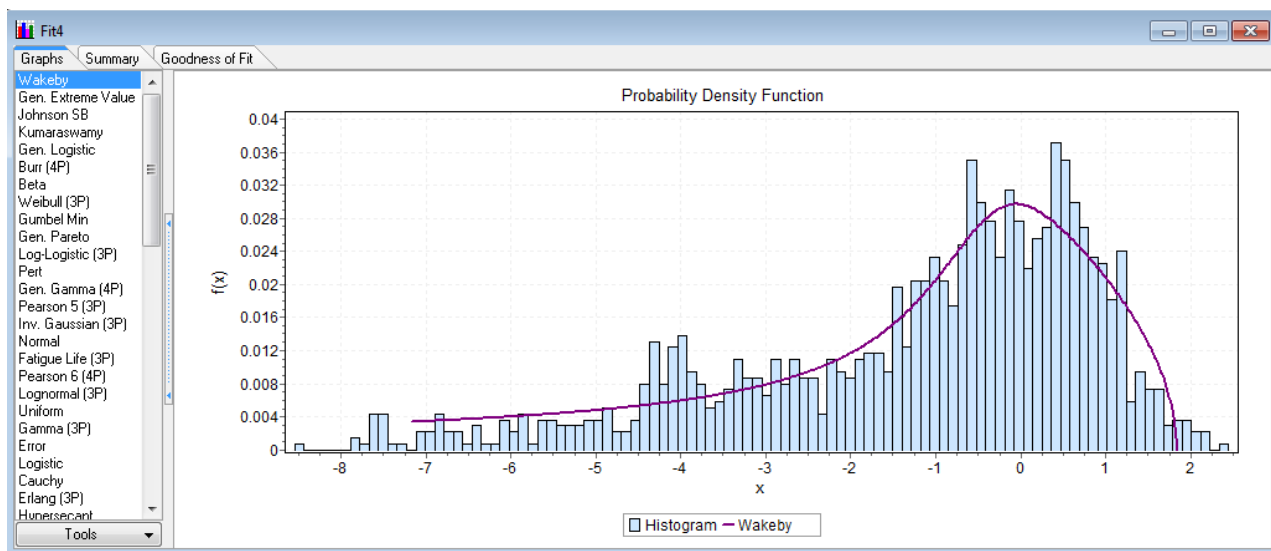
Slika 5. Primer histograma različite raširenosti preuzet iz [7]

Histogrami prikazuju oblik raspodele podataka, pa postoji više podela vezanih za broj vrhova, zakrivljenost, monotonost veličine pravougaonika, prekide, kao i postojanje izolovanih delova histograma [8]. Na slici 6 je prikazan netipičan histogram sastavljen iz više delova kod kojih se mogu primetiti određene pravilnosti i sličnosti sa raspodelama određenih matematičkih funkcija.



Slika 6. Primer netipičnog histograma preuzet iz [8]

U zavisnosti od vrste histograma, moguće je koristiti klasičnu statistiku na osnovu sličnosti posmatranog histograma sa nekom matematičkom raspodelom. Na slici 7a i 7b prikazan je histogram atributa „entropy of image“ baze Banknote Authentication u programu EasyFit i dobijeni rezultat sličnosti sa određenim raspodelama [9].



Slika 7a. Histogram atributa „entropy of image“ baze Banknote Authentication i najbližnja matematička raspodela

Fitting Results		
#	Distribution	Parameters
1	Beta	$\alpha_1=9.5482E+6$ $\alpha_2=3.193$ $a=-1.1071E+7$ $b=2.5011$
2	Burr (4P)	$k=1510.6$ $\alpha=774.44$ $\beta=1191.3$ $\gamma=-1180.3$
3	Cauchy	$\sigma=1.0507$ $\mu=-0.40519$
4	Chi-Squared (2P)	$\nu=7$ $\gamma=-8.6377$
5	Dagum (4P)	$k=371.5$ $\alpha=89.576$ $\beta=198.74$ $\gamma=-221.76$
6	Erlang (3P)	$m=273$ $\beta=0.13248$ $\gamma=-37.415$
7	Error	$k=1.6299$ $\sigma=2.101$ $\mu=-1.1917$
8	Error Function	$h=0.33656$
9	Exponential (2P)	$\lambda=0.13593$ $\gamma=-8.5482$
10	Fatigue Life (3P)	$\alpha=0.00215$ $\beta=970.0$ $\gamma=-971.2$

Slika 7b. Sličnost histograma atributa „entropy of image“ baze Banknote Authentication sa određenim matematičkim raspodelama

4. PREDLOZI ANALIZE PODATAKA POMOĆU HISTOGRAMA

U radu [8] je pokazano da su najbitniji delovi histograma podataka za klasifikaciju vezani za oblast oko vrhova histograma. Ispitivanje podataka na osnovu intervala histograma u određenoj oblasti oko vrha ili vrhova je jedna mogućnost koja je naročito istražena u oblasti računarske grafike. U okviru radova iz procesiranja slike u vektorsku rađena je analiza histograma slike [10]. Kako je histogram slike najčešće sa više izrazitih vrhova, u grafici je potvrđeno da se slika može analizirati na osnovu pojedinih delova takvog multimodal histograma.

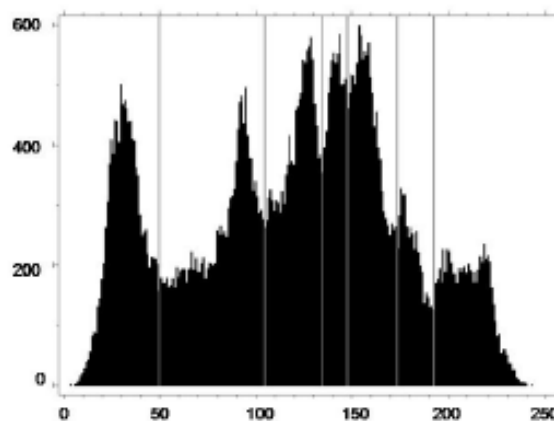
Analiza podataka na osnovu vrhova histograma bi mogla da se uključi i na podatke van računarske grafike. Time bi se podaci mogli preciznije razumeti, što je na osnovu standarda CRISP-DM predkorak u odnosu na pripremu podataka.

5. PRIMER HISTOGRAMA RASTERSKE SLIKE

U radu [11] prikazan je algoritam Fine to Coarse (FTC) Segmentation Algorithm, segmentacije histograma rasterske slike na osnovu definisanja liste lokalnih minimuma. U cilju segmentacije histograma, ovaj algoritam najpre radi „uglašavanje“ histograma objedinjavanjem intervala u skladu sa zadovoljenjem definisane takozvane unimodal hipoteze. Na slici 8a – 8d prikazana je fotografija, njen histogram, fotografija na osnovu segmentiranog histograma i na kraju rezultat primene algoritma Fine to Coarse (slike su preuzete iz rada [11]). Histogram je na početku inicijalizacije FTC algoritma imao 60 lokalnih minimuma u okviru 256 početnih tačaka reza. Rezultat dobijene segmentacije je skoro istovetan segmentacijom na osnovu glatkih krivi histograma.



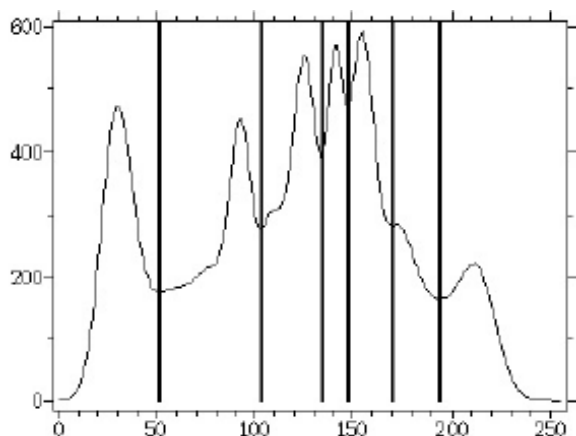
Slika 8a. Slika (256 × 256 pixels) Lena preuzeta iz [11]



Slika 8b. Histogram slike pod 8a. preuzet iz [11]



Slika 8c. Slika Lena kvantizirana na osnovu 7 nivoa segmentacije histograma na osnovu 8b. preuzeta iz [11]



Slika 8c. Segmentacija glatkog histograma na osnovu 8b. preuzeta iz [11]

6. ZAKLJUČAK

U nekim oblastima analize podataka histogrami su više istraživani i primenjivani od drugih. Segmentacija histograma rasterske slike je upoređivana u odnosu na vektorsku, jer je sa druge strane vektorska slika korisna za razumevanje sadržaja njenog rasterskog originala. Analiza proizvoljnih podataka u procesu klasifikacije se često radi na modifikovanim diskretizovanim vrednostima, koji su takođe korisni za zaključivanje. Zbog toga bi uključivanje histograma u algoritme Data Mining-a moglo da da bolje razumevanje podataka i drugačije krajnje rezultate algoritama.

NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva obrazovanja i nauke Republike Srbije u okviru projekta TR32044 "Razvoj softverskih alata za analizu i poboljšanje poslovnih procesa", 2011-2017.

LITERATURA

[1] Shearer, C., The CRISP-DM model: the new blueprint for data mining, *J Data Warehousing*, 5: pp 13—22, 2000.

[2] Zikopoulos, P., Eaton, Ch., *Understanding Big Data: Analytics for Enterprise Class Hadoop and Streaming Data* (1st ed.). McGraw-Hill Osborne Media, 2011.

[3] McAfee, A., Brynjolfsson, E., *Big Data: the Management revolution*, *Harvard Business Review*, October 2012.

[4] Nguyen, H.S., *Approximate boolean reasoning: foundations and applications in data mining*, *Transactions on rough sets V*, pp. 334-506, 2006.

[5] Spasić, S., *Sređivanje i grafičko prikazivanje podataka*, Univerzitet Singidunum, Beograd, 2012.

[6] Resources for Statistics at Georgetown College, Chapter 2: Describing Patterns in Data, <http://statistics.georgetowncollege.edu/ch2.html#the-histogram>

[7] Berman H., Stat Trek, How to Describe Data Patterns in Statistics, <http://stattrek.com/statistics/charts/data-patterns.aspx>

[8] Ognjenović V., *Aproksimativna diskretizacija tabelarno organizovanih podataka*, doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“ Zrenjanin, 2016.

[9] EasyFit software (2015), EasyFit software :: Product Specification, http://www.mathwave.com/products/easyfit_desc.html

[10] Delon J., Desolneux A., Lisani J-L. et Petro A-B. (2005 b), Color Image Segmentation using Acceptable Histogram Segmentation, *IbPRIA05 proceedings*, part II, Springer LNCS series, pp.239-246.

[11] Delon J., Desolneux A., Lisani J-L. and Petro A-B. (2007), A non parametric approach for histogram segmentation, *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 16, No. 1, pp. 253-261.

VERSION CONTROL SISTEMI

VERSION CONTROL SYSTEMS

Eleonora Brtko¹, Vesna Makitan¹, Vladimir Brtko¹, Višnja Ognjenović¹
 Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin¹

Sadržaj – U sadašnjem kontekstu razvoja softvera, bitno je obezbediti efikasan način koordiniranja ciljeva i organizovanja projekata. U ovoj oblasti, Version Control Systems (VCSs) pomažu korisnicima da rade i sarađuju u okruženju bez kolizije. Ovaj rad objašnjava zašto je ova tehnologija korisna danas, a biće važna u srednjoročnom i dugoročnom periodu za većinu timova za razvoj softvera, otvorenog koda ili komercijalnih.

Abstract - In the current context of software developing, to provide an efficient way to coordinate efforts and organize projects turn out to be essential. In this area, Version Control Systems (VCSs) help users to work in a collaborative fashion in a conflict-free environment. This paper explains why this technology is useful today and will be important in the medium to long term for most software development teams, whether open source or commercial.

1. UVOD

Proces razvoja softvera nije uopšte statičan. Svaka objavljena verzija zahteva održavanje i nove karakteristike tražene od strane korisnika koje treba rešiti među drugim poslovima, kao što su ispravljanje grešaka, istraživanje karakteristika ili razvoj novih verzija. Svi ovi zadaci obično uključuju tim ljudi (programera, menadžera, testera, itd) koji treba da rade istovremeno na različitim delovima procesa razvoja, što obično uključuje paralelni razvoj [1]. Ovaj napor zahteva upotrebu Version Control Sistema (VCS).

Version control is a system that records changes to a file or set of files over time so that you can recall specific versions later.

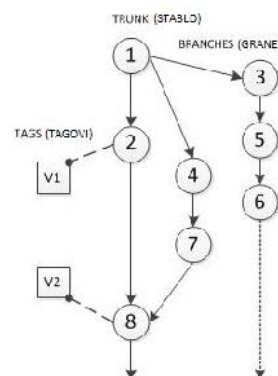
Version control (Kontrola verzija) je sistem koji beleži promene u fajlu ili skupu fajlova tokom vremena, tj. snima istoriju svojih izvornih fajlova.

Na primer, greške se ponekad potkradu kada se softver modifikuje, a možda se ne otkriju dosta dugo nakon što se napravi promena. Sa VCS, možete lako da preuzmete stare verzije da vidite tačno koja promena je izazvala grešku. To ponekad može biti od velike pomoći.

Možete naravno da sačuvate svaku verziju svakog fajla koju ste ikada napravili. To bi, međutim bilo gubljenje ogromne količine prostora na disku. VCS čuva sve verzije fajlova u jednom fajlu na pametan način, tako što čuva samo razlike između verzija [2].

Postoji mnogo različitih VCS alata na tržištu, i komercijalni i open source, ali u suštini svi oni koriste istu nomenklaturu sa nekim modifikacijama i nijansama.

Slika 1. sumira osnovnu strukturu i tok istorije u VCS skladištu.



Slika 1. VCS struktura skladišta

Unutar skladišta, trenutne radne verzije izvornog koda se čuvaju u *Stablu* (*Trunk*) istorije drveta. Ovo *Stablo* (*Trunk*) predstavlja glavni pravac razvoja. U literaturi se za *Stablo* (*Trunk*) mogu naći slični termini kao što su *Baseline* (Polazna osnova) ili *Mainline* (Glavna osnova). U određenom trenutku, verzija bi mogla da se razgrana, stvarajući novu *Granu* (*Branch*) u drvetu. Grana se može razvijati paralelno sa glavnom verzijom, a onda ponovo spojiti u stablo ili pratiti potpuno drugačiji razvoj. U nekim sistemima, grana može biti deklarirana kao *Mainline*. Revizija je nova verzija fajla. Drugi glavni koncept VCS drveta je *Tag* ili *Labela*, koji identifikuje konkretne skupove fajlova u vremenskoj liniji kao što je broj verzije za glavno izdanje ili ime verzije.

Kada se radi sa skladištem, može se izvesti nekoliko akcija. Prvi korak da bi se stvorilo novo skladište jeste da se uradi *Import* (*Uvoz*), to je akcija kada se po prvi put kopira lokalni direktorijum u skladište. U slučaju rada sa prethodno postojećim skladištem, prvi korak zahteva da se napravi *Checkout*, stvarajući lokalnu kopiju tekuće revizije skladišta i omogućava korisniku da radi sa njim. Ova *Checkout* akcija je potrebna samo prvi put jer kada imamo lokalnu kopiju, pravljenje *Update-a* nad fajlom ili grupom fajlova tj. promene napravljene u fajlu (fajlovima) od strane drugih korisnika su spojene u našem primerku.

Akcija *Commit* (*Predavanje*) ili *Checkin* (*Čekiranje*) je akcija kojom se upisuju promene koje su izvršene u našoj lokalnoj kopiji u skladištu. Veoma važna aktivnost u bilo kojoj vrsti VCS-a je akcija *Merge* (*Spajanje*), koja dozvoljava da se spoje različite grane, spoje lokalne kopije sa radnim kopijama u skladištu (ili obrnuto). Iako je akcija *Export* (*Izvoz*) veoma slična *Checkout-u* (*Odjava*), razlika između njih je da *export*-ovana verzija ne vodi nikakvu istoriju verzija. Ova akcija je korisna, na primer, za dobijanje verzije spremne da se distribuira.

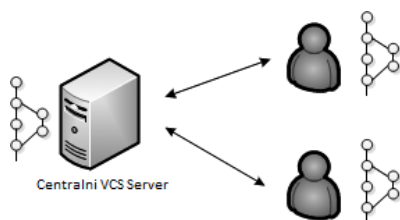
2. OSNOVNI CILJEVI VERSION CONTROL SISTEMA

VCS (Sistem kontrole verzija) je deo softvera koji pomaže programerima na zajedničkom timskom radu na softveru i arhivira kompletnu istoriju njihovog rada. Postoje tri osnovna cilja sistema kontrole verzija (VCS) [3]:

1. Želimo da ljudi mogu da rade istovremeno, ne serijski.
2. Kada ljudi rade u isto vreme, želimo da im promene nisu u suprotnosti jedan sa drugim.
3. Želimo da arhiviramo sve verzije svega što je ikada postojalo.

3. ARHITEKTURA VERSION CONTROL SISTEMA

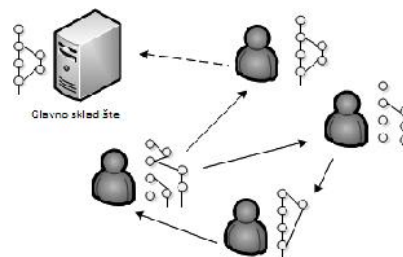
Postoje dve osnovne arhitekture VCS-a: centralizovana (CVCS) i decentralizovana (takođe poznata kao distribuirana) (DVCS) [4]. Kao direktna posledica različitih arhitektura, način na koji CVCS radi razlikuje od DVCS-a. Slika 2. ilustruje kako CVCS radi.



Slika 2. CVCS tok rada

CVCS softver se pokreće na centralnom serveru gde se odvijaju sve kontrole verzija. Korisnici prave lokalne kopije trenutne radne verzije ili grane skladišta, vrše promene na lokalnoj kopiji, a zatim podnose (submitting) te promene na centralnom serveru. Drugim rečima, svi održavani fajlovi se čuvaju na ovom serveru. Kako VCS reaguje kada se pojavi konflikt (na primer, dva korisnika podnose isti fajl u isto vreme ili se fajl modifikovao u skladištu od kada ga je korisnik obnovio (updated) u svojoj lokalnoj kopiji) zavisi od VCS-a. Jedna od opcija je zaključavanje fajla, što znači da kada korisnik radi update fajla, ovaj fajl prestaje da bude dostupan za ostale korisnike, sve dok korisnik koji radi na njemu ne uradi ckeckin. Ova opcija nije veoma efikasana i ono što obično VCS uradi jeste da pokuša spajanje verzija između korisnika i skladišta verzije fajla. Obično je opcija da modifikuje fajlove u skladištu ograničena na odabranu grupu pouzdanih programera, takođe poznatih kao izvršitelji (committers).

Sa druge strane, decentralizovani VCS radi na drugačiji način, kao što je prikazano na Slici 3.



Slika 3. DVCS tok rada

DVCS prate peer-to-peer pristup, potpuno suprotno od CVCS koji koriste serveru-klijent pristup. Ne postoji centralni server za rad, umesto toga svaki checkout predstavlja sebe kao prvorazredno skladište, sadržeći svu istoriju.

Zatim, korisnici rade na svojim lokalnim skladištima, vršeći promene sa drugim korisnicima skladišta. Pored toga, umesto da imaju izvršnu granu stabla, korisnici organizovani u radnim grupama ili zajednicama, po običaju se odlučuju za kanonsku granu, uz mogućnost da projekat ima nekoliko mainline grana. Zbog toga, efikasan način spajanja je od suštinskog značaja za DVCS više nego ikad.

U nastavku rada će biti predstavljen DVCS GitHub.

4. GITHUB

GitHub je open source kolaborativno razvojno okruženje. GitHub je veb-bazirano, razvojno okruženje koje omogućava upravljanje izvornim kodom, praćenje problema i drugih karakteristika. GitHub omogućava korisnicima da uspostave javno skladište da svako može da ga koristi za svoj kod i/ili da doprinese promenama u kodu. Pull zahtevi su način na koji se od jednog programera doprinosi nazad na GitHub javno skladište [5].

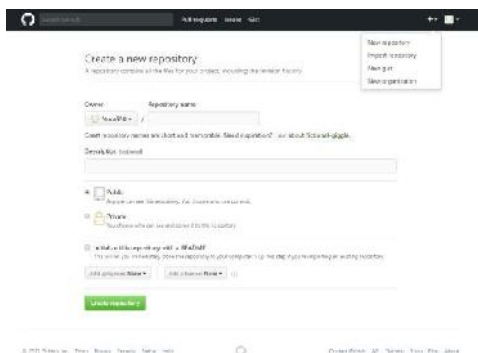
Razvoj GitHub platforme je počeo 1. oktobra 2007. Sajt je pokrenut u aprilu 2008. od strane Tom Preston-Venera, Krisa Vanstrata i P.J. Hajeta, par meseci pošto je bio dostupan u beta izdanju [6]. Projektima na GitHub-u se pristupa i manipuliše koristeći standardni Git interfejs iz komandne linije preko kojeg su dostupne i sve standardne Git komande. GitHub dopušta registrovanim i neregistrovanim korisnicima da pregledaju javna skladišta na sajtu. Nekoliko desktop klijenata i Git priključaka su kreirani pomoću GitHub-a koji se integrišu sa platformom. GitHub sajt pruža funkcije slične društvenim mrežama kao što su: fidovi (engl. feeds), pratioci (engl. followers), viki (koristeći softver Gollum) i grafikone saradnje koji ukazuju kako programeri rade na svojim verzijama ("račvama" - fork) skladišta i koja račva (i grana te račve) je najnovija. Korisnik mora da napravi nalog kako bi doprineo stranici, ali javna skladišta mogu biti pregledana i preuzeta od strane bilo koga. Sa registrovanim korisničkim nalogom, korisnici mogu da diskutuju, upravljaju skladištima, kreiraju nova skladišta, postavljaju doprinose drugim skladištima i pregledaju izmene u kodu. Softver koji pokreće GitHub je pisan koristeći Ruby on Rails i Erlang od strane GitHub, Inc. razvojnog tima: Kris Vanstrat, P.J. Hajet i Tom Preston-Verner.

GitHub se najviše koristi za kodove. Osim izvornog koda, GitHub podržava sledeće formate i karakteristike:

- Dokumentaciju, uključujući automatski generisane README fajlove u raznim Markdown fajl formatima.
- Praćenje problema (uključujući zahteve za novim karakteristikama) sa labelama, prekretnicama, zastupnicima i pretraživačem.
- Viki podrška.
- Zahteve za pregled izmena sa recenzijama koda i komentarima.
- Istorija izvršavanja.
- Grafikoni: puls, saradnici, frekvencije koda, mreže, članovi.
- Adresar integracija.
- E-mail notifikacije.
- Opcija prijave za notifikacije o nekome, koristeći znak @.
- Emoji podrška.
- Mali veb-sajtovi se mogu hostovati sa javnih skladišta na GitHub-u. URL format je: <http://nalog.github.io>.
- Ugnježdene liste zadataka unutar fajlova
- Vizuelizacija geoprostornih 3D podataka koji se mogu pregledati koristeći novointegrirani STL fajl pregledač koji otvara fajlove na 3D platnu. Pregledač pokreću WebGL i Three.js
- Photoshop-ov nativni PSD format se može pregledati i porediti sa prethodnim verzijama istog fajla

5. GITHUB - PRIMER PROJEKTA

Rad u GitHub-u daje mnogo mogućnosti. Kroz kreiranje novog projekta će neke od njih biti i opisane. Repozitorijum (skladište) je mesto gde će se nalaziti projekat. On se kreira klikom na krstić u desnom gornjem uglu, a zatim odabirom New repository (Slika 4.).

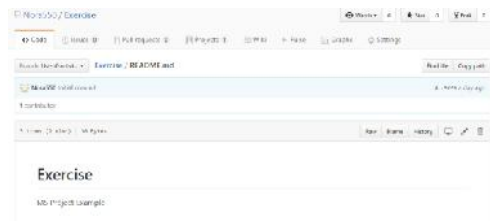


Slika 4. Kreiranje novog repozitorijuma (skladišta)

Nakon toga se otvara forma u koju je potrebno upisati naziv repozitorijuma, neobavezno dodati opis, odabrati da li je javan ili privatn, i odabrati inicijalizovanje repozitorijuma sa README, ukoliko git init nije pokrenut lokalno. README fajl obično služi da se zapišu sve relevantne informacije o projektu, kao što su: čemu je projekat namenjen, kako ga instalirati, primer koji

pokazuje kako se koristi, kako mu doprineti itd. S obzirom da je potrebno dodati git init (jer se repozitorijum mora inicijalizovati), nakon potvrde za kreiranje repozitorijuma, potrebno je predati (commit) novi fajl [7]. Operacija commit modifikuje repozitorijum. Sve promene koje se dešavaju nalaze se na tzv. listi čekanja za setove promena, odnosno mestu gde promene čekaju da budu komitovane.

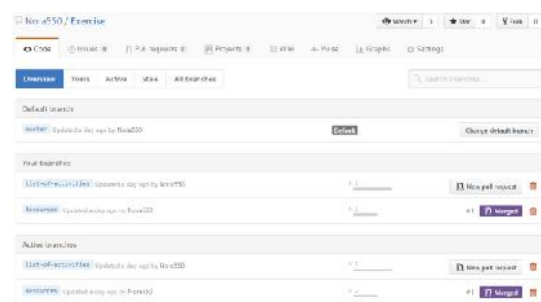
U repozitorijumu se mogu kreirati novi fajlovi ili se dodati postojeći. Nakon čega je potrebno predati (commit) fajl direktno na master granu ili kreirati novu granu i započeti pull zahtev. Klikom na određeni fajl dobijamo njegov vizuelni prikaz što možemo videti na Slici 5.



Slika 5. Vizuelni prikaz fajla

Imamo mogućnost normalnog prikaza, kao i prikaza u raw i blame modu. Pored toga klikom na olovku možemo update-ovati fajl, odnosno možemo ga menjati. Nakon svake promene je opet potrebno izvršiti predavanje (commit). Imamo i opciju History koja prikazuje istoriju svih izmena načinjenih u određenom fajlu.

Git clone omogućava pull sa udaljenog (deljenog) repozitorijuma kreirajući direktorijum istog naziva kao deljeni repozitorijum. Uz mogućnost kloniranja, možemo i download-ovati kako naše, tako i druge repozitorijume. Branching (grananje) je paralelni razvoj u više nezavisnih tokova unutar istog repozitorijuma. Uvek postoji glavna razvojna grana master. Iako se ceo projekat može uraditi na jednoj grani, upotreba više grana ima mnogo svojih prednosti. Svi commit-ovi koji se naprave na nekoj grani predstavljaju istoriju te grane, nezavisno od glavne. Grane se takođe mogu push-ovati i pull-ovati. Paralelne grane se mogu spojiti sa glavnom granom. Uobičajeno je da je kao glavna grana označena master grana, ali opcijom Change default branch, kao glavnu možemo postaviti bilo koju drugu granu koju smo kreirali, što možemo videti na Slici 6. Takođe, možemo odabrati zaštićene grane, gde možemo zaštititi grane od brisanja, tražiti proveru statusa pre spajanja grana itd.



Slika 6. Grane

Ukoliko ljudima sa kojima radimo, želimo da damo i pristup da vrše commit, potrebno ih je dodati kao saradnike. Tada će moći da čitaju podatke i da pišu u projektu i na Git repozitorijumu. Saradnici mogu biti samo korisnici registrovani na Git-u i dodaju se unošenjem e-maila ili korisničkog imena.

Zahtevi za povlačenjem mogu da dođu ili sa grane u fork-u vašeg repozitorijuma ili da dođu sa druge grane iz istog repozitorijuma. Jedina razlika je u tome što oni iz fork-a obično pripadaju drugim ljudima gde ne možete da uradite push na njihovu granu i oni ne mogu na vašu, dok kod internih zahteva za povlačenjem u opštem slučaju oba lica imaju pristup grani. Ovi zahtevi se nalaze u tabu Pull requests. Ulaskom na zahtev dobijamo informaciju o tome na kom fajlu su rađene izmene, ko ih je uradio i komentar te osobe ukoliko ga je ostavila. Promene može odobriti i povezati granu sa master granom, a možemo i nastaviti dalju konverzaciju. U okviru podešavanja, možemo svoj projekat preneti drugom korisniku ili organizaciji na GitHub-u uz pomoć opcije Transfer ownership. Na taj način će se premestiti čitav repozitorijum sa svim pratiocima i zvezdama na drugo mesto ali će se izvršiti preusmeravanje sa našeg URL-a na novi.

Pored rada na sopstvenom projektu, Git nam omogućava da doprinesemo i postojećem projektu za koji nemamo dozvolu da izvršavamo promene, omogućavajući nam da taj projekat fork-ujemo.

6. ZAKLJUČAK

Saradnja među ljudima je veoma bitan deo ljudskih odnosa. U oblasti razvoja softvera, gde se zahteva sve veći rad u zajedničkom okruženju, kako bi se artikulisali potrebni mehanizmi, kako bi se osigurala efikasna i produktivna interakcija između programera, imati alat koji je u stanju da obavlja ovaj zadatak je od suštinskog značaja. VCS alati rešavaju ovaj problem koordinacije.

U oblasti VCS, možemo identifikovati dve glavne grupe sistema: centralizovane (CVCS) i decentralizovane ili distribuirane (DVCS). Prvi predlažu arhitekturu klijent-server gde se nalaze svi dosijei projekta i istorije verzija na centralnom serveru i korisnici se povezuju sa ovim serverom da preuzmu lokalnu kopiju skladišta, rade na tome i podnose/ažuriraju promene sa centralnim

serverom. U decentralizovanim sistemima, svaki korisnik ima lokalnu kopiju kompletnog skladišta, uključujući sve fajlove i istoriju verzija.

GitHub, kao jedan od predstavnika VCS nam omogućava da stavljamo svoje aplikacije ili kodove potpuno besplatno, kao i da kodove i aplikacije koje su postavili drugi korisnici GitHub-a koristimo potpuno besplatno. Programeri mogu da pomažu svojim kolegama tako što imaju pristup njihovom kodu.

NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva obrazovanja i nauke Republike Srbije u okviru projekta TR32044 “Razvoj softverskih alata za analizu i poboljšanje poslovnih procesa”, 2011-2017.

LITERATURA

[1] B. de Alwis and J. Sillito, “Why are software projects moving from centralized to decentralized version control systems?” in Proceedings of the 2009 ICSE Workshop on Cooperative and Human Aspects on Software Engineering, ser. CHASE '09. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2009, pp. 36–39.

[2] CVS Project. (2005) Version Management with CVS.

[3] Sink E. “Version Control by Example“, Pyrean Gold Press, 2011.

[4] Jose A., Escobar G. “Software Development and Collaboration: Version Control Systems and Other Approaches“, 2011.

[5] Blincoe K., Sheoran J., Goggins S., Petakovic E., Damian D. “Understanding the popular users: Following, affiliation influence and leadership on GitHub“, Information and Software Technology 70 (2016) pg. 30 – 39.

[6] <https://en.wikipedia.org/wiki/GitHub>

[7] <https://www.atlassian.com/git/tutorials/setting-up-a-repository#git-init>

ULOGA INFORMACIONO TELEKOMUNIKACIONIH TEHNOLOGIJA U TRANSPORTU

ROLE OF INFORMATION TELECOMMUNICATIONS TECHNOLOGIES IN TRANSPORTATION SYSTEMS

Dr Dragica Jovanović¹, dr Zoran Bundalo¹, MSc Marko Bursać¹
Visoka železnička škola strukovnih studija¹

Sadržaj – U radu su opisani Inteligentni transportni sistemi (ITS) koji predstavljaju sistem mera i tehnologija primenjenih u transportnom sistemu, a objedinjuje informatičku i telekomunikacionu tehnologiju sa ciljem povećanja nivoa bezbednosti saobraćaja, efikasnijeg odvijanja saobraćaja sa manje zastoja i nižim nivoom zagađenja životne sredine.

Ovi sistemi imaju potencijal da pruže značajne koristi vezane za operativnu efikasnost, pouzdanost usluge, upravljanja infrastrukturom, kao i povećanu bezbednost, smanjen uticaj na okolinu i vredne informacione usluge za korisnike transporta.

Imajući u vidu da ITS uključuju širok spektar alata i usluga koje proističu iz informacionih i komunikacionih tehnologija, predstavili smo neke oblasti Informaciono telekomunikacionih tehnologija čije je poznavanje i ovladavanje sa istim, neophodno da bi se ITS-i realizovali i uspešno primenjivali.

Osim toga, analizirajna su dva primera upotrebe ITS-a i prezentovana je njigova uloga i prednosti korišćenja.

Abstract - The paper describes the Intelligent Transportation Systems (ITS), representing a system of measures and technologies applied in the transport system, and integrates information and telecommunication technology with the aim of increasing the level of traffic safety, efficient traffic flow with less downtime and lower levels of environmental pollution.

These systems have the potential to provide significant benefits related to operational efficiency, service reliability, infrastructure management, as well as increased safety, reduced environmental impact and valuable information services for transport users.

Bearing in mind that ITS include a wide range of tools and services arising from information and communication technologies, we have presented some areas of Information and telecommunication technologies whose knowledge and overcoming them, it is necessary to ITS and implemented and successfully applied.

In addition, analizirajna are two examples of the use of ITS and presented the role and benefits of trusted use.

1. UVOD

Inteligentni transportni sistemi predstavljaju, upotrebu kompjutera i komunikacionih tehnologija u cilju predupređivanja pojedinih izazova i problema koji se dešavaju na putevima, poboljšavajući bezbednost, produktivnost i opštu mobilnost, uprkos povećanju

saobraćajnog opterećenja i permanentnog porasta ugroženosti u saobraćaju.

Inteligentni transportni sistemi primenjuju sisteme telekomunikacije, kompjutera, senzora, robotike i elektronske tehnologije u cilju obezbeđivanja informacija o stanju infrastrukture u transportu - auto-puteva, puteva, tranzita i pruga - uslovima putovanja, vozilima i njihovom međusobnom komunikacijom, i u nekim slučajevima informacije vezane za vremenske i druge uslove u posmatranom okruženju i težim saobraćajnim nezgodama. Ovako predstavljen ITS kombinuje snagu informisanja sa tehnologijama kontrole i upravljanja u cilju obezbeđivanja povoljnijih uslova u saobraćaju. Još uvek, opsežna istraživanja razvoja ovih tehnologija predstavljaju istinsku revoluciju u dosadašnjim razmišljanjima o problemima transporta.

ITS je automatizovani sistem informisanja i vođenja saobraćaja koji se sastoji od hardvera i softvera. Sistemom senzora i kamera ITS registruje stanje na putevima, prugama, zatim u centralnoj jedinici obrađuje prikupljene podatke i na njih reaguje odašiljanjem adekvatnih informacija, na prvom mestu vozačima, osoblju u centrali i ostalim zainteresovanim stranama uz pomoć sistema daljinske kontrole promenljivih znakova obaveštenja (tzv. semafor-tabli).

Treba naglasiti da se ITS generalno deli na inteligentnu infrastrukturu i inteligentna vozila, pri čemu ćemo uzeti u razmatranje samo inteligentnu infrastrukturu. Sve veći zahtevi za mobilnost ljudi i robe zahtevaju primenu informaciono/komunikacionih tehnologija i sistema za podršku sigurnijem i efikasnijem transportu i upravljanju flotom vozila i definišu oblast istraživanja i razvoja nazvanu telematika (*telematics*).

Prvi telematički sistemi koji su se pojavili kasnih šezdesetih godina prošlog veka bili su kompjuterizovani sistemi kontrole signala dizajnirani tako da optimizuju protok saobraćaja u gradovima. Tokom godina se razvijao rastući broj sve sofisticiranijih proizvoda i sistema.

Aplikacije telematike, poznate i kao Inteligentni Transportni Sistemi i servisi (ITS) ili Transportni Informacioni i Kontrolni Sistemi (TICS), od sredine 90-tih predstavljaju značajnu oblast istraživanja i razvoja u okviru ICT domena. Tako su telematika i ITS uključeni u istraživačko-razvojne aktivnosti EU, kao što su ERTICO-ITS Europe (<http://www.ertico.com>) i FP7 Challenge 6 - *ICT for the intelligent vehicles and mobility services* [1].

Inteligentni transportni sistemi su razvijeni sa ciljem da se poveća efikasnost i produktivnost transporta, poboljša sigurnost u saobraćaju, smanji korišćenje fosilnih goriva i zagađivanje životne sredine [1].

U radu [2] su opisane kamere za kontrolu brzine i evropska iskustva u njihovoj primeni, sa posebnim naglaskom na efekte primene ovih ITS aplikacija.

Opseg Inteligentnih transportnih sistema uključuje sisteme za:

- automatsko upravljanje saobraćajem - podršku operacijama javnog transporta;
- upravljanje potražnjom - informisanje putnika i usluge planiranja putovanja;
- upravljanje teretom i voznim parkom - rešavanje incidenata i podršku hitnim službama i
- usluge elektronskog plaćanja i naplate putarina - napredne tehnologije u vozilu.

Opseg sistema uključuje i podršku za komercijalne usluge transporta tereta i javnog prevoza, kao i telematiku u vozilu i informisanje putnika. Oni se šire na sve vidove transporta – ne samo na drumski, već i železnički, vodeni i vazdušni. Da bismo mogli da iskoristimo njihov maksimalni potencijal, važno je da ovi sistemi rade na koordiniran način u celoj transportnoj mreži, ne samo na nacionalnom, već i na evropskom nivou. Ovo se može postići ukoliko postoji slaganje sa Evropskom arhitekturom ITS okvira.

ITS obuhvataju primenu novih tehnologija sa ciljem smanjenja zagušenja, troškova, povećanja nivoa bezbednosti i smanjenje negativnih uticaja saobraćaja na okruženje. Prvi put je 1980. godine korišćen termin "Intelligent transport systems". Danas ITS mogu biti [3]:

- Inteligentni Saobraćajni (Transportni) Sistemi: detektori, signali, računari, komunikacije,
- Inteligentni Saobraćajni (Transportni) Servisi: Informacije o saobraćaju i uslovima u saobraćaju, upravljanje saobraćajem na raskrsnicama mreži, vođenje vozila,
- Inteligentna Saobraćajna (Transportna) rešenja: Sveobuhvatni paket servisa.

U novoj taksonomiji definiše se 11 funkcionalnih područja primene ITS-a:

1. Informisanje putnika (*Traveller Information*)
2. Upravljanje saobraćajem (*Traffic Management and Operations*)
3. Vozila (*Vehicles*)
4. Prevoz tereta (*Freight Transport*)
5. Javni prevoz (*Public Transport Operations*)
6. Dežurne službe (*Emergency service*)
7. Elektronska plaćanja vezana za transport (*Transport related Electronic payment*)
8. Sigurnost osoba u drumskom saobraćaju (*Road Transport Related Personal Safety*)
9. Nadzor vremenskih uslova i okoline (*Weather and Enviromental Monitoring*)
10. Upravljanje odzivom na velike nezgode (*Disaster Response Management and Coordination*) i
11. Nacionalna sigurnost i zaštita (*National Security*).

2. ITS I UPRAVLJANJE SAOBRAĆAJEM

Upravljanje je skup trenutnih akcija ili akcija tokom vremena kojim se deluje na sistem sa namerom da se se realizuju ciljevi upravljanja. Upravljanje se sastoji iz:

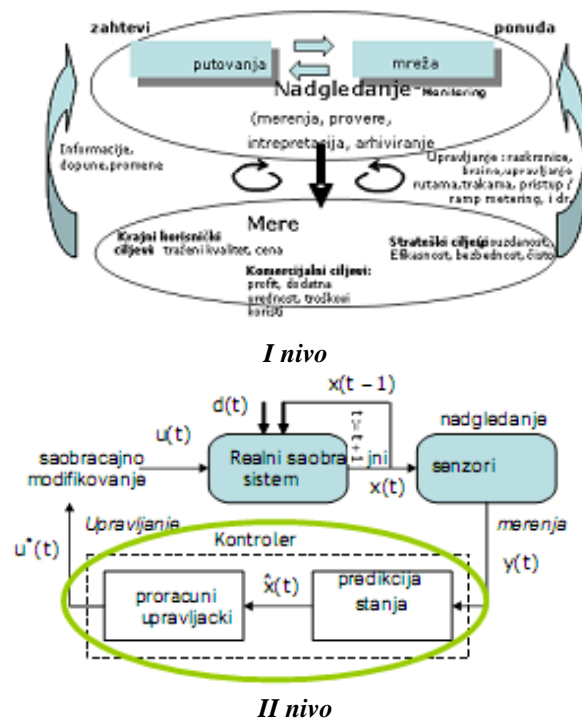
- određivanje upravljanja iz skupa dopustivih upravljačkih akcija i
- sprovođenje upravljačkih akcija.

Pojam inteligencije se definiše kao sposobnost rešavanja problema shvatanjem bitnih odnosa u datoj situaciji. Kod naprednih sistema upravljanja saobraćajem "shvatanje" bitnih odnosa zasnovano je na pravilima ili modelima. Postoji određena razlika između automatskih i adaptibilnih sistema:

- automatski sistemi se baziraju na pravilima i estimaciji i
- adaptibilni sistemi se baziraju na modelima i moguće su predikcije.

Napredne – adaptibilne metode upravljanja

Metode upravljanja na bazi modela ili adaptibilne metode upravljanja spadaju u poslednja dostignuća saobraćajne tehnologije. Ove metode zavise od online podataka, koji se dalje obrađuju u dinamičkom modelu da bi se predvidelo stanje u saobraćaju (predikcija). Uz pomoć ovog predviđenja, računar koristi algoritam optimizacije da odredi optimalno vreme (ciklus, preraspodelu zelenih vremena, fazni pomak).



Slika 1. Zahtevi i upravljanje saobraćajem [3]

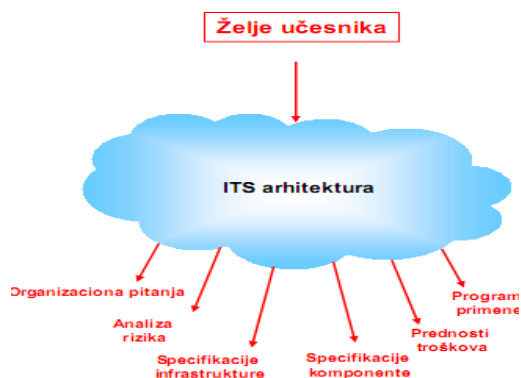
ITS i upravljanje saobraćajem možemo posmatrati kao: I deo - koji se odnosi na saobraćajne modele, optimizacije, definisanje odgovarajućih upravljačkih algoritama i usluga, vrednovanje rešenja je upravljački, saobraćajni, II deo – koji u fizičkom smislu omogućava sprovođenje upravljačkih akcija u delo je ITS (slika3).

3. ARHITEKTURA ITS-a

Arhitektura inteligentnog transportnog sistema obuhvata tehničke aspekte i povezana organizaciona, pravna i poslovna pitanja. ITS arhitektura se može stvarati na nivou nacije, regiona ili grada, ili biti vezane za specifične sektore ili usluge. One pomažu da se rezultirajuća upotreba ITS-a:

- može planirati na logičan način,
- uspešno integriše sa drugim sistemima,
- ispunjava željene nivoe performansi,
- ponaša na željeni način; - bude laka za upravljanje,
- bude laka za održavanje; - bude laka za proširivanje,
- ispunjava očekivanja korisnika.

ITS arhitektura obezbeđuje sistematski mehanizam za ostvarivanje ciljeva i zahteva svih učesnika – javne uprave, operatera transporta, ITS proizvođača ili krajnjih korisnika. Ona stoga olakšava jasnu komunikaciju između njih i predstavlja vrednu podršku donosiocima odluka.



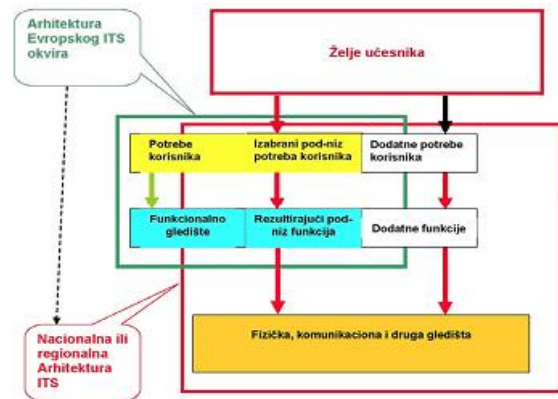
Slika 2. Uloga ITS arhitekture [4]

Jedan od glavnih elemenata ITS arhitekture jeste spisak "želja ucesnika", slika 2. On se sastoji iz ciljeva na visokom nivou i zahteva onih koji učestvuju u primeni ITS-a, npr. korisnika, operatera, regulatora i provajdera koji se obično nazivaju zajedničkim imenom "ITS ucesnici".

Ove želje se zatim pretvaraju u jednostavne izjave koje se često nazivaju "potrebe korisnika". Uz to, ITS arhitektura, slika 4. obično sadrži:

- pregled (ili konceptualni model) – dijagram na gornjem nivou koji prikazuje ceo sistem i objašnjava njegovo funkcionisanje,
- funkcionalnu (ili logicku) arhitekturu – niz dijagrama i specifikacija koji prikazuju funkcije ili procese potrebne da bi se ispunile potrebe korisnika,
- fizicku arhitekturu – niz dijagrama i specifikacija za fizicke komponente i njihove lokacije za određenu primenu i
- komunikacionu arhitekturu – analiza komunikacionih zahteva veza koje su potrebne između lokacija prikazanih u fizickoj arhitekturi.

Ostale tačke koje mogu biti uključene su organizaciona ili tačka gledišta preduzeća koja opisuje poslovne veze između organizacija i informaciona tačka gledišta koja obezbeđuje modele za ključne nizove podataka.



Slika 3. Dijagram ITS arhitekture [4]

Jednom kada se stvori ITS Arhitektura, ona se može koristiti za pružanje:

- preliminarne analize troškova i koristi utvrđujući izvore troškova i koristi, npr. ušteda od poboljšane efikasnosti transporta,
- analize rizika koja ispituje potencijalne probleme, npr. pouzdanost tehnologija, nesigurnost u pogledu izvora i obima prihoda, potencijalnih konflikta između učesnika,
- početne tačke za stvaranje Specifikacija komponente za elemente potrebne za primenu ITS,
- osnovu za neophodne specifikacije infrastrukture, uključujući standarde za komunikacione veze između komponenti i sa spoljnim interfejsima,
- ključne odrednice u programu primene u kratkom, srednjem i dugom roku, navodeći, npr. kada će biti potrebno ažurirati postojeće komponente, kada nove komponente moraju biti na raspolaganju i
- dokument o organizacionim pitanjima koji ističe aspekte koji utiču na organizaciju ITS primene, npr. veze između različitih učesnika, raspodelu prihoda, vlasništvo nad podacima, procedure za osiguravanje privatnosti podataka [4].

Dijagram na slici 3, prikazuje tipične elemente primene ITS-a u upravljanju i kontroli gradskog saobraćaja. Takvi sistemi će se najverovatnije segmentirati tokom godina, kako sredstva budu dozvoljavala, i kao odgovor na promene u transportnoj politici. Postojanje ITS arhitekture pruža sistematsku osnovu za postepeno proširenje sistema i obezbeđuje da sve aplikacije budu interoperativne.



Slika 4. Elementi ITS arhitekture

Prva nacionalna ITS arhitektura napravljena je u Sjedinjenim Američkim Državama. Finansiralo ju je Odeljenje za transporta SAD-a i objavljena je u junu 1996. godine. U SAD-u se sada očekuje da celokupna primena ITS-a bude u skladu sa ovom arhitekturom. Nakon preporuka na visokom nivou, Evropska komisija je odlučila da finansira projekat KAREN, čiji je cilj bio razvoj Evropske arhitekture ITS okvira. Prva verzija je objavljena 2000. godine. Od tog vremena je ažurirana i proširena kroz FRAME [4] projekte i koristi je sve veći broj zemalja kao osnovu za svoje nacionalne ili regionalne arhitekture [5], [6], [7].

Evropska arhitektura ITS okvira je stvorena da obezbedi fleksibilni 'okvir' na visokom nivou koji pojedinačne zemlje mogu prilagodavati sopstvenim zahtevima. Projekti nacionalnih ITS arhitekture zasnovani na Evropskoj arhitekturi ITS okvira, kao što su ACTIF (Francuska), ARTIST (Italija), TTS-A (Austrija) i TEAM (Češka Republika) stoga imaju zajednički pristup i metodologiju, ali je svaki mogao da se fokusira na aspekte od lokalne važnosti i da ih detaljnije razvije.

Izvan Evrope, druge nacije, uključujući Japan, Kinu, Čile i Australiju preduzele su slične inicijative. Uprkos razlikama u pristupima usvojenim širom sveta, postoji rastuća želja da se razmene iskustva i ispita mogućnos saradnje.

3.1. Komponente ITS arhitekture

Srž inteligentnih transportnih sistema čine:

- **centralni server** sa specijalizovanim softverskim paketom koji se nalazi u saobraćajnooperativnom centru;
- **prenosivi saobraćajni senzori** koji su elektronski povezani sa centralnim serverom;
- **saobraćajni znaci** sa promenljivim sadržajem (daljinski kontrolisane semafor-table);
- **zatvoreni kružni sistem TV kamera** koje su elektronski povezane sa centralnim serverom putem bežičnih komunikacija;
- **različiti žični i bežični sistemi prenosa podataka.** Informacije takođe mogu biti prenošene putem website-ova, pejdžerima, faxom i e-mail poštom.

Saobraćajni senzori se koriste u ITS-u predstavljaju vrhunska dostignuća tehnike. Tu spadaju:

- detektori redova/saobraćajnih tokova koji snimaju i beleže njegove promene,
- detektori ulaska vozila u određenu zonu,
- detektori prekoračenja brzine kretanja u kombinaciji sa sistemom kamera.

Bežični sistemi prenosa informacija mogu biti kratkog ili dugog dometa. Prvi su preporučeni od Ministarstva saobraćaja SAD, jer u manjoj meri zahtevaju korišćenje skupih infrastrukturnih sistema. Radio frekvencije namenjene isključivo objavljivanju važnih, unapred snimljenih informacija vozačima na određenom putnom pravcu, su deo ITS-a u mnogim zemljama (Amerika, Kanada, Francuska, Australija). Na ovim frekvencijama je zabranjeno emitovanje bilo kakvih drugih sadržaja. Ove

radio jedinice su postavljene duž puta i imaju domet od 1-6 milja.

Funkcionisanje sistema se bazira na uređajima za prikupljanje podataka koji su elektronski povezani sa centralnim serverom. Server obrađuje podatke prikupljene sistemom senzora, a zatim odašilje odgovarajuće informacije vozačima i osoblju u saobraćajnooperativnom centru.

PRIMER 1: Informacije za putnike [4].

Ovo je jedna od oblasti u kojoj se napreduje velikim koracima. Provajderi ITS usluga mogu da ponude informacije putnicima preko mnogo različitih kanala, pre i tokom putovanja, npr. uređajima u vozilu, uslugama zasnovanim na Internetu, tablama sa porukama, posebnim kioscima, mobilnim telefonima itd, pružajući podršku izboru najboljeg načina i trase, kao i informacije o troškovima puta. ITS se kreće ka pružanju kompletne 'usluge putovanja': od planiranja puta i vođenja trasom, do rezervacije karata i mesta za parking. Veze sa turističkim servisima nude dodatne usluge, kao što su rezervacija hotela, informacije o mestima koja treba posetiti itd.

Automatsko praćenje saobraćaja, vremena i uslova na putu omogućava davanje saveta putnicima o tome da li da promene trasu ili način putovanja. Vozači, na primer, mogu biti upozoreni o gužvi na putu ispred njih i mogu im se predložiti alternativni pravci, ili upotreba pravila «parkiraj i vozi se».

Putnici u javnom prevozu mogu se obaveštavati o očekivanoj satnici u vozilima, na stanicama, mobilnim telefonima ili čak na Internetu, pre nego što započnu svoje putovanje. U ovim danima međunarodnih putovanja, važno je biti u mogućnosti da se planira i dobije podrška za putovanje preko granice. To znači da informacioni sistemi u različitim zemljama moraju biti kompatibilni i interoperativni.

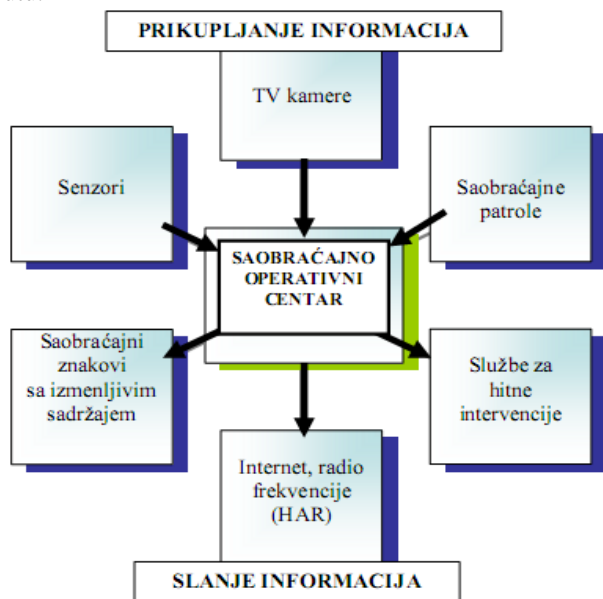


Slika 5. Elementi ITS

PRIMER 2: Primena Inteligentnih transportnih sistema u zonama radova na putu [8].

ITS preko sistema senzora i kamera registruje stanje na putevima, prugama, zatim u centralnoj jedinici obrađuje prikupljene podatke i na njih reaguje odašiljanjem

adekvatnih informacija, na prvom mestu vozačima, osoblu u centrali i ostalim zainteresovanim stranama uz pomoć sistema daljinske kontrole promenljivih znakova obaveštenja (tzv. semafor-tabli). Na slici 6. je prikazana struktura ITS-a koji se primenjuju u zonama radova na putu.



Slika 6: Struktura ITS-a koji se primenjuju u zonama radova na putu

- Saobraćaj na putu se konstantno nadzire pomoću saobraćajnih senzora koji su postavljeni na svakih 500-1000 m puta.
- Zatvoreni sistem kamera, koje su postavljene na približno svakom kilometru puta, šalje saobraćajno-operativnom centru snimke puta u realnom vremenu.
- Podaci o brzini kretanja vozila, nagomilavanju vozila, dužini toka i eventualnim incidentima se informacionim sistemom za prikupljanje podataka šalje saobraćajno operativnom centru, žičnim ili bežičnim sistemom prenosa informacija.
- Centralni server obrađuje pristigle podatke i na osnovu serije predefinisanih scenarija odabira poruku koja će biti emitovana. Ona može biti odabrana automatski ili manualno, a takođe, osoblje može kreirati potpuno novu poruku.

Identifikacija incidentnih situacija se vrši manualno, nadzorom pristiglih snimaka od strane stručnog osoblja u saobraćajno operativnom centru. Operater tada na osnovu realnih slika aktivira adekvatne službe (policija, automoto savez, hitna pomoć) čime se izbegavaju preobimne akcije u slučajevima kada za njima nema potrebe.

Tri osnovne prednosti koje nam korišćenje ITS-a u zonama radova pružaju su: povećanje propusne moći saobraćajnice, povećanje bezbednosti saobraćaja i smanjenje troškova pri rekonstrukciji i rehabilitaciji puteva.

4. INFORMACIONO TELEKOMUNIKACIONE TEHNOLOGIJE

Inteligentni transportni sistemi predstavljaju, u najopštijem smislu, upotrebu kompjutera i komunikacionih tehnologija u cilju predupređivanja pojedinih izazova i problema koji se dešavaju na putevima - prugama, poboljšavajući bezbednost, produktivnost i opštu mobilnost, uprkos povećanju saobraćajnog opterećenja i permanentnog porasta ugroženosti u saobraćaju.

Inteligentni transportni sistemi primenjuju sisteme:

- telekomunikacije,
- kompjutera,
- senzora,
- robotike i elektronske tehnologije,

u cilju obezbeđivanja informacija o stanju infrastrukture u transportu, na auto-putevima, putevima, tranzitima i prugama, o uslovima putovanja, vozilima i njihovom međusobnom komunikacijom, i u nekim slučajevima informacije vezane za vremenske i druge uslove u posmatranom okruženju i težim saobraćajnim nezgodama. Ovako predstavljen ITS kombinuje snagu informisanja sa tehnologijama kontrole i upravljanja u cilju obezbeđivanja povoljnijih uslova u saobraćaju. Još uvek, opsežna istraživanja razvoja ovih tehnologija predstavljaju istinsku revoluciju u dosadašnjim razmišljanjima o problemima transporta.

4.1. Softversko inženjerstvo

Inicijalna Strateška agenda istraživanja (SRA – Strategic Research Agenda) predstavlja rezultat inicijalnih konsultacija sa grupom od 20 eksperata iz Srbije, osmišljenih u okviru SCORE projekta finansiranog od strane EU. Glavni cilj SCORE projekta (www.score-project.eu) jeste da definiše Stratešku agendu istraživanja u oblasti IKT (informaciono komunikacionih tehnologija) za Srbiju koja će da reflektuje buduće prioritete istraživanja u ovoj oblasti. Neke oblasti definisane u SRA smo u ovom radu izložili [11].

4.2. Uloga IKT-a u procesu razvoja ITS-a

Sistemska inženjerstvo je sistematski proces koji je razvijen za izradu tehnološki kompleksnih projekata i ono se zhteva na svim značajnim projektima, kako je navedeno u 23 CFR 940.11. [12]. Pravila definisana sa WSDOT [13], određuju da se sistem inženjerski proces koristi na svim ITS projektima. Pokazano je da korišćenje sistemskog inženjerstva povećava verovatnoću uspeha projekta (da će biti završen na vreme, u okviru planiranog budžeta, da će biti efikasan sa aspekta operativnosti i održavanja).

Sistem inženjerski proces, često referisan kao “V” dijagram, je opisan u Exhibit 1050-1 [13]. On sadrži brojne korake koji nisu uključeni u tradicionalni proces razvoja projekta.

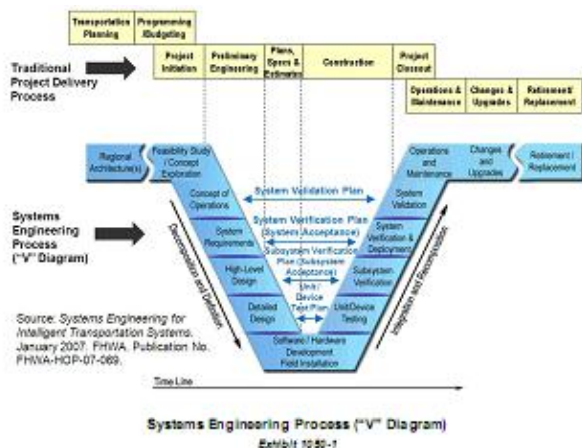
ITS projekat započinje korakom prikazanim u gornjem levom delu “V” dijagrama, slika 7 i realizuju se spuštajući

se niz "V" dijagram i potom nastavljaju uzlaznom linijom, prelazeći na desnu stranu dijagrama. Dostizanje gornjeg desnog ugla na "V" dijagramu, osigurava da će projekat ispuniti inicijalne zahteve.

Za vreme faze komponenti u okviru Detaljnog Dizajna ("Detailed Design") specifični podsistemi ili komponente (kao što su bežične komunikacije, različiti signali poruka, kamere, informacioni sistem o vremenu na putevima, radio sistem nadzora na putevima, ili softver) će se identifikovati kao potrebna specijalna znanja i iskustva.

23 CFR 940 definiše minimalni skup zahteva za ispunjavanje system inženjerskog procesa u okviru projekta. WSDOT pravila određuju da se ovi zahtevi primenjuju na svim ITS projektima. Oni uključuju sledeće:

- identifikaciju delova (portions) regionalnih ITS arhitektura koji će se implementirati, referišući se na regionalni document plana ITS architecture,
- identifikuju ulogu i odgovornosti učesnika (agencija) u procesu,
- definišu systemske zahteve (system requirements),
- obezbeđuju analizu alternativnih systemskih konfiguracija i tehnologija koji ispunjavaju zahteve,
- identifikuju procurement options,
- identifikuju primenljive ITS standarde i procedure za testiranje i
- određuju procedure i resurse neophodne za operativnost i upravljanje.



Slika 7. Sistem inženjerski proces prikazan "V" dijagramom [14]

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu smo opisali ulogu koju informaciono telekomunikacione tehnologije imaju u transportnim sistemima, a skraćeno se nazivaju Intiligentni transportni sistemi, sa osvrtom na povezanost ITS-a i funkcija upravljanja saobraćajem.

Naglašena je uloga ITS arhitekture u cilju obezbeđivanja sistematskih mehanizama za ostvarivanje ciljeva i zahteva svih učesnika (javne uprave, operatera transporta, ITS proizvođača ili krajnjih korisnika). Ona olakšava

komunikaciju između njih i predstavlja podršku donosiocima odluka.

Osim toga, pokazano je da korišćenje sistem inženjerskog procesa, često referisanog kao "V" dijagram, u procesu razvoja projekata ITS-a doprinosi postizanju uspešne realizacije projekta (da će biti završen na vreme, u okviru planiranog budžeta, da će biti efikasan sa aspekta operativnosti i održavanja).

U radu su takođe analizirana su dva primera upotrebe ITS-a i prezentovana je njihova uloga i prednosti korišćenja.

LITERATURA

- [1] D.Stojanović, I.Antolović, B. Predić, S.Đorđević-Kajan, D. Rančić, Web GIS za praćenje vozila, navigaciju i upravljanje transportom, TELFOR 2009, Beograd
- [2] N. Nikolić, Efekti primene inteligentnih transportnih sistema u kontroli brzine, VIII međ. Konf. Bezbednost saobraćaja u lokalnoj zajednici Valjevo, 2013
- [3] S. Vukanovic, Advanced traffic signal control systems are a part of its. yes or no ?, Rezultat rada na projektu Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije br. 15002
- [4] Projekti FRAME-NET i FRAME-S, planiranje savremenog transportnog sistema - vodič kroz arhitekturu inteligentnog transportnog sistema, www.frame-online.net
- [5] IST program: www.cordis.lu/ist/home.html
- [6] Informaciono društvo DG: europa.eu.int/comm/dgs/information society/index en.htm
- [7] Informacije o istraživanjima EK: www.cordis.lu/en/home.html
- [8] S. Petrović, J. Miljković, Primena inteligentnih transportnih sistema u zonama radova na putu, Privredna komora Beograda, Srbija
- [9] D.Miladinović, M. K. Banjanin, A. Dimitrijević, G. Drakulić, Multiagentna komunikacija u kontekstu inteligentnih transportnih sistema, TELFOR 2008, Beograd
- [10] Arpad Nad, Atila Nad, NADZOR I UPRAVLJANJE SAOBRAĆAJEM PREKO GSM, Preduzeće "Selma", Subotica
- [11] www.itsoverview.its.dot.gov
- [12] Code of Federal Regulations (CFR), Part 940, Intelligent Transportation System Architecture and Standards
- [13] WSDOT Design Manual M 22-01.07 July 2010
- [14] Systems Engineering for Intelligent Transportation Systems, FHWA. Publication No. FHWA-HOP-07-069., January 2007.
- [15] Projekat "Strategija planiranja, razvoja i primene ITS-a na putevima republike Srbije u funkciji bezbednosti saobraćaja" <http://ops.fhwa.dot.gov/publications/seitsguide/index.htm>

QUESTION ANSWERING SISTEMI

Vojkan Nikolić, *Ministarstvo unutrašnjih poslova Republike Srbije,*
e-mail: vojkan.nikolic.bgd@gmail.com

Momčilo Bjelica, Univerzitet u Novom Sadu, *Tehnički Fakultet "Mihajlo Pupin" Zrenjanin, Republika Srbija*
e-mail: bjelica@tfzr.uns.ac.rs

Branko Markoski, Univerzitet u Novom Sadu, *Tehnički Fakultet "Mihajlo Pupin" Zrenjanin, Republika Srbija*
e-mail: markoni@uns.ac.rs

Sanja Stanisavljev, Univerzitet u Novom Sadu, *Tehnički Fakultet "Mihajlo Pupin" Zrenjanin, Republika Srbija*
e-mail: sanja.stanisavljev@tfzr.rs

Dejan Madic, Univerzitet u Novom Sadu, *fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Novi Sad, Republika Srbija*
e-mail: dekimadic@gmail.com

Apstrakt: *Zahvaljujući širenju interneta, danas je korisnicima internet dostupna velika količina podataka. Ovi podaci mogu zadovoljiti skoro svaku potrebu za informacijama, ali bez odgovarajuće pretraživačke podrške postaju praktično neupotrebljivi. Ovakva situacija je uticala na iznalaženje novih pristupa za pronalaženje informacija, poput question answering (QA) sistema. Razvoj sistema za pronalaženje odgovora na upite postavljene prirodnim jezikom, odnosno QA sistem je raznovrstan, što treba uzeti u obzir prilikom njegovog korišćenja, zajedno sa svim njegovim specifičnostima kao što su: različiti korisnički profili, heterogeni izvori podataka, implementacione tehnologije, konkretne oblasti primene i same vrste podataka. QA sistemi daju konkretne odgovore na postavljene upite. Za razvoj QA sistema neophodan je izbor QA metoda. U radu su predstavljene osnovne QA metode i pregled okvira za razvoj QA sistema.*

Ključne reči: *text mining, QA sistem, QA metod,*

Abstract: *Thanks to the proliferation of the Internet, today's a large amount of data available to internet users. These data can satisfy almost every need for information, but without a proper search of support they become virtually unusable. This situation had an impact on finding new approaches to information retrieval, such as a Question answering (QA) system. Developing a QA system asked in a natural language, or QA system is heterogeneous, which should be taken into account when using it, along with all their specifics such as: different user profiles, heterogeneous data sources, technology implementation, specific areas of application and same types of data. QA systems provide concrete answers to the query. For the development of QA system is a necessary choice of QA methods. This paper presents the basic methods and QA review of the framework for the development of QA system.*

Key words: *text mining, QA system, QA methods, QA framework*

1. UVOD

Zahvaljujući širenju interneta, danas je njihovim korisnicima dostupna velika količina podataka. Ovi podaci mogu zadovoljiti skoro svaku potrebu za informacijama, ali bez odgovarajuće pretraživačke podrške postaju praktično neupotrebljivi. Ovakva situacija je uticala na iznalaženje novih pristupa za pronalaženje informacija, poput question answering (QA) sistema.

QA sistem je vrsta sistema za pretraživanje informacija koji obrađuju upite postavljene na prirodnom jeziku i vraćaju ili ekstrahuju odgovor iz strukturiranih (baze podataka) ili nestrukturiranih (tekstualnih) izvora. Ono što ove sisteme razlikuje od sistema za pretraživanje informacija je činjenica da se upiti postavljaju na prirodnom, govornom jeziku, a ne putem ključnih reči. To znači, da sistem mora da prepozna tip odgovora koji korisnik očekuje, kako bi mogao da vrati konkretan odgovor, pasus ili odlomak u kome se odgovor može pronaći. U principu, složenost ovih sistema leži u uspostavljanju podrazumevanih (implicitnih) odnosa između upita i odgovora. Postoje pristupi koji ove sisteme posmatraju kao korak koji vodi ka semantičkom veb-u [1].

Razvoj sistema za pronalaženje odgovora (eng. answer searching systems) na upite postavljene prirodnim jezikom, odnosno QA sistema je raznovrstan, što treba uzeti u obzir prilikom njegovog korišćenja, zajedno sa svim njegovim specifičnostima kao što su: različiti korisnički profili, heterogeni izvori podataka, implementacione tehnologije, konkretne oblasti primene i same vrste podataka. QA daju konkretne odgovore na postavljene upite [1]. U ovom trenutku, QA sistemi su fokusirani na davanje kratkih odgovora u vidu polu-informacije, definicije ili vremenske odrednice na postavljeni upit. Ako korisnik postavi upit putem interneta, npr. „Ko je naš najpoznatiji pisac i nobelovac?“, sistem treba da obezbedi sledeći odgovor: „Ivo Andrić“, kao i niz linkova ka stranicama gde je moguće pronaći informacije o nobelovcima, odnosno dodatne informacije o našem nobelovcu i njegovim romanima. Ova operacija se suštinski razlikuje od one koju vrše aktuelni

pretraživači kao što su Google ili Yahoo, gde se kao odgovor dobija niz referenci ka sajtovima koje korisnik mora sam da „prečisti“ i pregleda kako bi pronašao traženu informaciju. Ovi pretraživači, takođe, preuzimaju i informacije koje nisu u vezi sa temom pretrage, pa pronalazjenje informacija postaje složenije.

2. QA SISTEMI

Postoji nekoliko pristupa za ekstrahovanje odgovora iz običnog teksta za ovakvu vrstu upita. Većina njih koristi prednost nekih stilskih konvencija koje upravo koriste pisci pri uvođenju novih termina. Ove konvencije obuhvataju neke tipografske elemente koji mogu biti predstavljeni nizom leksičkih obrazaca. U početku, ovi obrasci su bili ručno kreirani [2,3], međutim, usled toga što su složeni za ekstrahovanje i mogu biti domenski zavisni, trenutni pristupi koji se bave ovom problematikom teže njihovom automatskom kreiranju [4,5].

Prvi pristup u arhitekturi razvoja QA sistema imao je četiri glavne komponente:

- **Klasifikator upita** (*eng. Question Classifier*). „Ubacuju“ se upiti na prirodnom jeziku i klasifikator upita odgovoran je za identifikovanje vrste upita (npr. šta, gde), vrste ekstrahovanog odgovora, fokusa odgovora i odgovarajućeg semantičkog značenja.
- **Dokument-Odgovor** (*eng. Answer Document*) je odgovoran za traženje i identifikaciju relevantnih dokumenata u kojima može biti pronađen odgovor; pretraga se vrši u okviru nestruktuiranih izvora podataka koji se mogu naći u različitim formatima.
- **Ekstrahovani kandidat odgovora** (*eng. Extract Candidate Answer*), u okviru koga se identifikuje potencijalni odgovor pronađen u relevantnim dokumentima ili izvorima selektovanim putem gore navedenih komponenti.
- **Selektovanje odgovora** (*eng. Answer Selection*) je možda najvažnija komponenta, jer ona generiše odgovor na upit [4].

Za razliku od prvog prikazanog, drugi pristup u razvoju QA sistema ima ukupno tri glavne komponente:

- **Komponenta za obradu upita** (*eng. Question Processing Component*) koja vrši tokenizaciju i tagovanje, identifikaciju ključnih reči, gramatičku analizu upita, identifikaciju dvosmislenih reči, identifikaciju tipa očekivanih odgovora i proširivanje značenja ključnih reči;
- **Komponenta za pretragu** (*eng. Search Component*) generiše upite i vrši pretraživanje izvora podataka dostupnih na veb-u;
- **Komponenta za ekstrakciju odgovora** (*eng. Answer Extraction Component*) filtrira podatke koje je pronašla komponenta za pretragu, prepoznaje entitet, identifikuje odgovor i vrši proveru ispravnosti [6].

Takođe, postoji nekoliko pristupa za davanje odgovora u vidu definicija. Većina njih koristi leksičke obrasce za ekstrahovanje odgovora na zadati upit iz kolekcije metapodataka. U zavisnosti od složenosti tražene definicije, zavisi kompleksnost upotrebe obrazaca. Na primeru prostog slučaja uvođenja nove reference u tekst, stilske konvencije moraju biti jasne. Kao posledica toga, praktični leksički obrasci moraju biti jednostavni i precizni. Pod ovom pretpostavkom, upiti kao što je „Šta je X?“ i „Ko je X?“ su lako rešivi.

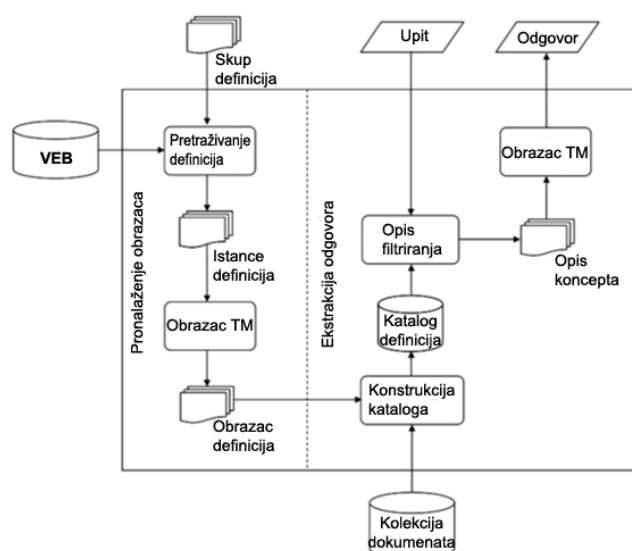
3. QA METODE

Postojeći pristupi za davanje odgovora na upite u formi definicije se međusobno razlikuju po načinu na koji određuju obrasce definicija i načinu na koji ih koriste. Postoje neki radovi koji primenjuju obrasce koji su ručno kreirani [7] i oni drugi koji automatski kreiraju obrasce iz skupa gotovih primera [4, 5]. Na primer, metod koji se bavi automatskim kreiranjem obrazaca iz španskog CLEF 2005 [8] foruma sastoji se od dva glavna koraka:

1. U prvom koraku, metod primenjuje algoritam za analizu kako bi otkrio niz tekstualnih obrazaca sa veba koji su u vezi sa postavljenom definicijom, tj. opisom. Ovi leksički obrasci omogućavaju povezivanje lica sa njihovim pozicijama (funkcijama) i akronima sa njihovim opisima. Sličan metod ovome je metod koji uzima u obzir sve otkrivene obrasce, npr. ne ocenjuje i ne selektuje analizirane šablone (*eng. mined patterns*). Stoga, glavna razlika je da dok se drugi fokusiraju na izbor malog broja veoma

preciznih obrazaca, u ovom slučaju je akcenat na otkrivanju velikog broja međusobno isključivih obrazaca.

- U drugom koraku, metod primenjuje obrasce kroz kolekciju ciljnih dokumenata, kako bi se odgovorilo na date upite. Način na koji se koriste obrasci za odgovor na upite u formi definicije je sasvim nov. U radovima [5, 2, 3] primenjuju se obrasci na skup relevantnih članaka i očekuje se da će najbolji (sa visokim preciznostima) obrasci omogućiti identifikaciju relevantnih odgovora. Nasuprot tome, sličan metod primenjuje sve otkrivene obrasce na celu kolekciju metadokumenata i kreira opšti katalog. Kada stigne upit, analizira se katalog definicija (pretražuje se po katalogu), kako bi se utvrdilo koji je odgovor najprihvatljiviji za postavljeni upit. Na ovaj način, ekstrahovanje odgovora ne zavisi od sistema za pronalaženje pasusa i koristi prednost redundantnosti cele kolekcije.



Slika.1: Generalna šema metode

Slika 1 prikazuje generalnu šemu navedene metode. Sastoji se od dva glavna modula: jedan se fokusira na otkrivanje definisanih obrazaca, a drugi na ekstrakciju odgovora. Modul za otkrivanje obrazaca koristi mali skup parova po principu termin - opis kako bi sa veb-a sakupio prošireni skup definicija datog slučaja. Potom, primenjuje metodu dubinske analize teksta nad prikupljenim slučajevima kako bi se otkrio skup definicija za osnovne obrasce.

Modul za ekstrakciju odgovora primenjuje TM obrasce preko kolekcije ciljnih dokumenata u cilju stvaranja kataloga definicija koji se sastoji od niza potencijalnih koncept - opis parova. Kasnije, u zavisnosti od upita, on iz kataloga izvlači skup povezanih opisa sve do traženog pojma. Konačno, analizira selektovane opise kako bi pronašao što adekvatniji odgovor na dati upit.

Važno je primetiti da se u ovom procesu otkrivanja obrasca vrši *off-line*, dok ekstrakcija odgovora, osim kada je u pitanju izgradnja kataloga definicija, vrši *on-line*. Takođe, važno je napomenuti da se ovaj pristup razlikuje od klasičnog QA pristupa. Predloženi metod ne razmatra nijedan modul za pronalaženje dokumenta ili pasusa.

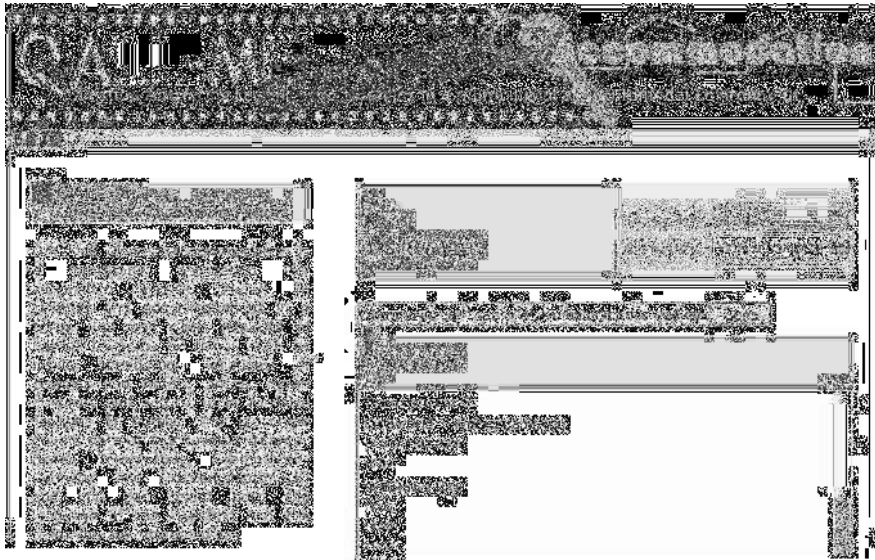
4. PREGLED OKVIRA ZA QA SISTEME

Postojeći okviri QA sistema koji su razvijeni i u upotrebi su:

- **QALL-ME.** Obezbeđuje arhitekturu koja se sastoji od tri glavna modula, održiva je i proširiva za izgradnju QA sistema na strukturiranim podacima za domen turizma. Ovaj domen je modeliran pomoću ontologije koja je korišćena kao primarni izvor primene višejezičnosti. Ona takođe koristi prostorno i vremensko zaključivanje u trenutku obrade upita i zaključivanje prilikom klasifikacije odgovora kako bi se utvrdilo koji je odgovor na postavljeni upit najprikladniji za analizu [9]. Izgled QALL-ME QA sistema prikazan je na slici 2.

- **AQUALOG.** Koristi model obrade sekvenci. Prvo se ulaz, tj. upit koje je napisan na prirodnom jeziku prevodi pomoću jezičke komponente za klasifikaciju jezika i upita (*eng. Linguistic & Query*

Classification) u niz polja definicija (subjekat, predikat i objekat) tzv. triplet. Jezička komponenta koristi skup sintaksičkih napomena koje su povezane sa ulaznim upitom (eng. NL Sentence Input) kako bi klasifikovala upit. Zatim servis za utvrđivanje relacije sličnosti (eng. *Relation Similarity Service*) uzima triplete kao ulaz za postavljeni upit koji je ontološki kompatibilan, tzv. onto-triplet. Kada onto-triplet postane validan, aktivira se sistem za logičko zaključivanje (eng. *inference engine*) koji pretražuje bazu odgovora, ali u slučaju nevažećeg onto-tripleta, da bi se dobio važeći onto-triplet, potrebno je da korisnik definiše pojedinačno značenje višeznačnih reči s obzirom na kontekst [11]. Polje za dijalog u AQUALOGQA sistemu je prikazan na slici 3.

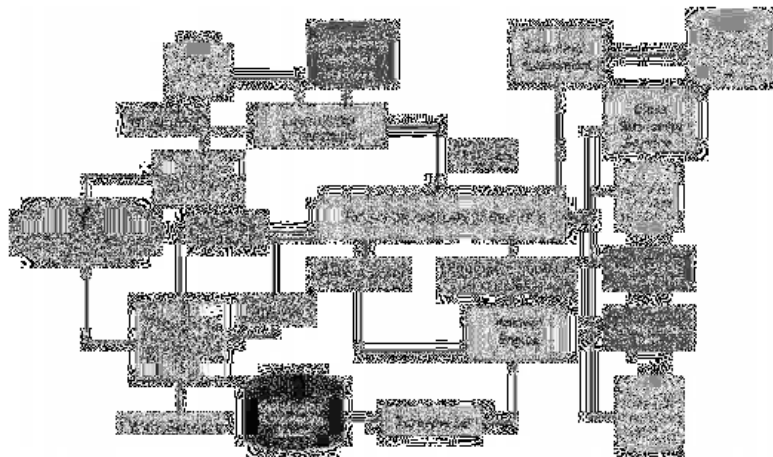


Slika 2: Izgled QALL-ME QA sistema [10]



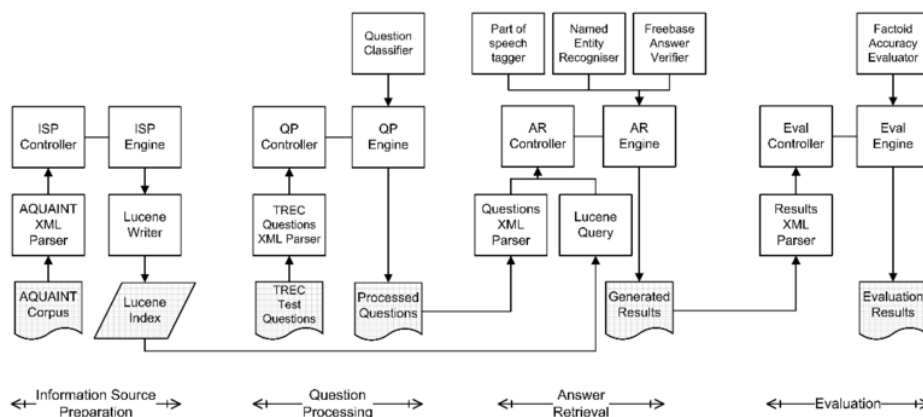
Slika 3: Polje za dijalog u AQUALOGQA sistemu

Arhitektura AQUALOG sistema je prikazana na slici 4.



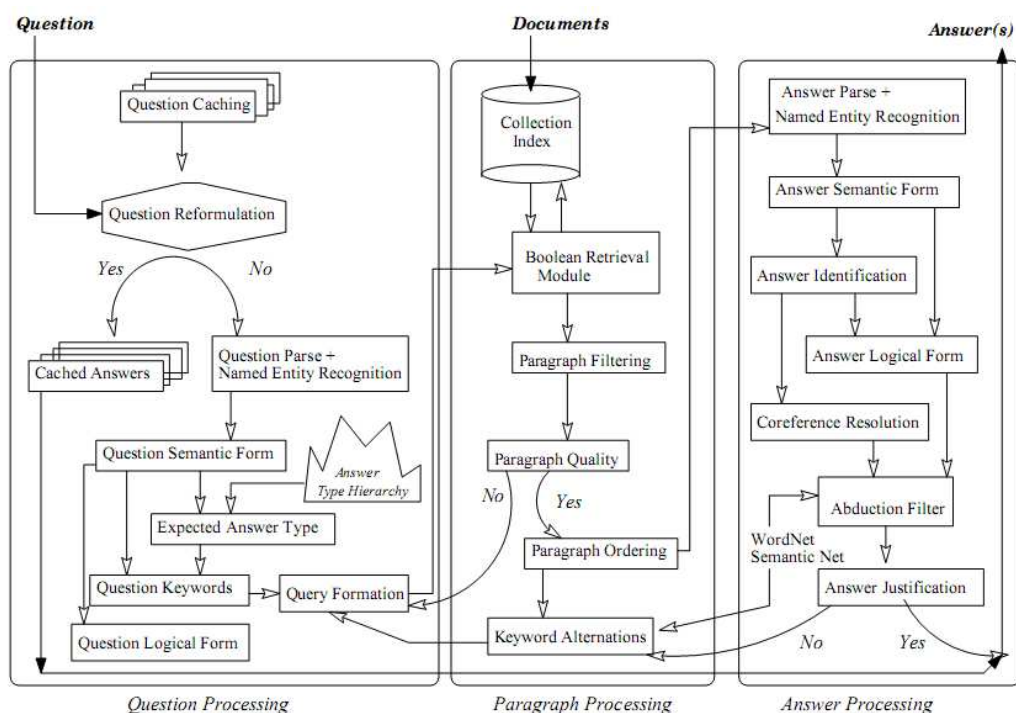
Slika 4: Arhitektura AQUALOG [12]

- **QANUS.** Okvir arhitekture QANUS usvaja segmentiran QA pristup, vršeci podelu zadatka kontrole kvaliteta u nekoliko pod zadataka: (1) priprema osnovne informacije, (2) obrada upita, (3) pronalaženje odgovora i (4) evaluacija [13]. Arhitektura QANUS sistema je data na slici 5.



Slika 5: QANUS sistem [14]

- **FALCON.** Pretraživač fokusiran na otvoreni domen (eng. open domain search engine) se zasniva na dva osnovna stanovišta. Prvo, metodi obrade prirodnog jezika (obrada upita i obrada odlomaka/pasusa) za identifikaciju semantike upita, kako bi se identifikovali eventualni odgovori u okviru kolekcije tekstova. Ove metode su specijalno dizajnirane uz tehnike za pronalaženje informacija sa ciljem preuzimanja svih tekstova iz relevantnih paragrafa. Drugo, da bi se ekstrahovao tačan odgovor (obrada odgovora), pristup velikom broju reči nije dovoljan, pa se koristi metod obrade prirodnog jezika koji je obogaćen pragmatičnim znanjem za filtriranje netačnih odgovora [15] što pomaže u proceni veličine papira i olakšava distribuiranje pre štampanja. Arhitektura FALCON sistema je prikazana na slici 6.



Slika 6: Arhitektura FALCON sistema [16]

5. ZAKLJUČAK

Sistemi za pronalaženje odgovora na upite, QA sistemi, su od velikog značenja za korisnike koji imaju potrebu da kratkim upitima dobiju konkretne informacije. Ovakvi sistemi mogu pružati odgovore korisnicima koji postavljaju upite na prirodnom jeziku što predstavlja značajnu prednost i dodatni komoditet korišćenja sistema. Ovi sistemi se razvijaju tamo gde postoji ogromna količina polustrukturiranih ili nestruktuiranih podataka, kao što su dokumenta vlada određenih zemalja i podržavaju eGovernment inicijative. Pored toga, nalaze primenu i u obrazovanju, kao i u poslovnim aplikacijama.

Prilikom razvoja QA sistema, primenjuju se posebne metode kako bi se organizovano došlo do najboljeg rešenja i održali osnovni principi razvoja. U ovom radu, predstavljena metoda preko datog algoritama daje sve faze razvoja QA sistema i na taj način dovodi do zahtevanog rešenja. Zbog važnosti, prikazana je i generalna šema predstavljene metode. Za razvoj QA sistema, od velikog značaja su i okviri za njihov razvoj. U radu je dat pregled okvira koji predstavljaju okvire za razvoj QA sistema i oni imaju veliku važnost u razvoju QA sistema.

Acknowledgment

Research was partially supported by the Ministry of Science and Technological Development of Republic of Serbia, through project no. 171039.

6. LITERATUR

- [1] G. Koteswara Rao i Shubhamoy Dey, DECISION SUPPORT FOR E-GOVERNANCE: A TEXT MINING APPROACH, International Journal of Managing Information Technology (IJMIT) Vol.3, No.3, August 2011
- [2] Hildebrandt W., Katz B., and Lin J. (2004). Answering Definition Questions Using Multiple Knowledge Sources. Proceedings of Human Language Technology Conference. Boston, USA, 2004.
- [3] Soubbotin M. M., and Soubbotin S. M. (2001). Patterns of Potential Answer Expressions as Clues to the Right Answer. Proceedings of the TREC-10 Conference. Gaithersburg, 2001.
- [4] Cui H., Kan M., and Chua T. (2004). Unsupervised Learning of Soft Patterns for Generating Definitions from Online News. Proceedings International WWW Conference. New York, USA, 2004.
- [5] Ravichandran D., and Hovy E. (2002). Learning Surface Text Patterns for a Question Answering System. Proceedings of the ACL-2002 Conference. Philadelphia, USA, 2002.
- [6] B. Magnini, M. Speranza, V. Kumar, Towards interactive question answering: an ontology-based approach, in, Berkeley, CA, 2009, pp. 612-617.
- [7] Fleischman M., Hovy E. and Echiabi A. (2003). Offline Strategies for Online Question Answering: Answering Question Before they are Asked. Proceedings of the ACL-2003, Sapporo, Japan, 2003.
- [8] <http://www.clef-initiative.eu/home;jsessionid=C302BA2AD930C7C2FC842552D364C418>

- [9] O. Ferrandez, C. Spurk, M. Kouylekov, I. Dornescu, S. Ferrandez, M. Negri, R. Izquierdo, D. Tomas, C. Orasan, G. Neumann, B. Magnini, J.L. Vicedo, The qall-me framework: a specifiable-domain multilingual question answering architecture, *Journal of web semantics*, 9 (2011) 137-145.
- [10] <http://www.slideshare.net/andreajob06/20090611-1809-teindomainoftourist>
- [11] V. Lopez, V. Uren, R. Motta, M. Pasin, Aqualog: an ontology-driven question answering system for organizational semantic intranets, *web semantics: science, services and agents on the world wide web*, 5 (2007) 72-105.
- [12] <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=D4ED7BCBDA1C7F39D592920D924F784?doi=10.1.1.678.5788&rep=rep1&type=pdf>
- [13] J.-p. Ng, m.-y. Kan, Qanus: an open-source question-answering platform, in, 2010.
- [14] <https://www.semanticscholar.org/paper/QANUS-An-Open-source-Question-Answering-Platform-Ng-Kan/0d82201e0819a64f8e7f929cc233bd29d487f721/figure/2>
- [15] S. Harabagiu, D. Moldovan, M. Pasca, R. Mihalcea, M. Surdeanu, R. Bunescu, R. Girju, V. Rus, P. Morarescu, Falcon: boosting knowledge for answer engines, in: *Proceedings of trec*, 2000.
- [16] https://www.cse.iitb.ac.in/~cs626.../group2_QuestionAnswering.ppt

UNAPREĐENJE DINAMIČKOG PROTOKOLA ZA RUTIRANJE PRIMENOM NEURALNIH MREŽA

IMPROVING THE DYNAMIC ROUTING PROTOCOL BY USING NEURAL NETWORKS

Nenad Kojić¹, Milan Pavlović¹, Natalija Vugdelija¹, Irini Reljin²

Visoka ICT škola, Beograd¹

Ministarstvo trgovine, turizma i telekomunikacija, Elektrotehnički fakultet, Beograd²

Sadržaj – Veliki broj krajnjih uređaja u računarskim mrežama i njihova nepredviđenost u smislu uključenja, dužine konekcije, a posebno u uslovima kada postoje servisi sa garantovanim kvalitetom istih kao i ugovaranje potrebnog protoka, nameće sve složeniju logiku rada protokola za rutiranje. Veliki broj dinamičkih protokola uključuje manji ili veći broj parametara na bazi kojih se donosi odluka o najboljoj putanji za rutiranje. Ovo je dodatno komplikovanije kada se radi sa dinamičkim protokolima za rutiranje kod kojih se podaci menjaju u skladu sa realnim mrežnim uslovima.

U ovom radu prikazano je jedno unapređeno rešenje OSPF protokola primenom neuralnih mreža. Prva mreža je Kohonen-ova neuralna mreža zadužena za klasterizaciju likova mreže dok je druga Hopfield-ova zadužena za izbor putanje za rutiranje.

Abstract - A large number of end devices in computer networks involves the unpredictability in terms of turning devices on into the network, duration of created connections, especially in circumstances where there are services with guaranteed quality and with required data flow. All this imposes a complex logic for routing protocols. Dynamic routing protocols include a number of parameters on the basis of which routers make decisions about the best routing path, which is further complicated when dynamic routing protocols deal with data been changing in accordance with the real network conditions. This paper suggests an advanced solution of OSPF protocol by using two neural networks. The first one is a Kohonen neural network responsible for the link clustering, and the second one is Hopfield neural network that is responsible for the proper selection of routing paths.

1. UVOD

Razvoj računarskih mreža i sofisticirani hardverski uređaji postali su sve dostupniji krajnjim korisnicima, i tako povećali broj korisnika ali i njihove zahteve [1]. Svakim danom se pojavljuju sve zahtevnije softverske aplikacije koje pored boljeg hardvera imaju zahteve za većim protocima podataka [2]. Posebno izražen trend web aplikacija i pristupa velikom broju servisa preko Interneta, pristupa multimedijalnim sadržajima a naročito sadržajima u realnom vremenu, zahtevaju vrlo racionalnu i optimizovanu upotrebu mrežnih resursa [3]. Da bi ovo bilo moguće, a pogotovu u uslovima dinamičkih topologija mreža, velikog broja bežičnih uređaja i lakog načina kreiranja peronalnih pristupnih tačaka (*access point*), uloga

algoritama za rutiranje dolazi na vrlo visok nivo u hijerarhiji poslova održavanja i upotrebe mreže [3], [4]. Algoritmi za rutiranje se svakodnevno unapređuju i sve češće se koriste njihove unapređene verzije koje uključuju primenu veštačke inteligencije sa ciljem što racionalnije upotrebe resursa mreže, ali i predikcije stanja u mreži. Postoji veliki broj algoritama koji se koriste u ruterima za potrebe pronalaženja putanje za prenos podataka između dve proizvoljne tačke [4]. Osnovna podala algoritama za rutiranje, unutar jednog autonomnog sistema, je izvršena na [1]:

1. *Distance Vector Protocols* (DVP) i

2. *Link State Protokole* (LSP).

DVP podrazumevaju razmenu informacija o mrežama, između susednih rutera, na osnovu kojih se na svakom ruteru, za svaku mrežu, određuje sledeći ruter u putanji ka određenoj. Metrika u radu ovih protokola je rastojanje između posmatranog rutera i odredišta.

LSP podrazumevaju izračunavanje putanje za rutiranje na bazi informacija o stanjima svih linkova u topologiji mreže. LSP obezbeđuju bržu konvergenciju u mreži zbog načina razmene informacija o stanju linkova i izračunavanja putanja ka određenoj mrežama. Kao najzastupljeniji primer LSP se uzima OSPF protokol, koji će se i u ovom radu koristiti kao polazni protokol sa ciljem da se analizira mogućnost njegovog unapređenja.

Polazeći od proizvoljne topologije mreže, predloženi algoritam, koristi kompletnu „infrastrukturu“ protokola OSPF [4], sa ciljem prikupljanja podataka unutar mreže, razmene informacija između rutera i sl. Za razliku od OSPF protokola koji koristi samo propusni opseg kao parametar kvaliteta linka, predlaže se uvođenje opterećenja linka, kao sume multipleksa svih podataka koji kroz dati link prolaze i zauzimaju deo propusnog opsega. Na bazi ovog podatka, izračunava se preostali propusni opseg i tako opisuje posmatrani link, sa ciljem da se primenom veštačke inteligencije na bazi ovakvih linkova pronađe najbolja putanja za rutiranje [5].

Nakon dobijanja informacija, logika koja se koristi u OSPF protokolu se menja na način da algoritam ulazi u drugu fazu rada nazvanu klasterizacija. Ovaj proces podrazumeva primenu Kohonen-ove neuralne [6] mreže sa ciljem kreiranja klastera kao logičkih struktura u proizvoljnoj topologiji mreže. Svakom klasteru pripadaju linkovi koji imaju slične parametre u smislu „poželjnosti“ da se nađu u konačnoj putanji, a to znači da imaju što veći moguć preostali propusni opseg. Ovo će se u radu detaljno opisati uz osvrt na servise koji imaju garantovani kvalitet prenosa (QoS) [1]. Na bazi klasterizovanih linkova, algoritam ulazi

u fazu rada kada se uključuje Hopfield-ova neuralna mreža sa ciljem da od linkova koji su u najboljim klasterima pronađe što kvalitetniju putanju između izvorišta i odredišta. Rezultat Hopfieldove neuralne mreže je matrica stanja \mathbf{V} koja se automatski konvertuje u format tabele za rutiranje koji je razumljiv ruteru i koga generiše i originalni protokol OSPF.

Sa ovom tabelom protokol OSPF dalje radi na način kako je sam protokl definisan, bez intervencija predloženog algoritma.

Ovaj rad je organizovan kroz šest poglavlja. Nakon Uvoda, u drugom poglavlju je u kraćim crtama objašnjen osnovni princip rada Kohonen-ove neuralne mreže, dok je u trećem poglavlju objašnjen princip rada Hopfield-ove neuralne mreže. Metodologija rada predloženog algoritma je prikazana u četvrtom poglavlju. U petom poglavlju su dati detaljni rezultati testiranja algoritma u različitim mrežnim uslovima. Na kraju rada dat je zaključak i dalje smernice u istraživanju.

2. KOHONEN-OVA NEURALNA MREŽA

Uzimajući u obzir tri glavne paradigme učenja, neuralne mreže se mogu podeliti u tri glavne kategorije: nadgledane - *supervised*, sa povratnim signalom - *reinforced* i samostalne - *unsupervised*. Samo-organizujuće mape (SOM), takođe poznate i kao Kohonen-ove mreže po njihovom izumitelju Teuvo Kohonen-u, pripadaju klasi *unsupervised* mreža [6], [7]. One same određuju reprezentaciju internih težina za prezentovane ulazne podatke, bez bilo kakvog nadzora korisnika. Samo-organizujuće mape predstavljaju vizualizacionu tehniku za predstavljanje podataka, koje redukuju dimenzije podataka kroz upotrebu samo-organizujućih neuralnih mreža [6]. Samo-organizujuće *feature* mape (*Self-organizing feature maps* - SOFM) uče da klasifikuju ulazne vektore prema tome kako su grupisani u ulaznom prostoru.

Samoorganizujuća mapa sastoji se od elemenata koji se nazivaju čvorovi ili neuroni što se može vizualizovati kao neuralna mreža u obliku matrice. Uobičajen raspored čvorova je pravilan poredak u obliku heksagonalne ili pravougaone mreže. Svakom čvoru je pridružen vektor težine iste dimenzije kao i ulazni vektori koji predstavljaju podatke, takođe pridružena je i pozicija u okviru strukture mape [7], [8].

Mnoge metode obrade podataka su bazirane na klasterizaciji Q , koje podrazumevaju podelu i grupisanje podataka na klasterne Q_i , $i = 1, \dots, C$ tako da su rastojanja podataka unutar istog klastera minimalna, dok rastojanja podataka između različitih klastera maksimalna. Pritom treba imati u vidu da svaki podatak može pripadati samo jednom klasteru. Neuralne mreže su se pokazale kao efikasan alat u pogledu klasifikacije ulaznih podataka i klasterizacije [8].

Kada su ulazni uzorci predstavljeni mreži, vrši se pretraga da bi se odabrao pobednički neuron c . Ulazni vektor \mathbf{x} u trenutku t se upoređuje sa svakim od težinskih vektora \mathbf{m}_i koji pripadaju SOM, a minimum Euklidskog rastojanja između ulaznog signala i težinskih koeficijenata neurona određuju najbolje poklapanje.

$$\|x(t) - m_c(t)\| = \min_i \{\|x(t) - m_i(t)\|\} \quad (1)$$

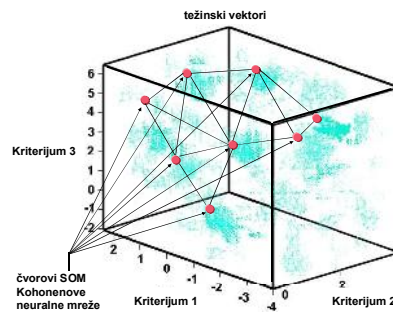
Težinski koeficijenti čvorova se tada ažuriraju uzimajući u obzir okolinu u obliku kruga oko pobedničke jedinice sa funkcijom pojačanja $\alpha(t)$ (vrednosti ove funkcije su $0 < \alpha < 1$) kao što sledi:

$$m_i(t+1) = m_i(t) + \alpha(t)[x_i(t) - m_i(t)] \quad (2)$$

Izvan ove oblasti težinski koeficijenti ostaju nepromenjeni:

$$m_i(t+1) = m_i(t) \quad (3)$$

Funkcija pojačanja je linearna, sa najvišim vrednostima u pobedničkom neuronu i najnižim na granicama oblasti. Raspored neurona u SOM gradi diskretnu aproksimaciju raspodele uzoraka koji se koriste za učenje neuralne mreže [6].



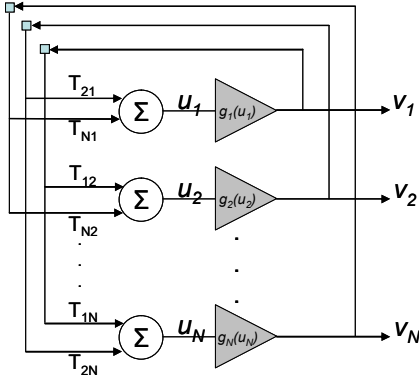
Slika 1. Raspodela čvorova u okviru SOM na osnovu ulaznih podataka

Više neurona ukazuju na regione sa visokom koncentracijom uzoraka, a manje njih regione gde su uzorci razređeni. Slika 1. pokazuje uzorke podataka kao i čvorove SOM u krajnjem stanju u koordinantnom sistemu. Krajnje stanje mape zavisi od tri glavna uslova: inicijalnih vrednosti težinskih vektora u mreži, podataka koji se koriste za obučavanje i parametara (karakteristika) mape. Konfiguracioni parametri mape kao što su broj čvorova mreže, funkcija pojačanja, stepen učenja i rastojanja čvorova predstavljaju glavne elemente koji određuju krajnji rezultat. Samo-organizujuća mapa predstavlja topološki organizator u smislu uređenja podataka, ali ne i samu proceduru za klasterizaciju [9]. Konačni težinski vektori u mapi se koriste za klasterizaciju, što omogućava formiranje klastera sa određenim linkovima mreže.

3. HOPFIELD-OVA NEURALNA MREŽA

Hopfield-ova neuralna mreža pripada grupi rekurentnih veštačkih neuralnih mreža [5]. U radu [10], Hopfield i Tank su predstavili jedno rešenje Hopfield-ove neuralne mreže namenjeno rešavanju problema trgovačkog putnika. Ovaj NP complete problem spada u red referentnih problema za testiranje ponuđenih rešenja. Pokazavši dobre rezultate na ovom primeru, predloženi Hopfield Tank model poslužio je kao polazna tačka mnogim drugim radovima koji su u korenu imali potrebu za rešavanjem optimizacionih problema [11]. U radu [11] Ali i Kamoun

predlažu rešenje koje ima za cilj traženje optimalne putanje između dve tačke. U mreži proizvoljne topologije, opisane čvorovima i linkovima između njih, svakom linku je dodeljena cena. Ova cena može biti dužina ili bilo koji drugi parametar u skladu sa problemom koji se rešava. Ovako modifikovano rešenje bazne Hopfield-ove neuralne mreže je iskorišćeno za veći broj različitih primena u oblasti optimizacije procesa rutiranja [12], [13], [14].



Slika 2. Struktura Hopfield-ove neuralne mreže.

Predloženo rešenje je dizajnirano po modelu klasičnih rekurentnih mreža [11]. Svaki od $i=1,2,\dots,N$ neurona, Slika 2, realizovan je kao sumirajući naponski pojačavač sa sigmoidalno rastućom funkcijom prenosa (aktivacionom funkcijom) [11]

$$V_i = g_i(U_i) = \frac{1}{1 + e^{-a_i \cdot U_i}} \quad (4)$$

Veličina V_i je izlaz i -tog neurona, U_i je ulaz koji je dat težinskom sumom izlaza ostalih neurona u mreži, dok konstanta a_i određuje nagib karakteristike. Izlazne vrednosti su skalirane na opseg od 0 do 1.

U Hopfield-ovoj realizaciji [11] to znači da za stabilne mreže povratne konduktanse i -tog i j -tog neurona treba da su međusobno jednake, $T_{ij}=T_{ji}$, i nema povratne veze sa izlaza na ulaz istog neurona ($T_{ii}=0$), Slika 2. U tom slučaju, i ako su pojačanja pojačavača, a , dovoljno velika (npr., $a>100$), kada je prenosna funkcija, praktično, odskočnog oblika, stabilnost Hopfield-ove mreže u smislu Ljapunova se može elegantno dokazati na osnovu ponašanja energijske funkcije, E , koja opisuje stanje mreže:

$$E = -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N T_{ij} v_j v_i - \sum_{i=1}^N I_i v_i \quad (5)$$

Energijska funkcija E kojom se može naći optimalna putanja između tačka s i d definisana je kao [11]:

$$E = \frac{\mu_1}{2} \sum_{x=1}^n \sum_{\substack{i=1 \\ (x,i) \neq (d,s)}}^n C_{xi} V_{xi} + \frac{\mu_2}{2} \sum_{x=1}^n \sum_{\substack{i=1 \\ (x,i) \neq (d,s)}}^n \rho_{xi} V_{xi} + \frac{\mu_3}{2} \sum_{x=1}^n \left\{ \sum_{\substack{i=1 \\ x \neq i}}^n V_{xi} - \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq x}}^n V_{ix} \right\}^2 + \frac{\mu_4}{2} \sum_{x=1}^n V_{xi} (1 - V_{xi}) + \frac{\mu_5}{2} (1 - V_{ds}) \quad (6)$$

U relaciji (6) matrica C predstavlja ulaznu matricu u kojoj element C_{ij} predstavlja cenu linka između rutera i i j dok matrica ρ definiše povezanosti čvorova mreže kao:

$$\rho = \begin{cases} 1, & \text{ako link od čvora } x \text{ do čvora } i \text{ ne postoji} \\ 0, & \text{u ostalim slučajevima} \end{cases} \quad (7)$$

Najveći doprinos u radu Ali i Kamouna [11] je definisanje sinaptičkih konduktansi kao konstantnog izraza definisanog kao:

$$T_{xi,yj} = \mu_4 \delta_{xy} \delta_{ij} - \mu_3 (\delta_{xy} + \delta_{ij} - \delta_{jx} - \delta_{iy}) \quad (8)$$

dok je cena linkova i informacije o konekcijama između rutera u direktnoj vezi sa bias strujom kao:

$$I_{xi} = -\frac{\mu_1}{2} C_{xi} (1 - \delta_{xd} \delta_{is}) - \frac{\mu_2}{2} \rho_{xi} (1 - \delta_{xd} \delta_{is}) - \frac{\mu_4}{2} + \frac{\mu_5}{2} \delta_{xd} \delta_{is} = \begin{cases} \frac{\mu_5}{2} - \frac{\mu_4}{2}, & \text{for } (X,i) = (d,s) \\ -\frac{\mu_1}{2} C_{xi} - \frac{\mu_2}{2} \rho_{xi} - \frac{\mu_4}{2}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (9)$$

Na ovaj način se može kreirati neuralna mreža za rešavanje problema traženja najkraće putanje koja je pogodna za realizaciju u realnom vremenu, kao i primenama za potrebe rutiranja tj. zamene Dijkstra algoritma, koji se najčešće koristi za potrebe traženja najkraće putanje. Iako je Dijkstra algoritam najkorišćeniji, on može da se primeni na traženje najkraće putanje u mrežama gde su linkovi opisani jednim brojem koji je „težina linka“. Cilj primene Hopfield-ove mreže je uključivanje većeg broja parametara kojima se opisuje link ili stanje linka, i traženje najbolje putanje u takvim uslovima rada.

4. PREDLOŽENO REŠENJE

Na bazi opisanih teorijskih osnova za rad Kohonen-ove i Hopfield-ove neuralne mreže, realizovano je predloženo rešenje dinamičkog protokola za rutiranje. Predloženi protokol je baziran na principima i postulatima rada OSPF protokola (*Open Shortest Path First*) [1], [4] koje pripada grupa dinamičkih *link-state* protokola za rutiranje. Ovaj protokol dinamički obrađuje podatke o stanjima linkova u mreže koju „nadgleda“ na način da se svaki link opisuje jedinstvenom cenom. Ova cena je u direktnoj vezi sa propusnim opsegom posmatranog linka, na način da najmanja cena linka odgovara „najvećem“ propusnom opsegu. Na ovaj način, se linkovi koji imaju najveći propusni opseg „stimulišu“ da budu u konačnoj putanji za rutiranje. Konfiguracijom na ruteru, moguće je definisati referentnu vrednost koja se koristi za dobijanje cene linka u odnosu na njen propusni opseg. Podrazumevana vrednost je 10^5 ako je propusni opseg izražen u kilobitima u sekundi, tj. 10^8 ako je propusni opseg izražen u bitima u sekundi. Propusni opseg može se konfigurirati i na interfejsu rutera. Na ovaj način, ako se koristi formula

$$CenaP = \frac{10^8}{Propusni\ opseg}$$

Za link koji ima propusni opseg veći ili jednak od 100MB/s cena linka je 1.

OSPF je vrlo korišćen protokol zato što obezbeđuje brzu konvergenciju mreže ali zahteva veće opterećenje procesora. Na osnovu svih podataka u mreži, svaki ruter kreira svoju tabelu mreže. Promene u tabelama se ažuriraju vrlo brzo, i to neperiodično, samo kada dođe do promene stanja u mreži.

Obzirom da se ove informacije nalaze u svakom ruteru, predloženo rešenje proširuje tabelu podata o propusnom opsegu sa podacima o opterećenju linka tj. količini saobraćaja kroz posmatrani link. Na ovaj način inicijalna informacija o propusnom opsegu postaje daleko kvalitetnija jer se ima uvid u razliku inicijalnog opsega i zauzetog opsega za potrebe trenutnog prenosa podataka kroz link. Ova razlika pokazuje količinu preostalog propusnog opsega koji se može koristiti za uspostavljanje drugih konekcija kroz posmatrani link.

Opterećenje kroz jedan link se posmatra kao suma svih multipeksiranih pritoka koje taj link koriste za slanje paketa kroz njega, i menja se u toku vremena.

Ako se razlika inicijalnog propusnog opsega B i zauzetog dela L , kao posledice opterećenja saobraćajem kroz link i , obeleži sa Z_i tada se link sa većim parametrom Z_i smatra „poželjnijim linkom“ da se pojavi u konačnoj putanji za rutiranje. Ovo je posebno važno kod konekcija u kojima se garantuje kvalitet servisa (QoS) i kod kojih se unapred zna da je potrebno u svakom od linkova u putanji obezbediti X bit/s propusnog opsega. Tada svi linkovi kod kojih je $Z_i < X$ nisu u skupu linkova koji su na raspolaganju algoritmu, da od njih pronade putanju za rutiranje.

Polazeći od proizvoljne topologije mreže, predloženi algoritam koristi ranije opisani način rada OSPF protokola da se o datoj mreži informiše u smislu broja rutera, broja linkova i međusobne povezanosti rutera sa linkovima. Za svaki link OSPF dohvata informaciju koja se odnosi na inicijalno definisani propusni opseg, dok se za potrebe dohvatanja informacija o zauzetosti linkova tj. njihovom opterećenju saobraćajem, predlaže upotreba mobilnog agenta [14]. Dobijanjem informacije o opterećenju, svakom linku se računa parametar Z_i , normalizuje u opseg [0-1] i konačno definiše nova cena linka kao $NC_i = 1 - Z_i$. Na ovaj način link koji ima manju cenu tj. parametar NC_i je „poželjniji“ da se nađe u konačnoj putanji.

Na bazi ovako definisanih cena linkova koristi se Kohonen-ova neuralna mreža za dinamičku klasterizaciju linkova u odnosu na njihovu novu cenu. Broj klastera se kodom može promeniti i tako postići manje ili više fina logička podela tj. grupisanje linkova po klasterima. Na ovaj način linkovi u jednom klasteru su sličnih vrednosti u smislu preostalog propusnog opsega na njima. U drugoj fazi, algoritam pokreće Hopfield-ovu neuralnu mrežu, sa sledećom energijskom funkcijom

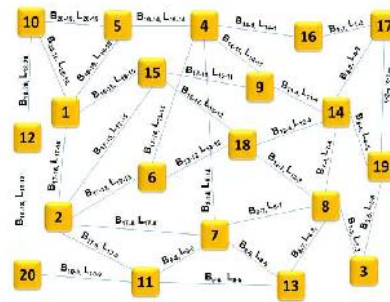
$$E = \frac{\mu_1}{2} \sum_{x=1}^n \sum_{\substack{i=1 \\ (x,i) \in (d,s)}}^n NC_{xi} V_{xi} + \frac{\mu_2}{2} \sum_{x=1}^n \sum_{\substack{i=1 \\ (x,i) \in (d,s)}}^n \rho_{xi} V_{xi} + \frac{\mu_3}{2} \sum_{x=1}^n \left\{ \sum_{i=1}^n V_{xi} - \sum_{i=1}^n V_{ix} \right\}^2 + \frac{\mu_4}{2} \sum_{x=1}^n V_{xi} (1 - V_{xi}) + \frac{\mu_5}{2} (1 - V_{ds}) \quad (7)$$

i u iterativnom postupku je minimizuje tražeći skup linkova $x-i$ takvih da se može kreirati kontinualna putanja od izvorišnog rutera A do odredišnog rutera B, u uslov da putanja ima najmanju moguću cenu [11]. Hopfield-ova mreža prvo pokušava da rešenje nađe polazeći od klastera u kome su linkovi sa najvećim slobodnim preostalim propusnim opsegom, čime se brzina rada povećava jer je broj linkova redukovan. U slučaju da je nemoguće formirati putanju od linkova prvog klastera, proširuje skup linkova drugim klasterom i tako redom.

Po završetku rada, Hopfield-ova mreža generiše matricu prelaza V [11], koja se automatski konvertuje u tabelu rutiranja koja ima standardizovani format za OSPF protokol. Polazeći od ove tabele, OSPF dalje radi kompletan proces preusmeravanja paketa, samo što je logika i kriterijumi koje inicijalno koristi OSPF delom promenjena predloženim algoritmom.

5. REZULTATI

Za potrebe simulacije, korišćena je mrežna topologija sa 20 čvorova i 35 linkova.



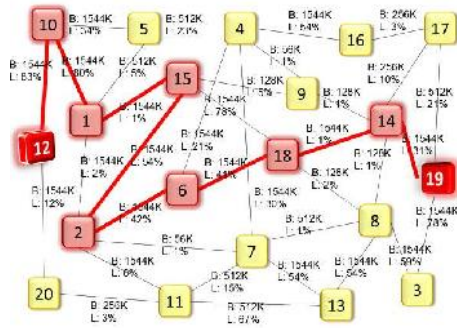
Slika 3. Prikaz mrežne topologije.

Raspodela linkova između rutera, Slika 3., izabrana je slučajno. Ruter 12 je izabran za izvorišni, dok je Ruter 19 odredišni ruter za sve simulacije. Sav kod je napisan u programskom jeziku Matlab. U Tabeli 1 prikazani su svi relevantni parametri koji se odnose na sve linkove u mreži, propusni opseg linka (B), opterećenje linka (L), raspoloživi resurs na linku (B-L), opterećenje linka u procentima i izračunata, skalirana cena linka prema opisanoj logici.

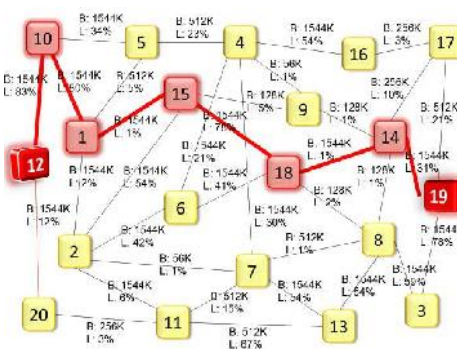
Tokom simulacije, mreža je deljena na 3, 5, 8 i 10 klastera. Rezultati izabranih putanja između Rutera 12 i Rutera 19 u sva 4 slučaja, prikazani su u Tabelama 2, 3 i 4, kao i na Slici. 4, Slici 5 i Slici 6. Tabele 2, 3 i 4 sadrže relevantne parametre linkova koji su pripali izabranoj putanji, B-L[Kb/s], L[%], zatim njihove stare i nove modifikovane cene, i konačno, broj klastera kome je svaki link pripao u procesu rangiranja klastera (manji broj znači bolju rangiranost klastera). Slike 2, 3 i 4. ilustruju izabrane putanje u mrežnoj topologiji između Rutera 12 i 19 u slučaju kada je mreža deljena na 3, 5, 8 i 10 klastera. U slučaju kada je mreža podeljena na 8, odnosno 10 klastera, izabrana je ista putanja, 12 – 10 – 5 – 1 – 2 – 6 – 4 – 7 – 8 – 3 – 19, Slika 4. Razlika je samo u konačnoj ceni izabrane putanje, manja je pri podeli mreže na 10 klastera. Prikazani su relevantni podaci linkova izabrane putanje upravo za slučaj sa 10 linkova u Tabeli 4.

TABELA 1. PRIKAZ STANJA LINKOVA U DATOJ MREŽNOJ TOPOLOGIJI.

Izvorišni čvor	Određ čvor	B [Kb/s]	L (0-255)	L [%]	B-L [Kb/s]	C (skal vred)
1	2	1544	6	2.4	1507.7	0.03733
1	5	512	13	5.1	485.9	0.10768
1	10	1544	205	80.4	302.7	0.03276
1	15	1544	3	1.2	1525.8	0.03480
2	6	1544	107	41.9	896.1	0.03489
2	7	56	3	1.2	55.3	1.00000
2	11	1544	16	6.3	1447.1	0.03417
2	15	1544	138	54.1	708.4	0.03305
3	8	1544	151	59.2	629.7	0.03499
3	19	1544	199	78.0	339.1	0.03654
4	5	512	59	23.1	393.5	0.09643
4	6	1544	54	21.2	1217.0	0.03673
4	7	1544	77	30.2	1077.8	0.03359
4	9	56	3	1.2	55.3	0.98276
4	16	1544	138	54.1	708.4	0.03622
5	10	1544	87	34.1	1017.2	0.03296
5	18	1544	107	41.9	914.3	0.03489
7	8	512	3	1.2	506.0	0.10766
7	11	512	39	15.3	433.7	0.10395
7	13	1544	138	54.1	708.4	0.03305
8	13	1544	138	54.1	708.4	0.03432
8	14	128	3	1.2	126.5	0.43063
8	18	128	5	2.0	125.5	0.43820
9	14	128	3	1.2	126.5	0.41552
9	15	128	13	5.1	121.5	0.39292
10	12	1544	212	83.1	260.4	0.03415
11	13	512	171	67.1	168.7	0.09707
11	20	256	8	3.1	248.0	0.19645
12	20	1544	29	11.8	1368.4	0.03355
14	17	256	26	10.2	229.9	0.20029
14	18	1544	3	1.2	1507.7	0.03293
14	19	1544	79	31.0	1065.7	0.03232
15	18	1544	199	78.0	339.1	0.03462
16	17	256	8	3.1	248.0	0.21533
17	19	512	54	21.2	403.6	0.10587



Slika 4. Prikaz izabrane putanje kada je vršena klasterizacija sa 3 klastera.



Slika 5. Prikaz izabrane putanje kada je vršena klasterizacija sa 5 klastera.

U daljoj analizi, pokušano je da se proverii logika opisanog algoritma i efikasnost njegovog rada. Posmatrani su scenariji koji obuhvataju testiranje algoritma kroz više realnih mrežnih okolnosti: ukidanje linkova ili rutera koji se

nalaze u izabranim putanjama (čime se simulira pad ili nedostupnost pojedinih linkova, odnosno čvorova), ali isto tako i promena topologije mreže usled dodavanja linkova ili rutera.

TABELA 2. RELEVANTNI PODACI LINKOVA KOJI PRIPADAJU IZABRANOJ PUTANJI, MREŽA PODELJENA NA 3 KLASTERA.

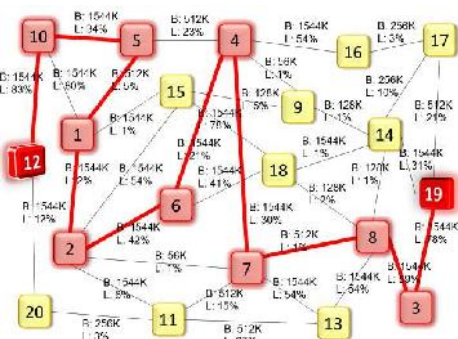
Izabrani linkovi	B - L [Kb/s]	L (%)	Skalirana cena (0 - 1)	nova cena	Broj klsatera kome link pripada
12 - 10	260.4	83.1	0.03415	0.01191	2
10 - 1	302.7	80.4	0.03276	0.01234	2
1 - 15	1525.8	1.2	0.0348	0.00141	1
15 - 2	708.4	54.1	0.03305	0.00150	1
2 - 6	914.3	41.9	0.03489	0.00144	1
6 - 18	914.3	40.8	0.03489	0.00141	1
18 - 14	1507.7	1.2	0.03293	0.00149	1
14 - 19	1065.7	31.0	0.03232	0.00152	1
Ukupna cena izabrane putanje					0.03302

TABELA 3. RELEVANTNI PODACI LINKOVA KOJI PRIPADAJU IZABRANOJ PUTANJI, MREŽA PODELJENA NA 5 KLASTERA.

Izabrani linkovi	B - L [Kb/s]	L (%)	Skalirana cena (0 - 1)	nova cena	Broj klsatera kome link pripada
12 - 10	260.4	83.1	0.03415	0.00032	1
10 - 1	302.7	80.4	0.03276	0.00258	2
1 - 15	1525.8	1.2	0.0348	0.02648	3
15 - 18	339.1	78.0	0.03462	0.00249	2
18 - 14	1507.7	1.2	0.03293	0.00244	2
14 - 19	1065.7	31.0	0.03232	0.00033	1
Ukupna cena izabrane putanje					0.03464

TABELA 4. RELEVANTNI PODACI LINKOVA KOJI PRIPADAJU IZABRANOJ PUTANJI, MREŽA PODELJENA NA 10 KLASTERA.

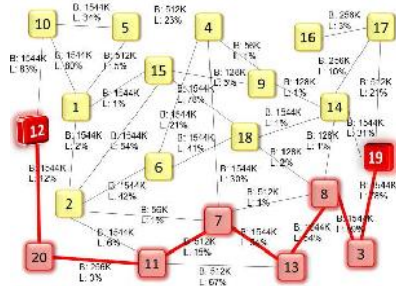
Izabrani linkovi	B - L [Kb/s]	L (%)	Skalirana cena (0 - 1)	nova cena	Broj klsatera kome link pripada
12 - 10	260.4	83.1	0.03415	0.00004	1
10 - 5	1017.2	34.1	0.03296	0.00004	1
5 - 1	485.9	5.1	0.10768	0.02367	6
1 - 2	1507.7	2.4	0.03733	0.00004	1
2 - 6	914.6	41.9	0.03489	0.00236	4
6 - 4	1217.0	21.2	0.03673	0.00004	1
4 - 7	1077.8	30.2	0.03359	0.00105	3
7 - 8	506.0	1.2	0.10766	0.00103	3
8 - 3	629.7	59.2	0.03499	0.00004	1
3 - 19	339.1	78.0	0.03654	0.00004	1
Ukupna cena izabrane putanje					0.02834



Slika 6. Prikaz izabrane putanje kada je vršena klasterizacija sa 8 i 10 klastera.

Svi slučajevi nadalje su posmatrani pri podeli mreže na 3, odnosno 10 klastera. Prvo je uknut link 4 - 16. Izabrana

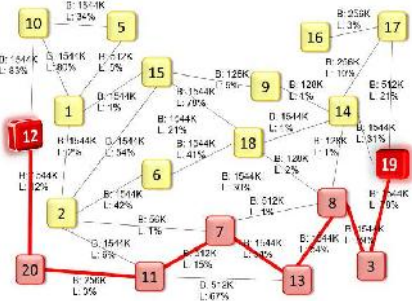
putanja je ista u oba slučaja, Slika 7. U Tabeli 5 je dat pregled relevantnih podataka linkova u izabranoj putanji za 10 klastera. Potom je ukinut Ruter 4 i svi linkovi koji su bili povezani sa tim ruterom. Rezultat je isti kao i pri ukidanju linka 4 – 16, Slika 8. Pri tumačenju ovog rezultata treba uzeti u obzir činjenicu da su linkovi u mreži 8 – 18, 8 – 14, 14 – 9, 14 – 17 i 4 – 9 linkovi sa lošijim karakteristikama, ti linkovi su u svakoj iteraciji pripali lošije rangiranim klasterima i zato oni nikada ne pripadaju izabranoj optimalnoj putanji.



Slika 7. Prikaz izabrane putanje kada je isključen link 4 – 16 i vršena klasterizacija sa 3 i 10 klastera.

TABELA 5. RELEVANTNI PODACI LINKOVA KOJI PRIPADAJU IZBRANOJ PUTANJI, ISKLJUČEN LINK 4 – 16 I MREŽA PODELJENA NA 10 KLASTERA.

Izabrani linkovi	B - L [Kb/s]	L (%)	Skalirana cena (0 - 1)	nova cena	Broj klastera kome link pripada
12 - 20	1368.4	11.8	0.03355	0.01378	7
20 - 11	248.0	3.1	0.19645	0.01428	7
11 - 7	433.7	15.3	0.10395	0.00004	1
7 - 13	708.4	54.1	0.03305	0.00259	4
13 - 8	708.4	54.1	0.03432	0.00249	4
8 - 3	629.7	59.2	0.03499	0.00245	4
3 - 19	339.1	78.0	0.03654	0.01275	7
Ukupna cena izabrane putanje					0.04838



Slika 8. Prikaz izabrane putanje kada je isključen ruter 4 i vršena klasterizacija sa 3 i 10 klastera.

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisano je jedno rešenje za unapređenje protokola OSPF u smislu proširenja parametara koje protokol koristi za potrebe rutiranja tj. formiranja ruting tabele. Predloženo rešenje je bazirano na inicijalnom radu OSPF protokola i svim njegovim funkcionalnostima za potrebe dobijanja informacija o topologiji mreže, s tim što je predložena promena definisanja cene linka kao i načina dobijanja putanje na bazi korigovanih cena. Za potrebe promene cene predloženo je uvođenje opterećenja linka, pored inicijalne informacije o propusnom opsegu, čime se dobijaju informacije o preostalom realnom propusnom

opsegu. Za potrebe promene izračunavanja putanje predložena je integrisana primena veštačkih neuralnih mreža, i u ovom slučaju Kohonen-ove i Hopfield-ove neuralne mreže. Cilj je bio analizirati teorijske osnove i opravdanost ovakvih izmena i u simulacijama proveriti da li predloženo rešenje zadovoljava neophodne uslove za rutiranje i pronalaženje kvalitetne ruting putanje. Testiranje je potvrdilo da se dobija zadovoljavajuća putanja, ali je vreme procesiranja dodatno povećano. Ovim je definisan dalji pravac u istraživanju koji ide u smeru optimizacije koda neuralnih mreža i približavanju inicijalnoj brzini rada OSPF-a. Pored ovoga, cilj je analizirati uticaj broj klastera i veličine klastera na brzinu rada u mrežama različitih topologija i automatizovati proces odlučivanja tj. pronalaženja optimalnog broja klastera za datu topologiju mreže.

LITERATURA

- [1] Computer Networking: A Top-Down Approach Featuring the Internet, Pearson Education, Inc., 2013.
- [2] G. K. Srivastava, C. Bhatnagar, Trends in Networking and Communication, Atlantic Publishers & Distributors, 2009.
- [3] S. Shakkottai, R. Srikant, Network Optimization and Control, Now Publishers, 2008.
- [4] M. Pioro, M. Deepankar, Routing, Flow and Capacity Design in Communication and Computer Networks, Elsevier Inc., 2004.
- [5] L. V. Fausett, Fundamentals of Neural Networks: Architectures, Algorithms And Applications, Prentice Hall, 1993.
- [6] T. Kohonen, Self-Organization and Associative Memory, New York, Springer-Verlag, 1988.
- [7] T. Kohonen, Self-Organizing Maps, New York, Springer-Verlag, 1997.
- [8] D. B. Johnson, D. A. Maltz, "Dynamic Source Routing in Ad Hoc Wireless Networks", Mobile Computing, sec. 5, pp. 153–181. Kluwer Academic Publishers, 1996.
- [9] N.R. Pal, J. C. Bezdec, E. C-K. Tsao, "Generalized clustering networks and Kohonen's self-organizing scheme", IEEE Trans. Neural Networks, vol. 4, no. 4, pp. 549- 557, 1993.
- [10] J.J. Hopfield, D. W Tank, "'Neural' computations of decision in optimization problems", Biol. Cybern., Vol. 52, pp. 141-152, 1985.
- [11] M. Ali, F. Kamoun, "Neural networks for shortest path computation and routing in computer networks", IEEE Trans. on Neural Networks, Vol. 4, No. 6, pp. 941-953, 1993.
- [12] N. Kojic, I. Reljin, B. Reljin, "Route selection problem based on Hopfield neural network", Radioengineering journal, Proc. of Czech and Slovak technical universities and URSI committees, ISSN 1210-2512, Vol. 22, No. 4, pp. 1182-1193, December 2013.
- [13] N. Kojic, I. Reljin, B. Reljin, "Neural Network Based Dynamic Multicast Routing", Journal of Electronics and Electrical Engineering, (Elektronika ir elektrotehnika), ISSN 1392-1215, Vol. 19, No. 3, pp. 92-97, 2013.
- [14] N. Kojic, I. Reljin, B. Reljin, "Hybrid routing protocol for wireless mesh network based on neural network", Journal Sensors, Sensors Networks, ISSN 1424-8220, Vol. 12(6), pp. 7548-7575, 2012.
- [15] N. Kojić, M. Pavlović, I. Reljin, "Dynamic routing algorithm based on artificial intelligence", ICIST 2012 - 2nd International Conference on Information Society Technology, 29.2. -3.3.2012. Kopaonik, Serbia.

UTICAJ NEIDEALNE ESTIMACIJE KANALA NA PERFORMANSE VIRTUELNIH QOSTBC SISTEMA U D2D KOMUNIKACIJAMA

IMPACT OF IMPERFECT CHANNEL ESTIMATION ON VIRTUAL QOSTBC SYSTEMS PERFORMANCES IN D2D COMMUNICATIONS

Uglješa Urošević¹, Zoran Veljović¹
Elektrotehnički fakultet, Univerzitet Crne Gore¹

Sadržaj – Naredna generacija mobilnih radio komunikacionih sistema treba da omogući prenos podataka uz značajno veće brzine prenosa, mnogo veći broj konekcija i konektovanih uređaja, veću spektralnu efikasnost, veću energetske efikasnost, poboljšan kvalitet servisa u pogledu kašnjenja prilikom prenosa podataka, kapaciteta, pouzdanosti i sigurnosti. Glavne tehnologije koje trebaju to da omoguće su masivni MIMO (Multiple-Input Multiple Output) sistemi, korišćenje frekvencija iz viših opsega, posebno mmWave (millimeter-Wave) frekvencija, P2P (Peer-to-Peer) komunikacije, heterogene mreže (HetNet - Heterogeneous Networks) itd. U ovom radu su data neka rješenja za poboljšanje performansi D2D komunikacija primjenom distribuiranih MIMO tehnika i uticaj neidealne estimacije kanala na performanse.

Abstract - The future generation of wireless networks is expected to support a significantly large amount of mobile data traffic, massive number of wireless connections and devices, increased energy and spectral efficiency, improved quality of service (QoS) in terms of communication delay, capacity, reliability and security. The main techniques that will enable these features are massive multiple-input, multiple-output (MIMO), utilization of higher frequencies, particularly millimeter-wave (mmWave) frequencies, peer-to-peer (P2P) communications, heterogeneous network (HetNet) implementation, etc. Here we present new solutions for D2D communications improvement through distributed MIMO techniques, and impact of imperfect channel estimation.

1. UVOD

Eksponencijalni rast bežičnih servisa i količine podataka, kojeg pokreću mobilni internet i pametni uređaji, je motivisao istraživanja o narednoj generaciji mobilnih radio komunikacionih sistema, odnosno o 5G mobilnim mrežama. Buduće mreže će morati da podrže multimedijalne aplikacije uz ispunjavanje određenih zahtjeva ako što su: povećanje brzine prenosa korisničkih podataka do 100 puta, end-to-end kašnjenje manje od 5ms, poboljšanu indoor pokrivenosti, povećanje spektralne i energetske efikasnosti, i tako dalje, [1], [2]. Postoji dosta različitih tehnologija koje obećavaju ispunjavanje zahtjeva 5G bežičnih komunikacionih sistemima, kao što su masivni MIMO (Multiple Input Multiple Output) sistemi, prenos na milimetarskim

talasima (mm-wave), spektralno efikasne komunikacije, odnosno kognitivne radio mreže, zgušnjavanje postojećih mobilnih mreža sa masovnim dodavanjem malih ćelija, P2P (Peer-to-Peer) komunikacije kao što su D2D (Device-to-Device), M2M (Machine-to-Machine), V2V (Vehicle-to-Vehicle), heterogene mreže (HetNet), istovremeni prenos i prijem (full duplex komunikacija), prikupljanje energije (energy harvesting), C-RAN (Cloud-based Radio Access Network), SDN (Software Defined Networks), virtuelizacija bežičnih resursa, itd., [3].

D2D komunikacije se odnose na radio tehnologiju koja omogućava uređajima da direktno komuniciraju, bez korišćenja mrežne infrastrukture. D2D komunikacije poboljšavaju spektralnu efikasnost, korisničko iskustvo, smanjuju kašnjenje prilikom prenosa podataka, povećavaju brzinu prenosa podataka...

U D2D komunikaciji korisnički podaci se direktno prenose između korisnika bez rutiranja kroz jezgro mreže. Osim toga, resursi između D2D korisnika se mogu ponovo koristiti. Sve ovo vodi ka povećanju spektralne efikasnosti, kapaciteta i smanjivanju kašnjenja usled prenosa podataka. Takođe, može doći do kolapsa komunikacionog sistema ukoliko se desi oštećenje jezgra mreže ili pristupnih mrežnih elemenata. D2D omogućava komunikaciju terminala i u tim scenarijima. Ako je bežična infrastruktura oštećena ili korisnici nisu u zoni pokrivanja bežičnom mrežom, multi-hop D2D može omogućiti komunikaciju bez učešća jezgra mreže ili čak pristup jezgru mreže. Na ovaj način se može proširiti broj bežičnih aplikacija. Mogućnosti primjene D2D uključuju lokalne usluge, hitne komunikacije, javnu bezbednost, proximity based igre i društveno umrežavanje, oglase za prolaznika, kontrolu saobraćaja i bezbjednosti, inteligentne transportne sisteme, IoT (Internet of Things), itd., [4] - [6].

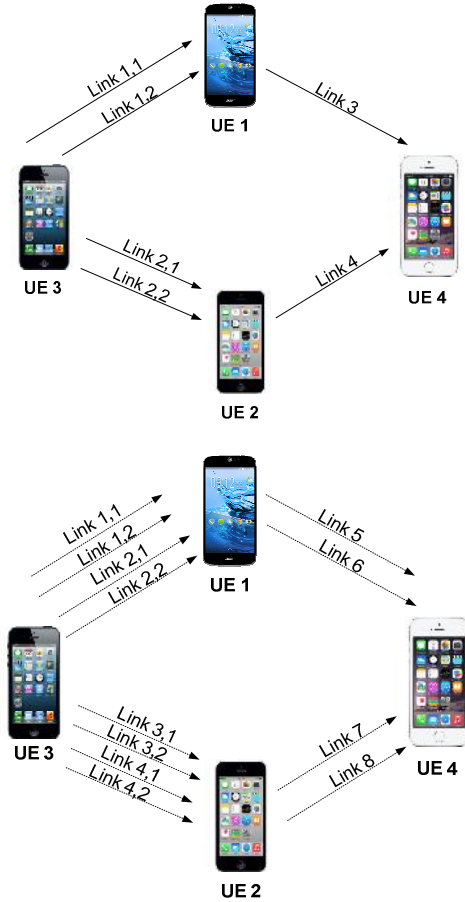
Ovdje su data rješenja za poboljšanje D2D komunikacija primjenom distribuiranih MIMO sistema. Simulacioni rezultati pokazuju benefite razmatranog pristupa i uticaj neidealne estimacije kanala na performanse.

Rad je organizovan na sledeći način. Nakon predloženih rješenja slijede simulacioni rezultati. Na kraju je dat zaključak.

2. RAZMATRANI SISTEMI

Ovdje se razmatraju dva D2D scenarija i predlažu rješenja za virtuelnu implementaciju QOSTBC (*Quasi Orthogonal Space-Time Block Code*).

U prvom scenariju je pretpostavka da UE₃ (*User Equipment*) preko dva UE prenosi podatke ka UE₄, slika 1.



Slika 1. Dva D2D scenarija

UE₃ koristi dvije predajne antene dok UE₁, UE₂ i UE₄ koriste po jednu antenu. QOSTBC za klasični MIMO sistem sa četiri predajne antene je dat sa [7] - [11]:

$$\mathbf{QOSTBC} = \frac{1}{\sqrt{4}} \begin{bmatrix} a_1 & -a_2^* & -a_3 & a_4 \\ a_2 & a_1^* & -a_4^* & -a_3 \\ a_3 & -a_4^* & a_1^* & -a_2 \\ a_4 & a_3^* & a_2^* & a_1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Ovdje je predložena sledeća kodna procedura za distribuiranu realizaciju. Za svaka četiri simbola a_i , $i=1, \dots, 4$, UE₃ generiše dve sekvence simbola:

$$\mathbf{UE}_{3,1} = \frac{1}{\sqrt{2}} [a_1 \quad -a_2^* \quad -a_3^* \quad a_4] \quad (2)$$

$$\mathbf{UE}_{3,2} = \frac{1}{\sqrt{2}} [a_2 \quad a_1^* \quad -a_4^* \quad -a_3] \quad (3)$$

Srednja snaga po simbolu je fiksirana skalirajućim faktorom $1/\sqrt{2}$. Pretpostavljeno je da su svi simboli u jednoj sekvenci pod istim uticajem fadinga.

Koeficijent kanala između i -tog, $i=1,2$, UE i j -te, $j=1,2$, antene na UE₃ je h_{ij} . Koeficijenti kanala na UE₁-UE₄ i UE₂-UE₄ linkovima su h_3 i h_4 , respektivno. Prijemna sekvencija simbola na i -tom, $i=1, 2$, UE je:

$$\mathbf{UE}_{i,\text{in}} = \sum_{j=1}^2 \mathbf{UE}_{3,j} \cdot h_{ij} + \mathbf{N}_{\text{UE},i} \quad (4)$$

$\mathbf{N}_{\text{UE},i}$ je matrica za bijeli Gausov šum (AWGN) na i -tom, $i=1,2$, UE:

$$\mathbf{N}_{\text{UE},i} = [n_{\text{UE},i,1} \quad n_{\text{UE},i,2} \quad n_{\text{UE},i,3} \quad n_{\text{UE},i,4}] \quad (5)$$

UE₁ i UE₂ generišu sledeće sekvence:

$$\mathbf{UE}_{1,\text{out}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \mathbf{UE}_{1,\text{in}} \quad (6)$$

$$\mathbf{UE}_{2,\text{out}} = \frac{1}{\sqrt{2}} [-\mathbf{UE}_{2,\text{in}}^*(3) \quad -\mathbf{UE}_{2,\text{in}}^*(4) \quad \mathbf{UE}_{2,\text{in}}^*(1) \quad \mathbf{UE}_{2,\text{in}}^*(2)] \quad (7)$$

Prijemna sekvencija simbola na UE₄ je:

$$\mathbf{UE}_{4,\text{in}} = \mathbf{UE}_{1,\text{out}} \cdot h_3 + \mathbf{UE}_{2,\text{out}} \cdot h_4 + \mathbf{N}_{\text{UE4}} \quad (8)$$

\mathbf{N}_{UE4} je AWGN matrica na MS:

$$\mathbf{N}_{\text{UE4}} = [n_{\text{UE4},1} \quad n_{\text{UE4},2} \quad n_{\text{UE4},3} \quad n_{\text{UE4},4}] \quad (9)$$

Uz dati kooperativni prenos kreira se virtuelni 4x1 MISO kanal između UE₃ i UE₄, odnosno:

$$\mathbf{UE}_{4,\text{in}} = \frac{1}{\sqrt{4}} \begin{bmatrix} a_1 & -a_2^* & -a_3 & a_4 \\ a_2 & a_1^* & -a_4^* & -a_3 \\ a_3 & -a_4^* & a_1^* & -a_2 \\ a_4 & a_3^* & a_2^* & a_1 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} H_1 \\ H_2 \\ H_3 \\ H_4 \end{bmatrix} + \mathbf{N} \quad (10)$$

gdje je $H_1 = h_{11}h_3$, $H_2 = h_{12}h_3$, $H_3 = h_{21}^*h_4$, $H_4 = h_{22}^*h_4$.

U drugom scenariju je pretpostavka da su UE₁ i UE₂ opremljeni sa po dvije antene.

Ovdje se predlaže rješenje za kooperativni prenos za kreiranje virtuelnog 8x1 MISO kanala.

QOSTBC za klasični MIMO sistem sa četiri predajne antene je dat sa [7] - [11]:

$$\mathbf{QOSTBC}_8 = \frac{1}{\sqrt{8}} \begin{bmatrix} a_1 & -a_2^* & -a_3^* & a_4 & -a_5^* & a_6 & a_7 & -a_8^* \\ a_2 & a_1^* & -a_4^* & -a_3 & -a_6^* & -a_5 & a_8 & a_7^* \\ a_3 & -a_4^* & a_1^* & -a_2 & -a_7^* & a_8 & -a_5 & a_6^* \\ a_4 & a_3^* & a_2^* & a_1 & -a_8^* & -a_7 & -a_6 & -a_5^* \\ a_5 & -a_6^* & -a_7^* & a_8 & a_1^* & -a_2 & -a_3 & a_4^* \\ a_6 & a_5^* & -a_8^* & -a_7 & a_2^* & a_1 & -a_4 & -a_3^* \\ a_7 & -a_8^* & a_5^* & -a_6 & a_3^* & -a_4 & a_1 & -a_2^* \\ a_8 & a_7^* & a_6^* & a_5 & a_4^* & a_3 & a_2 & a_1^* \end{bmatrix} \quad (11)$$

Predloženo je da za svakih osam simbola podataka a_i , $i=1, \dots, 8$, UE_3 generiše dvije sekvence simbola:

$$\text{UE3}_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} a_1 & -a_2^* & -a_3^* & a_4 & -a_5^* & a_6 & a_7 & -a_8^* \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$\text{UE3}_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} a_2 & a_1^* & -a_4^* & -a_3 & -a_6^* & -a_5 & a_7 & a_8^* \end{bmatrix} \quad (13)$$

Koeficijent kanala između i -te, $i=1,2$, antene na k -tom UE, $k=1,2$, i j -te, $j=1,2$, antene na UE_3 je $h_{k,ij}$.

Prijemna sekvenca simbola na i -toj anteni na k -tom UE je:

$$\text{UE}_{k,i,\text{in}} = \sum_{j=1}^2 \text{UE}_{3j} \cdot h_{k,ij} + \mathbf{N}_{\text{UE}_{k,i}} \quad (14)$$

$\mathbf{N}_{\text{UE}_{k,i}}$ je AWGN matrica na i -toj anteni na k -tom UE:

$$\mathbf{N}_{\text{UE}_{k,i}} = [n_{\text{UE}_{k,i1}} \quad n_{\text{UE}_{k,i2}} \quad \dots \quad n_{\text{UE}_{k,i8}}] \quad (15)$$

Ovdje, $n_{\text{UE}_{k,is}}$, $s=1, \dots, 8$ predstavlja AWGN na i -toj anteni na k -tom UE u s -tom vremenskom slotu.

Na prvoj anteni UE_1 generiše sekvencu:

$$\text{UE}_{1,1,\text{out}} = \frac{1}{\sqrt{4}} \text{UE}_{1,1,\text{in}} \quad (16)$$

Na drugoj anteni UE_1 permutuje prijemnu sekvencu simbola i generiše izlaznu sekvencu:

$$\begin{aligned} \text{UE}_{1,2,\text{out}} &= \frac{1}{\sqrt{4}} \begin{bmatrix} -\text{UE}_{1,2,\text{in}}^*(3) & -\text{UE}_{1,2,\text{in}}^*(4) & \text{UE}_{1,2,\text{in}}^*(1) \\ \text{UE}_{1,2,\text{in}}^*(2) & -\text{UE}_{1,2,\text{in}}^*(7) & -\text{UE}_{1,2,\text{in}}^*(8) & \text{UE}_{1,2,\text{in}}^*(5) & \text{UE}_{1,2,\text{in}}^*(6) \end{bmatrix} \\ & \quad (17) \end{aligned}$$

Na prvoj i drugoj anteni UE_2 generiše sekvence simbola:

$$\begin{aligned} \text{UE}_{2,1,\text{out}} &= \frac{1}{\sqrt{4}} \begin{bmatrix} -\text{UE}_{2,1,\text{in}}^*(3) & -\text{UE}_{2,1,\text{in}}^*(4) & -\text{UE}_{2,1,\text{in}}^*(1) \\ -\text{UE}_{2,1,\text{in}}^*(2) & \text{UE}_{2,1,\text{in}}^*(7) & \text{UE}_{2,1,\text{in}}^*(8) & \text{UE}_{2,1,\text{in}}^*(5) & \text{UE}_{2,1,\text{in}}^*(6) \end{bmatrix} \\ & \quad (18) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{UE}_{2,2,\text{out}} &= \frac{1}{\sqrt{4}} \begin{bmatrix} \text{UE}_{2,2,\text{in}}(3) & \text{UE}_{2,2,\text{in}}(4) & -\text{UE}_{2,2,\text{in}}(1) \\ -\text{UE}_{2,2,\text{in}}(2) & -\text{UE}_{2,2,\text{in}}(7) & -\text{UE}_{2,2,\text{in}}(8) & \text{UE}_{2,2,\text{in}}(5) & \text{UE}_{2,2,\text{in}}(6) \end{bmatrix} \\ & \quad (19) \end{aligned}$$

Koeficijenti kanala na UE_1 - UE_4 i UE_2 - UE_4 linkovima su h_5, h_6, h_7, h_8 , respektivno. Prijemna sekvenca simbola na UE_4 je:

$$\begin{aligned} \text{UE}_{4,\text{in}} &= \text{UE}_{1,1,\text{out}} \cdot h_5 + \text{UE}_{1,2,\text{out}} \cdot h_6 \\ & + \text{UE}_{2,1,\text{out}} \cdot h_7 + \text{UE}_{2,2,\text{out}} \cdot h_8 + \mathbf{N}_{\text{UE}_4} \end{aligned} \quad (20)$$

\mathbf{N}_{UE_4} je AWGN matrica na UE_4 :

$$\mathbf{N}_{\text{UE}_4} = [n_{\text{UE}_4,1} \quad n_{\text{UE}_4,2} \quad \dots \quad n_{\text{UE}_4,8}] \quad (21)$$

Uz dati kooperativni prenos kreira se virtuelni 4x1 MISO kanal između UE_3 i UE_4 , odnosno:

$$\text{UE}_{4,\text{in}} = \frac{1}{\sqrt{8}} \begin{bmatrix} a_1 & -a_2^* & -a_3^* & a_4 & -a_5^* & a_6 & a_7 & -a_8^* \\ a_2 & a_1^* & -a_4^* & -a_3 & -a_6^* & -a_5 & a_8 & a_7^* \\ a_3 & -a_4^* & a_1^* & -a_2 & -a_7^* & a_8 & -a_5 & a_6^* \\ a_4 & a_3^* & a_2^* & a_1 & -a_8^* & -a_7 & -a_6 & -a_5^* \\ a_5 & -a_6^* & -a_7^* & a_8 & a_1^* & -a_2 & -a_3 & a_4^* \\ a_6 & a_5^* & -a_8^* & -a_7 & a_2^* & a_1 & -a_4 & -a_3^* \\ a_7 & -a_8^* & a_5^* & -a_6 & a_3^* & -a_4 & a_1 & -a_2^* \\ a_8 & a_7^* & a_6^* & a_5 & a_4^* & a_3 & a_2 & a_1^* \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} H_1 \\ H_2 \\ H_3 \\ H_4 \\ H_5 \\ H_6 \\ H_7 \\ H_8 \end{bmatrix} + \mathbf{N}^T \quad (22)$$

gdje je:

$$\begin{aligned} H_1 &= h_{1,11}h_5, \quad H_2 = h_{1,12}h_5, \quad H_3 = h_{1,21}^*h_6, \quad H_4 = h_{1,22}^*h_6, \\ H_5 &= h_{2,11}^*h_7, \quad H_6 = h_{2,12}^*h_7, \quad H_7 = h_{2,21}h_8, \quad H_8 = h_{2,22}h_8. \end{aligned}$$

Treba napomenuti da se predložena rješenja mogu proširiti na veći broj antena što je posebno značajno sa stanovišta masivnih MIMO sistema.

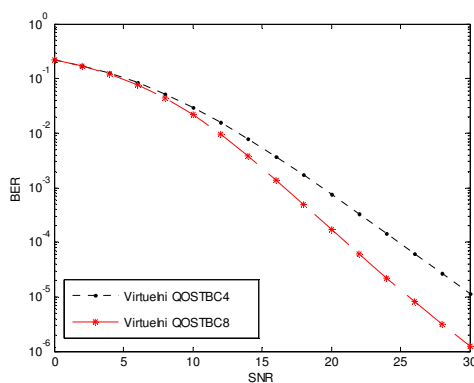
Takođe, kod razmatranih QOSTBC kodova broj prijemnih antena može biti proizvoljan, odnosno ne utiče na transmisionu šemu. Naravno, veći broj prijemnih antena znači veći red *diversity*-ja a samim tim i manju vjerovatnoću greške prilikom prenosa podataka

3. SIMULACIONI REZULTATI

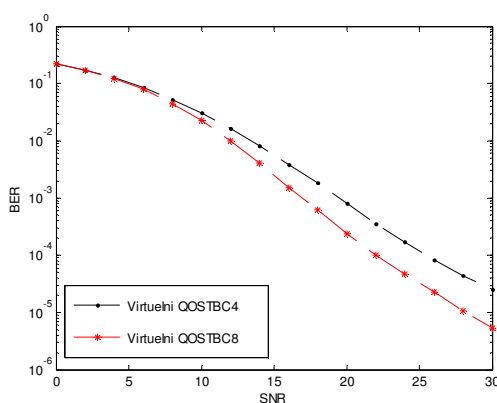
U ovoj sekciji se predložene šeme za kreiranje virtuelnog MISO kanala porede sa stanovišta vjerovatnoće greške (BER-a). Simulacioni rezultati su dati pod pretpostavkom da je mobilni radio kanal definisan *Rayleigh*-evim feding statistikom. Takođe, idealna i neidealna estimacija koeficijenata kanala je razmatrana.

Za QPSK modulaciju BER performanse u funkciji odnosa signal/šum (SNR) su date na slici 2. Kao što se očekivalo virtuelna QOSTBC₈ šema pokazuje manju vjerovatnoću greške u poređenju sa virtuelnom QOSTBC₄ šemom. U slučaju BER vrijednosti od 10^{-5} predložena virtuelna QOSTBC₈ šema zahtijeva za 4.7dB manji SNR u poređenju sa virtuelnom QOSTBC₄ šemom.

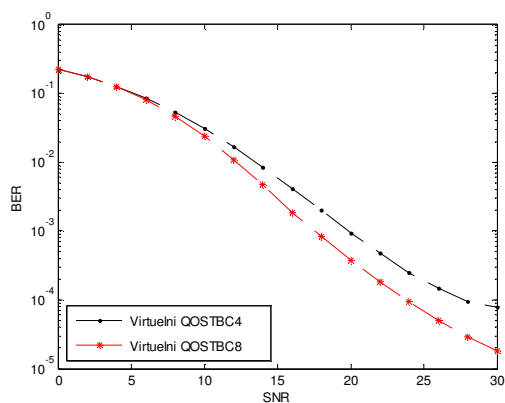
Osim idealne estimacije kanala razmatrana je i realna situacija sa neidealnom estimacijom, pri čemu su date BER performanse za QPSK modulaciju i MSPE (*Mean Square Percentage Error*) vrijednosti od 3% i 5%. Kao što se može uočiti što je veća greška prilikom estimacije lošije su BER performanse.



Slika 2. BER performanse virtuelnih QOSTBC₈ i QOSTBC₄ šema, QPSK modulacija



Slika 3. BER performanse virtuelnih QOSTBC₈ i QOSTBC₄ šema, QPSK modulacija, MSPE=3%



Slika 4. BER performanse virtuelnih QOSTBC₈ i QOSTBC₄ šema, QPSK modulacija, MSPE=5%

4. ZAKLJUČAK

Ključne tehnike koje će omogućiti ispunjavanje zahtjeva mobilnih radio komunikacionih sistema naredne generacije su masivni MIMO sistemi, prenos u mmWave frekvencijskom opsegu, odnosno korišćenje većih učestanosti, P2P komunikacije tipa D2D, V2V i sl., heterogene mreže... U ovom radu su data rješenja za

poboljšanje D2D komunikacija kroz distribuirane MIMO sisteme. Novi pristup za poboljšanje performansi virtuelnih MIMO komunikacija je objašnjen. Takođe, bitno je što se razmatrani koncept može primijeniti na veći broj antena, odnosno u scenariju gdje se primjenjuje masivni MIMO.

LITERATURA

- [1] E. Hossain, M. Hasan, "5G Cellular: Key Enabling Technologies and Research Challenges," IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, Volume 18, Issue 3, pp. 11 – 21, June 2015.
- [2] J. Guey, P. Liao, Y. Chen, A. Hsu, C. Hwang, G. Lin, "On 5G Radio Access Architecture and Technology," IEEE Wireless Communication, Volume 22, Issue 5, pp. 2 – 5, October 2015.
- [3] D. Soldani, A. Manzalini, "Horizon 2020 and Beyond: On the 5G Operating System for a True Digital Society," IEEE Vehicular Technology Magazine, Volume 10, Issue 1, pp. 32 - 42, March 2015.
- [4] K. Choi, Z. Han, "Device-to-Device Discovery for Proximity-Based Service in LTE-Advanced System," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Volume 33, Issue 1, pp. 55 – 66, January 2015.
- [5] M. Jo, T. Maksymyuk, B. Strykhaluk, C. Cho, "Device-to-device-based Heterogeneous Radio Access Network Architecture for Mobile Cloud Computing," IEEE Wireless Communications, Volume 22, Issue 3, pp. 50 – 58, June 2015.
- [6] W. Zhong, Y. Fang, S. Jin, K. Wong, "Joint Resource Allocation for Device-to-Device Communications Underlying Uplink MIMO Cellular Networks," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Volume 33, Issue 1, pp. 41 – 54, January 2015.
- [7] U. Urošević, Z. Veljović, M. Pejanović-Džurić, "MIMO Solution for Performance Improvements of OFDM-CDMA System with Pilot Tone," Wireless Networks, Volume 19, Issue 8, pp. 2021-2028, Springer, November 2013.
- [8] Kühn, Wireless Communications over MIMO Channels - Applications to CDMA and Multiple Antenna Systems, pp. 283–288, Wiley, 2006.
- [9] T. Yamaoka, Y. Hara, N. Fukui, H. Kubo and T. Yamazato, "A Simple Cooperative Relaying with Alamouti Coded Transmission," IEICE Trans. Commun., Vol. E95–B, No.2, pp. 643-646, February 2012.
- [10] U. Urošević, Z. Veljović, M. Pejanović-Džurić, "A New Solution for Simple Cooperative Relaying", Wireless Personal Communications, Vol. 75, Issue 2, pp. 1235-1250, Springer, March 2014.
- [11] V. Tarokh, H. Jafarkhani, A. R. Calderbank, "Space-Time Block Codes from Orthogonal Designs," IEEE Transactions on Information Theory, vol. 45, no. 5, pp. 1456-1467, July 1999.

MODELI INTEGRACIJE SISTEMA REGISTROVANE ELEKTRONSKE I HIBRIDNE POŠTE MODELS OF INTEGRATION SYSTEM REGISTERED ELECTRONIC AND HYBRID MAIL

Doc. dr Mihailo Jovanović, Doc. dr Dragan Đokić

JP „Pošta Srbije“

Sadržaj – U ovom radu su prikazani modeli registrovane elektronske i hibridne pošte, kao i modeli integracije ova dva sistema. Objasnjeno je kakve prednosti donosi integracija sistema registrovane elektronske i hibridne pošte kako za korisnike sistema, tako i za javnog poštanskog operatora.

Abstract - In this paper, the models of registered electronic and hybrid mail, as well as models of integration of these two systems are presented. It was explained the benefits of the integration of the system registered electronic and hybrid mail, both for end users and for the public postal operator.

1. UVOD

Globalni obimi pismonosnih usluga koje podrazumevaju manipulaciju poštom u fizičkoj formi neprestano se smanjuju. Eksplozivni razvoj informaciono-komunikacionih tehnologija, koji je najviše prepoznatljiv u svetskoj ekspanziji Interneta i mobilne telefonije, doveo je do toga da se, često previše tradicionalno orijentisani, javni poštanski operatori opredele za razvoj svoje bazične delatnosti u domenu integrisanih tehnološko-informatičkih rešenja. S obzirom na specifične zahteve korisnika, koji su zahvaljujući elektronskim pristupnim kanalima – internet i mobilnoj komunikaciji, odnosno elektronskoj pošti i SMS porukama, prestali da koriste tradicionalnu pisanu komunikaciju, poštanskim operatorima ne preostaje ništa drugo nego da omoguće elektronsku komunikaciju korisnika u svrhu održanja pismonosnih pošiljki u svojim sistemima, odnosno zaštite svojih prihoda. Dva sistema koja omogućavaju korisnicima elektronsko slanje podataka jesu **registrovana elektronska pošta** i **hibridna pošta**. Dok je **hibridna pošta (HP)** takva vrsta razmene pošiljki gde se, za razliku od tradicionalnog načina prenosa pošiljki, sadržaj pošte šalje i prenosi u elektronskoj formi, štampa i kovertira na lokaciji koja je blizu destinacije dostavljanja pošte i, na kraju, isporučuje primaocu pošte u fizičkoj formi, **registrovana elektronska pošta (REP)** vrsta je elektronske usluge koja omogućava potpunu elektronsku razmenu podataka između krajnjih korisnika po principima razmene registrovane pošte u fizičkoj formi.

Ovi sistemi predmet su i intenzivne standardizacije odgovarajućih stručnih tela Svetskog poštanskog saveza čiji je cilj da omogući integraciju i povezivanje nacionalnih sistema javnih poštanskih operatora – čime sistemi REP i HP dobijaju dodatni atribut **poštanski**. Kod **poštanske hibridne pošte (PHP)**, poštanski operator integriše kapacitete svoje hibridne pošte sa svojom mrežom dostavljanja pošiljki, značajno uvećavajući vrednost usluge uključivanjem i fizičke dostave. Ova usluga podrazumeva primenu analize načina rutiranja pošiljki,

odnosno optimizaciju transporta pošte između distribuiranih centara hibridne pošte i dinamičko korišćenje kapaciteta preradnih (*sorting*) centara poštanskog operatora. Ovaj način pružanja usluge hibridne pošte je jedinstven za poštanskog operatora koji na taj način obezbeđuje nove usluge sa dodatnom zaradom. Integracija sa mrežom dostave kod **poštanske hibridne pošte** zahteva da poštanski operator proizvodi pošiljku na taj način da je ona optimizovana za transport, preradu i dostavu. To znači da se u sistemu određuje gde će se, kada i kako pošiljka štampati. Postojanje opcije gde će se pošiljka štampati podrazumeva primenu **distribuirane hibridne pošte (DHP)**, odnosno korišćenje više distribuiranih centara za štampanje i kovertiranje ili pakovanje pošte, kao i korišćenje mogućnosti izbora jednog centra na osnovu adresnih podataka (najčešće poštanskog adresnog kôda) ili eventualno opremljenosti centra (npr. štampanje u boji). Za razliku od poštanske hibridne pošte, osnovna karakteristika **poštanske registrovane elektronske pošte (PREP)** jeste da je ova usluga u potpunosti elektronska i da obezbeđuje pouzdanu i sertifikovanu razmenu podataka između pošiljaoca, pružaoca usluge PREP i primaoca. [1]

2. REGISTROVANA ELEKTRONSKA POŠTA

Registrovana elektronska pošta – REP (*Registered eMail – ReM*) jeste vrsta elektronske usluge koja omogućava elektronsku razmenu podataka između krajnjih korisnika po principima razmene registrovane pošte u fizičkoj formi. Osnovne karakteristike ove usluge su da je ona u potpunosti elektronska i da obezbeđuje pouzdanu i sertifikovanu razmenu podataka između pošiljaoca, pružaoca usluge registrovane elektronske pošte i primaoca. U odnosu na tradicionalnu uslugu razmene elektronske pošte, sistem REP obezbeđuje uslugu poverljive elektronske komunikacije koja sadrži evidenciju slanja i prijema pošte između prethodno autentifikovanih korisnika. U svakom delu sistema REP, prilikom prenosa ili razmene elektronske pošte, vrši se evidentiranje i arhiviranje svih događaja i operacija i na taj način se omogućava pouzdana praćenje statusa pošte. Bitna odlika REP usluge je bezbedna i poverljiva razmena elektronske pošte, kod koje se svaki korak procesa razmene pošte evidentira radi eventualne pretrage od strane autentifikovanih korisnika. Zbog toga se može reći da je sistem REP elektronska verzija tradicionalne registrovane pošte u fizičkoj formi, značajno unapređena strogim procedurama autentifikacije i visokim stepenom zaštite integriteta i poverljivosti pošte, koja obezbeđuje neporecive evidencije o svim događajima i operacijama u sistemu primenom savremenih kriptografskih tehnologija. Sistem REP podrazumeva sledeće karakteristike [1], [2]:

- **bezbedno prosleđivanje i dostavljanje pošte** bez mogućnosti kompromitovanja ili izmene sadržaja (garantuje se integritet pošte) između autentifikovanih i neporecivih korisnika (pošiljaoca i primaoca) i pružaoca usluge registrovane elektronske pošte,

- **vođenje evidencije**, zahvaljujući kojem se mogu zabeležiti svi značajni događaji u sistemu,

- **notifikacija događaja**, kojom se zabeleženi pojedinačni događaji ili operacije u sistemu prosleđuju drugim učesnicima u procesu i

- **arhiviranje evidencije**, kojim se skladište i čuvaju sve evidencije radi eventualnih naknadnih pretraga i analiza.

Sistem REP sastoji se od elemenata koji treba da omoguće sledeće operacije: bezbednu i pouzdanu komunikaciju između korisnika sistema, jednostavan i siguran pristup sistemu od strane registrovanih korisnika, bezbedan i pravovremen prenos pošte (poruke) između pošiljaoca i primaoca, evidentiranje događaja u sistemu i arhiviranje evidencija, integraciju i komunikaciju sa

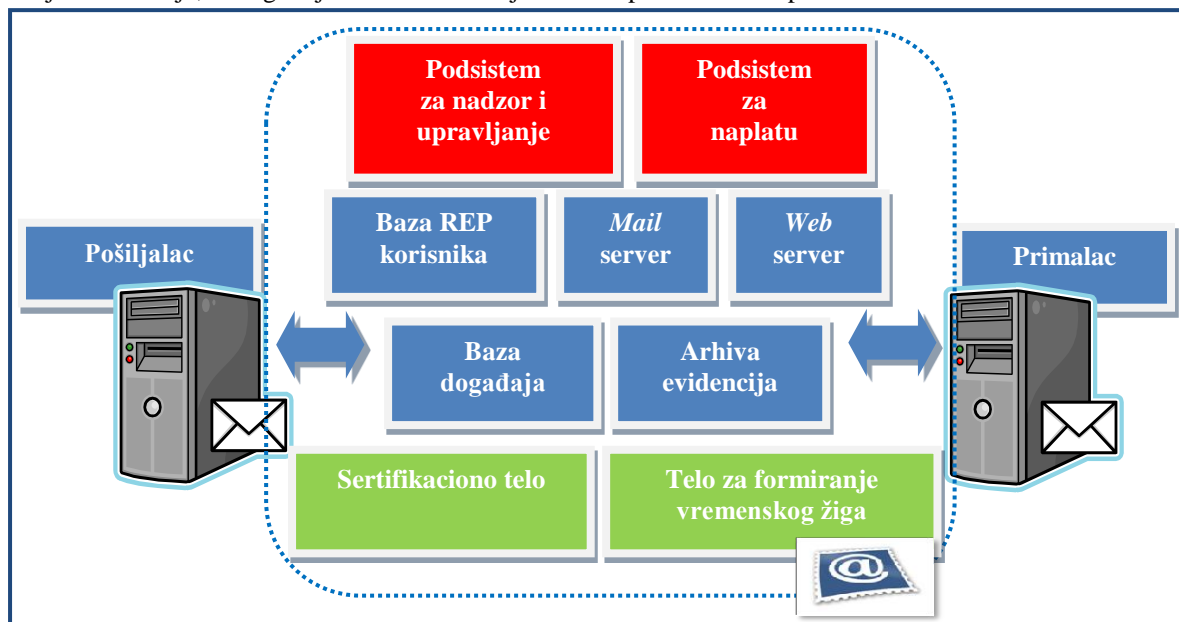
drugim sistemima REP ili tradicionalnim pružiocima usluge elektronske pošte, nadzor i upravljanje sistemom, kontrolu i evidenciju korisnika sistema i naplatu usluga. Zbog toga se elementi sistema REP, što je prikazano na slici 1, mogu sistematizovati kao:

1. Operativno-tehnički elementi sistema, koje čine:

- mail server,
- web server,
- baza REP korisnika,
- baza događaja u sistemu,
- arhiva evidencija,
- podsistem za izdavanje elektronskih sertifikata – sertifikaciono telo (*Certificate Authority – CA*) i
- podsistem za izdavanje vremenskog žiga – telo za formiranje vremenskog žiga (*Time Stamping Authority – TSA*).

2. Upravljačko-kontrolni elementi sistema, koje čine:

- podsistem za nadzor i upravljanje sistemom i
- podsistem za naplatu.



Slika 1. Osnovni model sistema registrovane elektronske pošte.

3. HIBRIDNA POŠTA

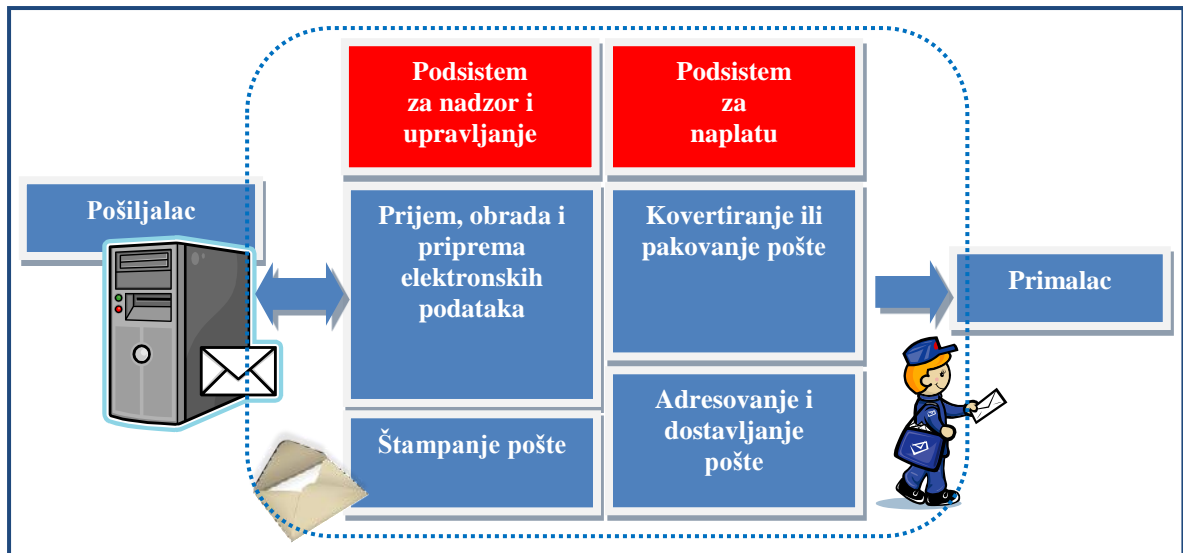
Hibridna pošta – HP (*Hybrid mail – HM*) je takva vrsta razmene pošte gde se, za razliku od tradicionalnog načina prenosa pošiljki, sadržaj pošte šalje i prenosi u elektronskoj formi, štampa na lokaciji koja je blizu destinacije dostavljanja i, na kraju, isporučuje primaocu u fizičkoj formi. Na ovaj način kombinovani elektronski i fizički način dostavljanja pošiljki u sebi sadrži nekoliko tehnoloških faza: prijem, obradu i pripremu elektronskih podataka, štampanje pošte, kovertiranje ili pakovanje pošte, adresovanje i dostavljanje pošte. Zbog toga, sistem hibridne pošte čine **operativno-tehnički elementi** (podsistem za prijem, obradu i pripremu elektronskih podataka, podsistem za štampanje pošte, podsistem za kovertiranje ili pakovanje pošte i podsistem za adresovanje i dostavljanje pošte) i **upravljačko-kontrolni elementi** (podsistem za nadzor i upravljanje i podsistem za naplatu) kao što je prikazano na slici 2. [3]

4. PREDNOSTI INTEGRACIJE DVA SISTEMA ZA KORISNIKE

Na osnovu prethodnog, opravdano se nameće pitanje integracije dva sistema, odnosno povezivanja pristupnih i dostavnih kanala sistema hibridne i registrovane elektronske pošte. Korisnicima pojedinačnih sistema njihova integracija omogućava sledeće značajne prednosti:

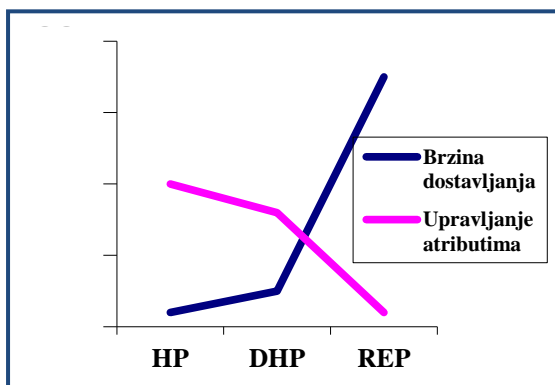
1. Mogućnost izbora na integrisanom pristupu ova dva sistema, da li žele da obave potpunu elektronsku komunikaciju, odnosno da primaocu pošalju registrovanu elektronsku poštu ili žele da se elektronski poslata pošta dostavi u fizičkoj formi kroz sistem hibridne pošte. Na ovaj način, dobija se dodatna vrednost za korisnike ovih sistema, koji na jednostavan način, zahvaljujući izvršenoj integraciji, mogu da odaberu kako način isporuke, tako i karakteristike svoje pošte. [2], [4]

2. Mogućnost izbora brzine dostavljanja i atributa pošte. Brzina dostavljanja pošte je najveća kod sistema REP, potom kod sistema DHP, dok je najmanja kod sistema HP.



Slika 2. Osnovni model sistema hibridne pošte.

Ovo je razumljivo jer je komunikacija u sistemu REP u potpunosti elektronska, u sistemu DHP je većim delom elektronska a delom se zasniva na fizičkom dostavljanju pošte, dok je u sistemu HP podjednako zastupljena elektronska komunikacija i fizička dostava. S druge strane, mogućnost upravljanja atributima pošte, koja se najviše ogleda u dodatnoj personalizaciji, izboru tipa koverta i načina kovertiranja pošte, korišćenju štampe u boji, kao i u, eventualno, dodatnim priložima i informacijama koje se mogu insertovati i dostaviti sa pošiljkom, najveća je kod sistema HP, nešto manja kod DHP i najmanja kod sistema REP, kao što je prikazano na grafiku na slici 3. [5]



Slika 3. Prikaz brzine dostavljanja pošte i upravljanja atributima pošte u sistemima HP, DHP i REP

3. Smanjenje troškova dostavljanja pošte korišćenjem dostavnih kanala sistema REP, uz zadržavanje tehnologije dostavljanja pošte u fizičkom obliku kroz sistem HP korisnicima koji nisu spremni da primaju poštu elektronskim putem. Ova mogućnost veoma je bitna velikim korisnicima integrisanog sistema HP (DHP) i REP koji na jednostavan način mogu da odaberu format dostavljanja pošte – elektronskim putem ili na tradicionalan način. Ti korisnici najčešće su velike telekomunikacione kompanije, pružaoci usluge distribucije električne energije, komunalna preduzeća, poslovne banke, osiguravajuća društva ili lokalne poreske administracije,

koji na mesečnom nivou generišu veliku količinu pošiljki konzumentima svojih usluga.

4. Brže dostavljanje pošte korišćenjem dostavnih kanala sistema REP, pa samim tim i brži i veći efekti koje ta pošta treba da ostvari: brža naplata računa, smanjenje vremena marketiranja tržišta ili efikasnije informisanje primaoca pošte. Istovremeno, korišćenjem potencijala sistema HP ili DHP za personalizaciju pošiljke i insertovanje dodatnih informacija, najčešće reklamnih flajera, korisnicima sistema je ostavljena mogućnost efikasnog upravljanja marketinškim kampanjama i ostvarivanja dodatnog prihoda.

5. Mogućnost arhiviranja pošte. Opcija arhiviranja pošte korisnicima sistema omogućava dve vrste pogodnosti. Prvo, kroz sistem REP korisniku je omogućeno da naknadno pristupi digitalnim arhivama, koje su elektronski potpisane i koje imaju dodeljen vremenski žig. Drugo, kroz sistem HP ili DHP korisniku je na lak i pristupačan način omogućeno izdavanje i dostavljanje duplikata pošte. Ove pogodnosti predstavljaju dodatnu vrednost za korisnike integrisanog sistema.

6. Zaštitu životne sredine korišćenjem sistema REP usled smanjene eksploatacije papirnih formi i emisije štetnih gasova nastalih transportom pošiljki u fizičkoj formi s jedne strane, odnosno sprečavanje digitalnih podela i zaštita ljudskih prava za one primaoce koji ne koriste elektronski način komunikacije i koji i dalje primaju poštu u fizičkoj formi, tako da je njena isporuka moguća isključivo kroz sistem HP ili DHP, s druge strane. Ove pogodnosti dodatni su motiv velikim korisnicima integrisanog sistema REP i HP (DHP) da se uključe u akciju zaštite životne sredine, ali i da istovremeno zadrže neizmenjeni, tradicionalan način dostavljanja pošte onim klijentima kojima nisu bliske elektronske komunikacije.

7. Mogućnost korisnika da poštu, koja je poslata pristupnim kanalima sistema REP sa namerom da se njena priprema i dostavljanje izvrši kroz sistem HP ili DHP, prati prvo kroz sistem REP, potom kroz podsistem za prijem, obradu i pripremu podataka u sistemu HP (DHP), a zatim i kroz *track&trace* sistem javnog poštanskog operatora. Na ovaj način korisnici, bez obzira na izbor načina

dostavljanja pošte, zadržavaju vrlo bitnu mogućnost korišćenja usluge praćenja statusa svoje pošte koja je bitna za jačanje poverenja pružaoca i korisnika usluge.

5. PREDNOSTI INTEGRACIJE DVA SISTEMA ZA JAVNE POŠTANSKE OPERATORE

S druge strane integracija sistema REP i HP donosi i mnogobrojne prednosti poštanskim operatorima među kojima se mogu izdvojiti sledeće [1], [2], [6]:

1. Jednostavan prijem pošte, kako velikih korisnika („*billing*“ tipa) tako i fizičkih lica („*mailing*“ tipa), putem integrisanih elektronskih pristupnih kanala sistema REP, HP ili DHP. Postojeći korisnici usluga sistema REP ili HP, na ovaj način, zadržavaju osećaj da i dalje koriste svoje „stare“ sisteme za slanje pošte, dok novi korisnici vrlo lako prihvataju integrisani pristup s obzirom na to da im na raspolaganju stoji mogućnost izbora načina dostavljanja pošte, uz praćenje statusa i istovremeno monitorisanje performansi oba sistema.

2. Mogućnost različite obrade i čuvanja podataka tj. pošiljki: priprema pošiljki u različitim formatima u sistemima HP ili DHP, odnosno arhiviranje i čuvanje u sistemu REP. Za poštanskog operatora veoma je bitno da ponudi sve dodatne usluge arhiviranja, čuvanja, obrade, pretrage, naknadnog pristupa, ponovnog slanja, formatiranja i personalizacije pošte, što mu je značajno olakšano integracijom dodatnih usluga koje su karakteristične za pojedinačne sisteme REP i HP (DHP).

3. Značajno smanjenje troškova planiranja, projektovanja, razvoja, eksploatacije, održavanja i upravljanja pristupnim elektronskim kanalima i informacionim sistema zahvaljujući integraciji sistema REP i HP (DHP) kroz korišćenje univerzalnih elektronskih pristupnih kanala i delova informacionog sistema koji se mogu koristiti za potrebe dva sistema (kao npr. **podсистема za nadzor i upravljanje i podсистема za naplatu**).

4. Mogućnost integracije podсистема za nadzor i upravljanje pojedinačnih sistema REP i HP u jedinstveni informacioni sistem javnog poštanskog operatora, čime se postiže kontrola svih tehnoloških i informacionih resursa, optimizacija procesa i smanjenje troškova. Istovremeno integracija jedinstvenog podсистема za nadzor i upravljanje i podсистема za naplatu sa informacionim sistemom operatora u kojem se nalaze softveri za upravljanje resursima preduzeća (**ERP**), upravljanje odnosima sa klijentima (**CRM**) i upravljanje lancem snabdevanja (**SCM**) predstavlja snažnu informatičku integraciju koja dovodi do efikasnog upravljanja integrisanim sistemom, povećanja pouzdanosti, profitabilnosti i produktivnosti, smanjenja troškova razvoja, eksploatacije i održavanja, kao i efikasnijeg upravljanja i redukcije operativnih troškova.

5. Značajno povećanje profitabilnosti, konkurentnosti, uspešnosti i bolje tržišno pozicioniranje savremenog javnog poštanskog operatora, zahvaljujući primeni modela različitih elektronskih pristupnih kanala i integraciji sistema REP i HP, kao i zajedničkom informatičkom upravljanju ovim sistemima i integraciji upravljačkog modula u jedinstveni informacioni sistem poštanskog operatora.

6. Značajno povećanje operativnosti i pojednostavljenje eksploatacije integrisanog sistema kroz korišćenje sledećih mogućnosti: istovremeno procesiranje podataka i generisanje pošiljki različitih korisnika bilo u elektronskoj, bilo u fizičkoj formi; laka obrada pošiljki (obrada elektronskih podataka, sortiranje, grupisanje, umetanje bar-kôdova i **OCR** zapisa, adresovanje, arhiviranje); automatsko transportovanje pošiljki (do različitih mašina za štampanje i pakovanje u različitim distribuiranim centrima hibridne pošte, u različitim formatima za štampanje); upravljanje dostavom pošte (mogućnost dostavljanja pošte u elektronskoj ili fizičkoj formi, u željenom vremenskom opsegu, u različitim fizičkim formatima, automatsko obeležavanje neuručene pošte, odnosno generisanje statusa neuručene ili odbijene registrovane elektronske pošte, analiza adrese neuručene fizičke pošte i mogućnost ponovnog uručenja); mogućnost arhiviranja dokumenata i izdavanja duplikata pošte koji može biti dostavljen korisniku bilo u fizičkoj bilo u elektronskoj formi; mogućnost organizovanja različitih marketinških kampanja kroz različite usluge direktne pošte sa mogućnošću izbora forme dostavljanja pošte.

6. MODELI INTEGRACIJE DVA SISTEMA

Integraciju sistema REP i HP moguće je razmotriti na osnovu osnovnih modela datih na slikama 1 i 2. Polazeći od dva sistema kod kojih pošiljaoci predaju svoju poštu putem elektronskih pristupnih kanala, dobija se integrisani model sistema REP i HP, prikazan na slici 4, kod kojeg pošiljalac može da izvrši ravnopravan izbor slanja pošte kroz jedan od dva sistema. Samim tim pošiljalac vrši izbor načina dostavljanja pošte – elektronskim putem (sistem REP) ili u fizičkoj formi (sistem HP). Kao što se može odmah uočiti sa slike 4, integracija dva sistema omogućava postojanje jednog podсистема za nadzor i upravljanje i jednog podсистема za naplatu, odnosno jedinstvenih upravljačko-kontrolnih elemenata sistema. [1]

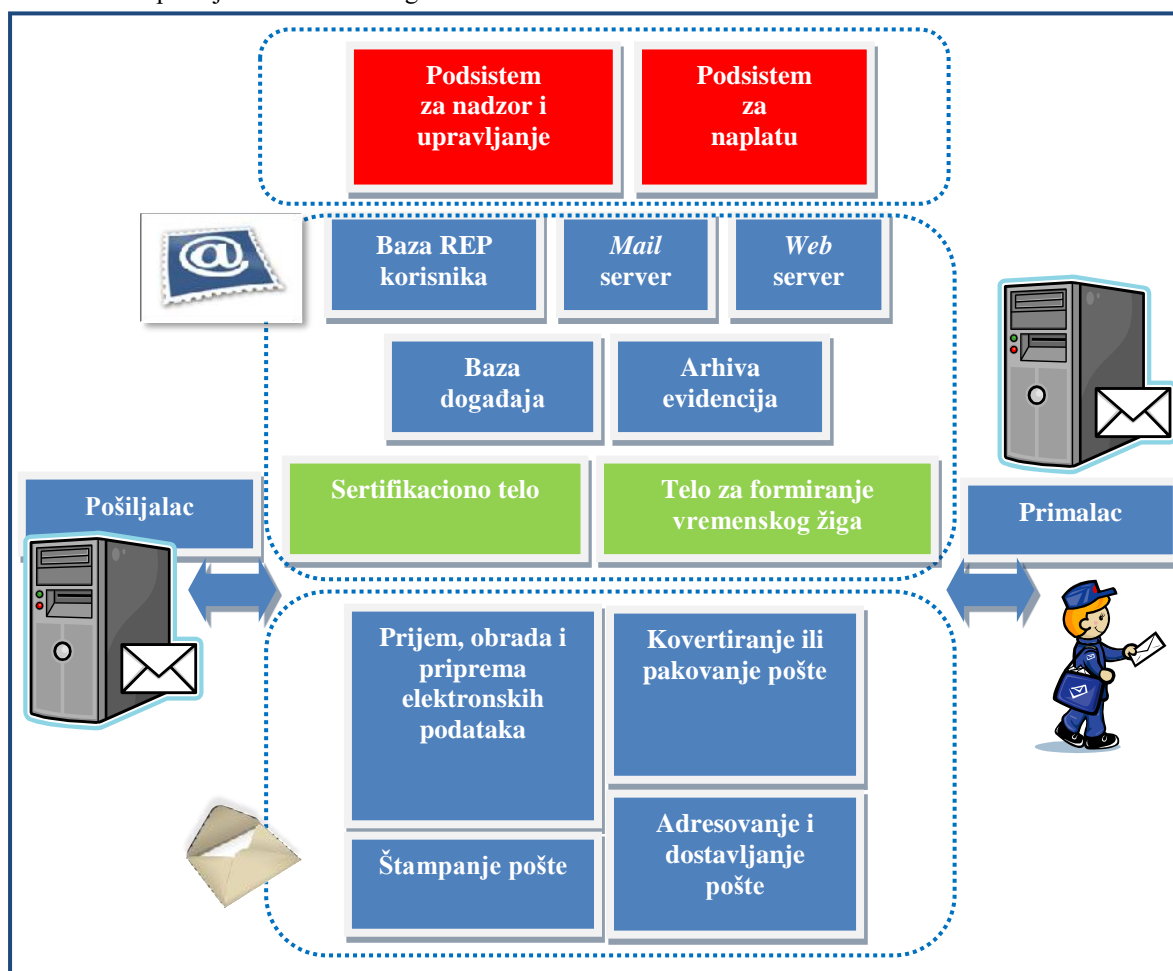
Ovo dalje znači da je omogućeno lakše upravljanje sa oba sistema i racionalizacija troškova rada sistema za naplatu koji se sada može koristiti kako za potrebe sistema REP, tako i za potrebe sistema HP. Integracija dva podсистема obezbeđuje smanjenje troškova razvoja, eksploatacije, održavanja i upravljanja, kontrolu svih tehnoloških i informacionih resursa, optimizaciju procesa, povećanje efikasnosti, a samim tim i konkurentnost, uspešnost i bolje tržišno pozicioniranje javnog poštanskog operatora.

Druga značajna prednost integracije, koja je vidljiva na slici 4, jeste postojanje univerzalnih integrisanih elektronskih pristupnih kanala dva sistema. Naime, korisnicima je omogućeno da kroz isti pristupni kanal odaberu vrstu usluge koju žele da koriste: da li da dostavljanje pošte bude elektronskim kanalima (REP) ili putem kanala fizičke dostave poštanskog operatora (HP ili DHP). Integracija elektronskih pristupnih kanala dodatno utiče na smanjenje troškova razvoja, eksploatacije i održavanja sistema, optimizaciju procesa, povećanje efikasnosti, konkurentnost, uspešnost i bolje tržišno pozicioniranje javnog poštanskog operatora.

Postoje dve varijacije modela integracije dva sistema prikazanog na slici 4. Na slici 5 je data prva varijacija

prilikom integracije sistema REP i distribuirane hibridne pošte (DHP). Očigledno, i u ovom slučaju integracija podrazumeva spajanje podsistema za nadzor i upravljanje i podsistema za naplatu, kao i elektronskih pristupnih kanala dva sistema. Ovde postoji interesantna mogućnost da se za

transport podataka kroz sistem DHP do svakog distribuiranog centra za štampu i kovertiranje pošte koristi upravo sistem REP, što predstavlja dodatnu optimizaciju i uštedu, ali i podizanje kvaliteta sistema DHP.



Slika 4. Osnovni model integracije sistema registrovane elektronske i hibridne pošte.

Model integracije, prikazan na slici 5, ujedno je model kod kojeg je elektronski prenos podataka najviše zastupljen: kroz sistem REP podaci se elektronski prenose s kraja na kraj, dok se kroz sistem DHP, podaci u elektronskoj formi prenose od tačke prijema do distribuiranih centara za štampanje i koveritiranje ili pakovanje pošte. Ovaj model je, zbog toga, naročito interesantan za poštanskog operatera jer omogućava značajno smanjenje troškova transporta poštanskih pošiljki između centara prerade, kao i smanjenje troškova prerade pošiljki u glavnim poštanskim centrima. Ovim se, praktično, eliminiše transport poštanskih pošiljki i obezbeđuju se dodatne uštede troškova i smanjenje vremena prerade usled automatskog sortiranja pošiljki u distribuiranim centrima hibridne pošte ili elektronskog dostavljanja kroz sistem REP.

Kod druge varijacije model integracije sistema REP i HP je u opciji kada sertifikaciono telo i telo za formiranje vremenskog žiga nisu delovi sistema REP, odnosno kada poštanski operator za ove potrebe koristi usluge trećih lica (*outsourcing* usluga). Implementacija sistema registrovane elektronske pošte, iziskuje korišćenje usluga sertifikacionih tela i tela za formiranje vremenskog žiga.

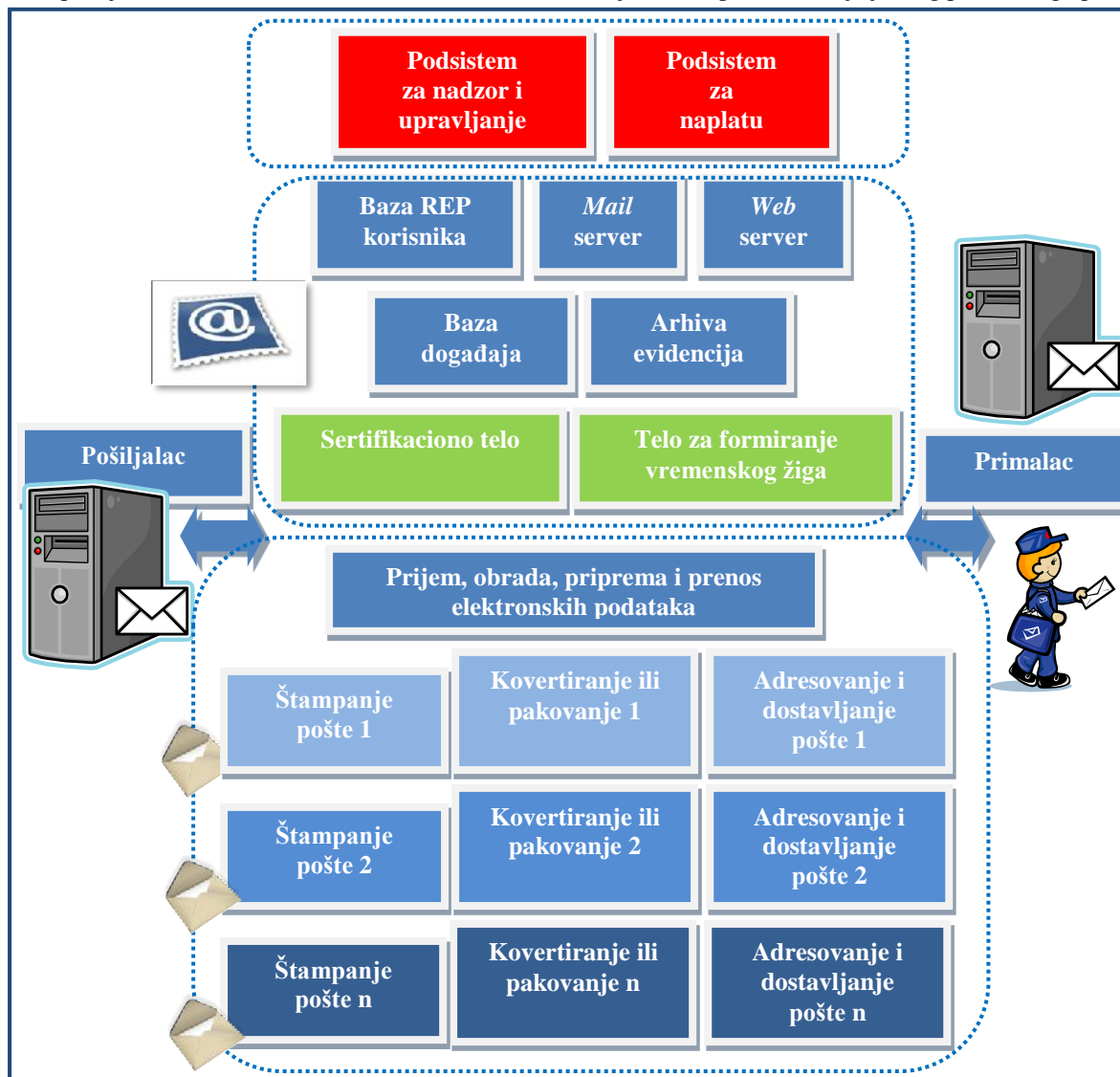
Takođe, za razvoj, projektovanje i implementaciju sistema REP i sistema HP, potrebne su značajne investicije, određeni vremenski period da se otpočne sa eksploatacijom ovih složenih sistema i, najzad, značajno informatičko i tehnološko znanje kadrova koji bi vodili ove projekte kod poštanskog operatera. Zbog toga, kako bi se u najkraćem mogućem roku ponudile nove usluge na tržištu, racionalno je u onim zemljama u kojima već postoje sertifikovana tela, bilo za izdavanje kvalifikovanih elektronskih sertifikata, bilo za formiranje vremenskog žiga, iskoristiti usluge trećih lica i za potrebe sistema REP, tj. iskoristiti *outsourcing* uslugu.

7. ZAKLJUČAK

U ovoj radu pokazano je da postoje različiti modeli realizacije, upravljanja i organizacije registrovane elektronske i hibridne pošte, kao i integracije ova dva sistema. Za javnog poštanskog operatera veoma je bitno da obezbedi pružanje usluga kroz snažnu integraciju hibridne i registrovane elektronske pošte. Najbolja opcija, u smislu odziva sistema, njihovih karakteristika i performansi, jeste integracija sistema registrovane elektronske i distribuirane

hibridne pošte. Ovakva integracija može da omogućiti javnom poštanskom operatoru višestruko uvećanje obima usluga, a samim tim i prihoda: zahvaljujući integraciji sistema omogućen je jednostavan prijem pošte velikih korisnika („*billing*“ tipa) i fizičkih lica („*mailing*“ tipa) putem integriranih elektronskih pristupnih kanala, postoji mogućnost različite obrade i čuvanja podataka tj. pošiljki (priprema pošiljki u različitim formatima u sistemima HP

ili DHP, odnosno arhiviranje i čuvanje u sistemu REP), postoji značajno smanjenje troškova planiranja, projektovanja, razvoja, eksploatacije, održavanja i upravljanja univerzalnih elektronskih pristupnih kanala i delova informacionog sistema. Integracija dva sistema dodatno utiče i na optimizaciju procesa, povećanje produktivnosti, efikasnosti, konkurentnost, uspešnost i bolje tržišno pozicioniranje javnog poštanskog operatora.



Slika 5. Osnovni model integracije sistema registrovane elektronske i distribuirane hibridne pošte.

LITERATURA

- [1] M. Jovanović, S. Rankov „Primena elektronskog poslovanja u upravljanju složenim sistemima“, JP PTT saobraćaja „Srbija“, 2012.
- [2] M. Jovanović, K. Tomašević, „Registrovana elektronska pošta“, „Telekomunikacije“, stručno-naučni časopis Republičke agencije za elektronske komunikacije i poštanske usluge, broj 14, 2015.
- [3] M. Jovanović, S. Rankov, Z. Mišić, „Upravljanje sistemom distribuirane hibridne pošte JP PTT saobraćaja „Srbija““, XVII telekomunikacioni forum – Telfor 2009, Beograd.
- [4] M. Jovanović, S. Rankov, „Model optimizacije troškova i ekonomski efekti integracije sistema registrovane elektronske i hibridne pošte“, „Megatrend revija“, vol. 9, no. 1, Megatrend univerzitet, Beograd, 2012.
- [5] M. Jovanović, S. Rankov, „Optimizacija troškova korišćenja elektronskih pristupnih kanala sistema REP i HP“, časopis „Management“, broj 61, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2012.
- [6] M. Jovanović, K. Tomašević, T. Milutinović „Registrovana elektronska pošta Pošte Srbije“, XXXIV simpozijum o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju – PosTel 2016, Beograd.

IEC 61850 STANDARD ZA KOMUNIKACIONE MREŽE U ELEKTROENERGETICI – RAZLOZI UVOĐENJA I OSNOVNI KONCEPTI IEC 61850 STANDARD FOR COMMUNICATION NETWORK IN POWER SYSTEMS – INTRODUCTION REASONS AND BASIC CONCEPTS

Ivan Gavrić¹, mr Dejan Nemeč²

Elektromreža Srbije a.d, Kruševac¹

Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu²

Sadržaj – U ovom radu navedeni su razlozi za uvođenje standarda za komunikacione mreže i sisteme za automatizaciju elektroenergetskih postrojenja IEC 61850. Osnovna namena ovog standarda je da omogući interoperabilnost opreme različitih proizvođača i brže upravljanje i nadzor u elektroenergetskim sistemima. Pored toga u radu su dati osnovni koncepti funkcionisanja standarda IEC 61850.

Abstract – This paper describes the reasons for the introduction of IEC 61850 which is standard for communication networks and systems for the automation of power plants. The main purposes of this standard is to enable interoperability of different manufacturers equipment and faster management and control in electric power systems. In addition, the paper presents the basic concepts of IEC 61850 functioning.

1. UVOD

Sve bržim napretkom tehnologija, javlja se potreba za unifikacijom protokola i standarda koji te tehnologije koriste. IEC 61850 predstavlja komunikacioni protokol za lokalne sisteme upravljanja elektroenergetskim postrojenjima, ali je svojim razvojem i implementacijom uticao i na hardversku i na komunikacionu strukturu lokalnih SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) sistema i dao smernice proizvođačima opreme za dalje tokove razvoja. Standard je modelovanjem postrojenja, odnosno primarne procesne opreme i sekundarnih uređaja i njihovih funkcija, uveo stanične sisteme upravljanja u drugu dimenziju. Na taj način je postignuta standardizacija svih funkcija u postrojenjima i komunikacije između njih i omogućena je interoperabilnost uređaja različitih proizvođača.

IEC 61850 standard je deo referentne arhitekture za elektroenergetske sisteme Tehničkog komiteta 57, TC57 (*Technical Committee 57*) IEC organizacije (*International Electrotechnical Commission*). Inicijalno je proklamovan 2003. god. Finalna verzija je nastala fuzijom radova IEC Tehničkog komiteta 57 i IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*), EPRI (*Electric Power Research Institute*) i ANSI (*American National Standards Institute*) grupe koja je radila na UCA (*Utility Communications Architecture*) standardu. Standard IEC 61850 obuhvata, ali ne u potpunosti, UCA2 standard. Narednih godina nakon donošenja standarda, Tehnički komitet 57 je sakupio dragocena znanja i iskustva iz prakse nakon čega je standard revidiran i objavljen u ediciji 2. I danas se standard konstantno dopunjuje.

Glavni cilj, prilikom formiranja standarda bio je definisanje i kategorizacija komunikaciono-informatičkog sistema u postrojenjima elektroenergetskog sistema.

2. RAZLOZI ZA UVOĐENJE STANDARDA IEC 61850

Do skorijih godina, sistemi lokalnog upravljanja transformatorskim stanicama su implementirani rešenjima jedinstvenog proizvođača. Takva rešenja su obično podrazumevala protokole i komunikacione veze specifične za tog proizvođača. Izbor proizvođača zavisio je od geografskog položaja, prethodne opreme ili karakteristika postrojenja. Rešenja odabranog proizvođača iz oblasti relejne zaštite su ograničavala sistem da bude identičan, odnosno karakterističan za taj region [1], [2].

Širenjem sa tradicionalnih tržišta na globalna, proizvođači ovakvih sistema su unosili različita rešenja i time učinili pronalaženje potrebnog koncepta znatno težim. Često je bilo teško, pa čak i nemoguće, integrisati potrebne protokole iz jednog IED (*Intelligent Electronic Device*) uređaja nekog proizvođača u efikasan distribuirani SAS (*Substation Automation System*) sistem.

Postojanje uređaja nekog drugog proizvođača u postojećem sistemu često je zahtevalo dodatne uređaje i konvertore protokola, kako bi se taj uređaj uklopio u postojeći sistem, što je povećavalo cenu integracije. Takođe se javlja i potreba za obukom ljudstva koje je angažovano na održavanju tog sistema zbog ugrađenog specifičnog, netipskog, rešenja proizvođača, a i to je dodatno povećavalo troškove.

Prvobitni upravljački sistemi svodili su se na prikupljanje podataka i njihov prikaz preko komandnih tabli (panel), svetlosnih indikacija i slično (slika 1 prikazuje prednju i zadnju stranu komandne table). Samo upravljanje i kontrolu izvršavalo je fizičko lice (operater, rukovalac transformatorske stanice), koji je manuelno zadavao komande, na osnovu naloga dispečera nadređenog upravljačkog centra uz celodnevni nadzor malobrojnih informacija koje su dobijane iz procesa.

Upravljanje i nadzor su se zasnivali na korišćenju elektromehaničkih releja i kontaktora, uz korišćenje mehaničkih ili elektromehaničkih blokada za sprečavanje nedozvoljenih operacija. Održavanje i eventualno rekonfigurisanje ovakvog sistema bilo je teško izvodljivo zbog velike količine žica kojima su prenošeni potencijali.

Simulacija korišćenjem realnih podataka nije bila moguća, a minimalna količina podataka je mogla biti čuvana. Mane su, osim većih troškova održavanja i restauracije, složenost, niža opservabilnost i velika verovatnoća neželjenog delovanja od strane operatera (rukovaoca) koje dovodi do ozbiljnih havarija u samom objektu, mogućeg težeg povređivanja ljudi pa čak i smrtnog ishoda.



Slika 1. Prednja i zadnja strana komandne table

Usled potrebe za smanjivanjem broja kvarova i trajanja prekida u napajanju, dalji razvoj elektroenergetskih sistema postavljao je zahteve za naprednijim upravljačkim sistemima. Tehnologije kao što su računari visokih performansi, Ethernet mreža, TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) protokol i WAN (*Wide Area Network*) mreže velike brzine, našle su svoju primenu u oblasti zaštite i upravljanja elektroenergetskim objektima. Povećanjem prenosnih kapaciteta komunikacionog sistema uz dodatno povećanje brzine prenosa informacija kao i procesorskih karakteristika uređaja unutar samog sistema, otvoren je put ka kreiranju velikog broja novih zaštitno-upravljačkih funkcija i algoritama unutar postrojenja.

Kako je globalizacija tržišta napredovala, doprinela je razvoju otvorenih standarda (*open standards*). Većina njih je uključivala one standarde razvijene od strane proizvođača, projektovane za specifična komunikaciona rešenja. Na taj način je njihova nadogradnja na narednu generaciju komunikacionih tehnologija zahtevala velike prepravke ili čak razvoj novih komponenti.

Otvoreni standard trebalo je da reši sve probleme koji su postojali u prošlosti uz određene postavljene ciljeve:

- Funkcionalnost i performanse – treba da obuhvati sve postojeće funkcije i operativne zahteve ali da podrazumeva buduća tehnička rešenja.
- Modelovanje podataka – korišćenje objektno orijentisanog pristupa za modelovanje staničnih funkcija, tako da koriste strukturno i hijerarhijski definisane nazive.
- Interoperabilnost IED-ova – obezbeđuje da svi IED-i u sistemu mogu da rade u istoj mreži koristeći iste komunikacione veze i da dele podatke i komande.
- Jedinstven protokol – podržavanje specifičnog modelovanja podataka na nivou postrojenja, otvorenog i samoopisnog, baziranog na objektima podataka, DO (*Data Object*), vezanim za energetiku.
- Postojeći komunikacioni protokoli – da bude u skladu sa postojećim IEC/IEEE/OSI/ISO standardima.

Razlozi zbog kojih je nastala potreba za ovakvim standardom jesu:

- Nekompatibilnost – postojeća rešenja nisu mogla da rade zajedno.
- Performanse – prihvatanjem standarda, strogo definisane performanse svih uređaja, moraju biti ispunjene.
- Niži troškovi – iako početna ulaganja u otvoreni standard mogu biti viša, na duže staze se ostvaruje ušteda u inženjeringu, održavanju i obučavanju osoblja, što ga opravdava.
- Tehnologija – obaveza je da standard definiše protokole koji su nezavisni od korišćene komunikacione tehnologije kako bi se obezbedio blagovremeni prelazak na bolju tehnologiju.
- Interoperabilnost – svi kompatibilni uređaji moraju imati mogućnost da komuniciraju i razmenjuju informacije međusobno.

Rezultat ovog razvoja je standard IEC 61850. Praksa mnogih zemalja pokazuje da su gotovo sva postrojenja elektroenergetskog sistema, koja su izgrađena u novije vreme, bazirana na arhitekturi koju propisuje standard IEC 61850. Takođe, postoji i tendencija da starija postrojenja koja ulaze u proces rekonstrukcije, budu rekonstruisana u skladu sa zahtevima koje nameće standard IEC 61850.

3. MODELOVANJE INFORMACIJA U POSTROJENJU

Cilj IEC 61850 standarda se može objasniti i kao zadatak da se projektuje komunikacioni sistem koji obezbeđuje interoperabilnost funkcija koje se izvršavaju u prenosnim postrojenjima, a koje su rezidentne u fizičkim aparatima različitih proizvođača (pri tome zadovoljavaju iste funkcionalne i operativne zahteve) [3]. Za formiranje komunikacionog sistema najpre je neophodno definisati i predstaviti sve informacije unutar tog sistema kao i funkcije koje ih koriste. S tim u vezi, došlo se do razdvajanja funkcija u jednom postrojenju na:

- kontrolu / upravljanje,
- nadzor,
- zaštitu, i
- monitoring primarne opreme.

IEC 61850 razdvaja poznate funkcije uređaja u prenosnim postrojenjima na najmanje moguće funkcionalne celine pa potom definiše interfejs kojim se pristupa. Funkcije se sastoje iz podfunkcija, logičkih čvorova LN (*Logical Nodes*). Sa aspekta izvršenja funkcija u postrojenju, logički čvor predstavlja osnovnu ćeliju protokola. Njegovim definisanjem postignuto je jedinstveno predstavljanje svake operacije u transformatorskoj stanici. LN-ovi su alocirani po fizičkim uređajima PD (*Physical Device*), što znači da jedan LN može biti distribuiran u više PD, ali isto tako i više LN-ova može biti sadržano u jednom uređaju. Oni su međusobno povezani logičkim vezama, LC (*Logical Connections*) dok su PD-ovi povezani fizičkim vezama, PC (*Physical Connection*).

Sledeći zadatak protokola je da se tačno urede podaci koji su smešteni u LN, i to tako da se svaki LN jedinstveno predstavi, da pri komunikaciji ne dođe do zabune. Iz ovog malog opisa vidimo da je u pitanju vrlo složeno obavljanje funkcija, gde se pored vrednosti funkcija, uključuje i niz drugih parametara, među kojima je najznačajniji parametar starosti podataka, što stavlja telekomunikacionu mrežu pred iskušenje brzog prenosa podataka. Izvršena je klasifikacija LN-ova. Prvo je napravljeno osnovnih 13 klasa, gde je svaka dobila svoje slovo, i to je prvo slovo u nazivu LN-a. Prema njemu znamo kojoj klasi pripada određeni LN.

LN je najmanji funkcijski objekat koji može da komunicira sa drugim funkcijskim objektima u mreži. Kada je na jednoznačan način definisana svaka funkcija, odnosno svaki LN, potrebno je dalje definisati i vrednosti funkcije, odnosno LN-a. Zbog specifičnosti funkcija u postrojenjima, ove vrednosti sadrže više informacija i u protokolu su definisani kao objekti, DO (*Data Object*), od kojih svaki ima svoje jedinstveno ime. U njima su sadržani i definisani podaci bitni za njegovo funkcionisanje, a predstavljaju sve obavezne podatke, svojstva i ekstenzije potrebne za obradu određene funkcije. Na ovaj način svaki objekat u postrojenju predstavljen je na jedinstven način, čime se omogućava sigurna komunikacija i sigurno izvršenje svih potrebnih funkcija. Prema standardu, svaka informacija kao što je DO se predstavlja putanjom sa sledećom sintaksom:

Logical Device (LD) / Logical Node (LN) / Data Object (DO)

Iz svega navedenog zaključuje se da je model IEC 61850 virtuelni model koji je definisan jednoznačno za svaki element energetskog sistema.

4. INTEROPERABILNOST

Koncept standarda je baziran na tome da se omogući rad IED uređaja različitih proizvođača, njihova komunikacija u istoj mreži i razmena podataka i komandi [3], [4]. Kako bi se to moglo ostvariti, potrebno je da IED-i različitih proizvođača obezbede informacije jedni drugima i budu sposobni da prime informacije.

Očekivano je da IED-i koji podržavaju interoperabilnost imaju određene zajedničke osobine:

- potrebno je da komuniciraju zajedničkom mrežom koristeći identične protokole,
- organizuju podatke na takav način da su u potpunosti razumljivi ostalim učesnicima u komunikaciji,
- budu sposobni da distribuirano obavljaju određene funkcije sa ostalim IED-ima.

Kada je reč o razmeni podataka, kao jednog od zahteva interoperabilnosti, organizacija podataka mora biti unapred definisana, uzimajući u obzir da:

- razmenjeni podaci i za njih vezani DA (*Data Attribute*) atributi moraju biti definisani prema

zajedničkim pravilima; pravila definisanja su sadržana u PICOM-u (*Piece of Information for COMMunication*);

- primalac mora da bude sposoban da nedvosmisleno razume podatke i njima pripadajuće attribute,
- performanse prilikom razmene podataka (vreme prenosa) moraju da budu definisane i garantovane, naročito za distribuirane funkcije.

U funkcionalnoj dekompoziciji i procesu definisanja modela funkcija, IEC 61850 standard uvodi sledeća pravila:

- Svaka funkcija je detaljno opisana, rastavljena u podfunkcije nazvane logičkim čvorovima (LN).
- LN su organizovani, definisani i opisani u potpunosti. Koriste PICOM za definisanje razmene podataka.
- PICOM opisuje u detalje potrebne komunikacione attribute, uključujući komunikacione veze, tipove podataka, semantiku podataka i performanse.

IED-i povezani u zajedničku mrežu razmenjuju podatke i komande. Dodatno su sposobni da obavljaju zajednički podržane distribuirane funkcije. Na žalost, ne podržavaju svi IED-i sve funkcije. Kada je reč o razmeni podataka, kao osnovnom delu interoperabilnosti, razmenjeni podaci moraju da budu definisani specifičnim PICOM pravilima.

5. FUNKCIJE STANDARDA IEC 61850

Pristupom modelovanju funkcija, najpre su opisane i dekomponovane na logičke čvorove, koji su potom definisani i opisani, a njihovi odnosi su detaljno definisani u PICOM-u [3].

Svaka funkcija predviđena standardom, opisana je sledećim pravilima:

- zadatak funkcije – opisuje koja je uloga funkcije ili koji zadatak je predviđen da obavlja u SAS-u,
- kriterijum startovanja – određuje kriterijume koji iniciraju funkciju ili pod kojim uslovima će funkcija početi da obavlja svoj zadatak,
- rezultat – opisuje kakav uticaj funkcija generiše ili na odgovarajući IED ili na proces, odnosno sistem,
- performanse – opisuje vreme reagovanja sa aplikativnog aspekta kao internog vremena procesa. Za distribuirane ili funkcije bazirane na razmeni podataka, performanse predstavljaju ukupno vreme koje se sastoji od sume vremena obrade informacija, reagovanja i kašnjenja uzrokovanih interfejsima i komunikacijom,
- dekompozicija – opisuje kako je specifična funkcija dekomponovana u manje entitete, podfunkcije i logičke čvorove,
- interakcija sa ostalim funkcijama – opisuje kako se funkcija i njeni podaci razmenjuju sa ostalim funkcijama.

Ovako definisane funkcije dalje se dekomponuju u logičke čvorove. Broj identifikovanih grupa tokom modelovanja je veliki pa su one, radi bolje organizacije podeljene u funkcionalne grupe. Slična organizacija je

primenjena i na koncept logičkih čvorova jer je njihov broj još veći.

6. IEC 61850 ARHITEKTURA

Arhitektura se bazira na sekundarnim uređajima IED-ima, koji su preko odgovarajućih ulaza i izlaza I/O (Input/Output) povezani sa primarnom visokonaponskom opremom koju čine:

- rasklopna oprema – prekidač CB (*Circuit Breaker*) i rastavljač (*Disconnecter*) koji može biti sabirnički BD (*Busbar Disconnecter*), izlazni LD (*Line Disconnecter*) i uzemljivač ED (*Earth Disconnecter*),
- naponski merni transformatori NMT (VT – *Voltage Transformer*) i strujni merni transformatori SMT (CT – *Current Transformer*).

IED može imati zaštitnu, upravljačku ili zaštitno-upravljačku funkciju u zavisnosti od naponskog nivoa na kome se primenjuje, kao i od funkcija koje su u njemu realizovane. Na naponskim nivoima 110 kV, 220 kV i 400 kV ne koriste se zaštitno-upravljački uređaji, zato što su funkcije zaštite i upravljanja striktno razdvojene u zasebnim uređajima.

Standard definiše tri nivoa upravljanja [3]:

- stanični nivo (*Station Level*),
- nivo polja (*Bay Level*) (transformatorskog, dalekovodnog itd.),
- procesni nivo (*Process Level*).

kao i dve komunikacione sabirnice (čvora):

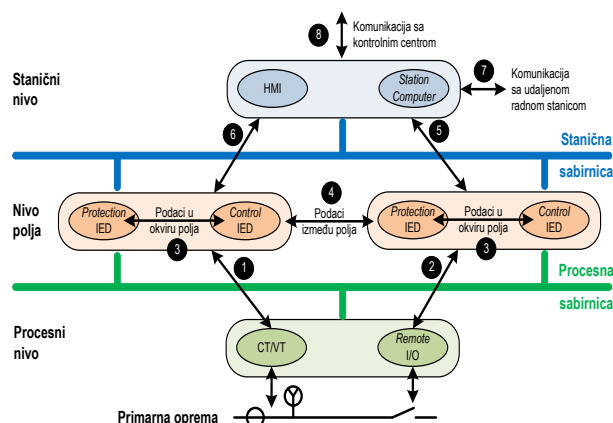
- stanični (station bus),
- procesni (process bus).

Ovi nivoi su prikazani na slici 3. gde se vidi nekoliko „pravaca“ komunikacije, označenih brojevima (1-8):

- Pravci 1 i 2 prenose informacije o struji i naponu iz polja tj. iz SMT-a i NMT-a, kao i informacije o statusu VN opreme (uključeno, isključeno, međupoložaj) do IED-a, a u polje iz IED-a prenose komande (uključiti, isključiti itd.) i vraćaju informaciju o izvršenju komande (uspešno, neuspešno) i rezultatu izvršenja komande (prekidač uključen, zaštita od preopterećenja blokirana itd.).
- Pravac 3 označava međusobnu komunikaciju između IED-ova u jednom polju, ako je ima.
- Pravac 4 označava komunikaciju između IED-ova u različitim poljima.
- Pravac 5 označava komunikaciju sa računom koji služi za konfiguraciju IED-a i preuzimanje konfiguracionih fajlova i fajlova sa sačuvanim podacima iz bafera IED-a.
- Pravac 6 označava komunikaciju sa HMI (*Human Machine Interface*), kojem zaštitni i upravljački IED-i šalju podatke.
- Pravac 7 označava mogućnost postojanja udaljenog računara koji služi za konfiguraciju IED-a ili pristup sa daljine računaru za konfiguraciju IED-a.

- Pravac 8 je komunikacija sa udaljenim kontrolnim centrima.

Komunikaciona terminologija u standardu definiše klijente i servere. Serveri su IED-i na nivou polja (zaštitni i upravljački uređaji) koji sadrže informacije, dok su klijenti uređaji na staničnom nivou koji zahtevaju informacije od servera. Kako bi se obezbedio rad distribuiranih funkcija i postigla interoperabilnost između IED-a, razmena podataka mora da bude u skladu sa standardom definisanim komunikacionim interfejsima.



Slika 3. Nivoi i pravci arhitekture u IEC 61850

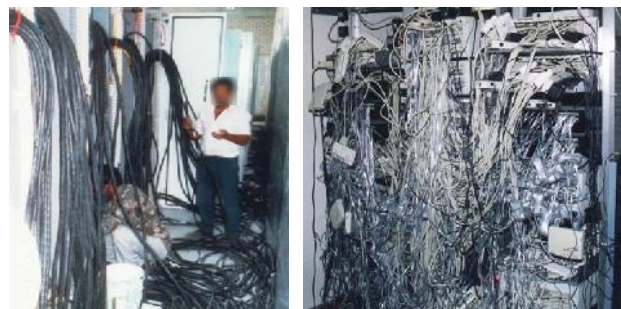
7. ZAKLJUČAK

IEC 61850 nije samo protokol već i više od toga. On predstavlja način modelovanja transformatorske stanice:

- predstavljanjem primarne visokonaponske opreme,
- predstavljanjem sekundarnih uređaja IED-a i njihovih funkcionalnosti.

Modelovanje informacija je razdvojeno od komunikacije. IEC 61850 definiše inženjerske procese. Testiranje usaglašenosti je sadržano u IEC 61850 standardu.

IEC 61850 menja žičane veze softverskim porukama, što drastično smanjuje količinu upotrebljenog bakra, kao što je prikazano na slici 4.



Slika 4. Bakarni kablovi koje menja IEC 61850

Pored svih dobrih strana, IEC 61850 ima i svojih mana. Naime, standard još uvek nije u celosti uniformno

definisao sve detalje, tako da svaki proizvođač ima slobodu da na svoj način definiše neke detalje. U praksi to dovodi do toga da nije baš sva signalizacija iz uređaja jednako „čitljiva“ za svakog proizvođača opreme staničnog nivoa tj. SCADA sistema.

Stručna tela koja se bave ovim standardom, kao što je funkcionalna radna grupa za zaštitu i lokalno upravljanje pri Komitetu za rad sistema u sastavu ENTSO-E-a (*European Network of Transmission System Operators for Electricity*), insistiraju na otklanjanju ovih problema od strane proizvođača i to primenom IEC 61850 standarda na isti način od strane svih proizvođača. U vrlo bliskoj budućnosti, ovaj zahtev bi trebalo biti realizovan u potpunosti i tada će svi operatori prenosa, koji su u sastavu ENTSO-E-a, imati potpuno istu signalizaciju u svojim objektima, bez obzira na to od kog proizvođača su nabavili opremu.

LITERATURA

- [1] G. Konečni, “Uvod u IEC 61850”, IMP –Automatika, Beograd, Mart 2011.
- [2] H. Kirrmann, “Introduction to IEC 61850 substation communication standard”, ABB-CH, 2004.
- [3] Technical Report, “Communication networks and systems in substations – Part 1: Introduction and overview”, IEC/TR 61850-1 Ed. 2.0, International Electrotechnical Commission, 2013-03.
- [4] V. Cvejić, “NEW SUBSTATIONS – Understanding the practicalities and cost implications of IEC 61850 implementation in a Greenfield site”, JP EMS – Pogon “Tehnika”, Prag, Maj 2013.

GSM sistem za kontrolu pristupa parking prostoru

GSM parking access control system

Nedeljko Lekić¹, Zoran Mijanović¹,
Univerzitet Crne Gore, Elektrotehnički fakultet¹

Sadržaj – U ovom radu predstavljamo rješenje za automatizaciju pristupa parking prostoru, zasnovano na upotrebi mobilnog telefona kao identifikatora i magnetometra kao detektora automobila. Sistem je dizajniran da omogući pristup parking prostoru prostim pozivanjem odgovarajućeg mobilnog telefonskog broja. Sistem se može adaptirati za upotrebu u firmama koje imaju vlastiti parking prostor, parking prostor koji ima registrovane korisnike, kao i za javni parking prostor.

Abstract - In this paper we present the solution for the automated parking access control system, based on using mobile phone as identifier and magnetometer as car detector. The system is designed to provide access to the parking lot simply by dialing the appropriate mobile phone number. The system can be adopted for use in companies that have their own parking space, parking lots with regular users as well as public parking lots.

1. UVOD

Danas postoje različiti sistemi za kontrolu pristupa parking prostoru. Imajući u vidu način interakcije korisnika sa sistemom, u najzastupljenija rješenja mogu se uvrstiti: sistemi za kontrolu pristupa parking prostoru, koji koriste RFID identifikatore kratkog dometa (najčešće u obliku kartice ili priveska), sistemi sa barkod tiketima ili tiketima sa magnetnim zapisom, sistemi u kojima se koristi daljinski upravljač kao identifikator, kao i UHF RFID sistemi.

Parking sistemi sa RF identifikatorima kratkog dometa koriste se za kontrolu pristupa kako privatnim tako i javnim parking prostorima. Glavni nedostatak ovih sistema je što korisnik mora precizno pozicionirati vozilo, da bi mogao RF identifikator približiti čitaču na rastojanje manje od 10cm [1], [2]. Uz to, korisnik mora otvoriti prozor i približiti identifikator dovoljno blizu. U slučaju loših vremenskih uslova na otvorenom prostoru, to može biti prilično neprijatno.

U javnim parking prostorima, u našem okruženju, najčešće se koriste sistemi u kojima se kontrola pristupa ostvaruje upotrebom tiketa sa trakastim kodom ili magnetnim zapisom [3]. Ovi sistemi imaju slične nedostatke kao i RFID sistemi kratkog dometa. Neophodno je precizno pozicioniranje automobila u blizini uređaja za izdavanje tiketa. Nakon toga, korisnik najčešće mora pritisnuti odgovarajući taster na uređaju i uzeti tiket. Dodatni nedostatak ovakvih sistema je i neophodno održavanje uređaja za izdavanje tiketa (periodične dopune tonera i papira).

Parking sistemi sa daljinskim upravljačem uglavnom se koriste za kontrolu pristupa privatnim parking prostorima. Umjesto RF priveska ili tiketa, ovdje se koristi daljinski upravljač kao identifikator [4]. U poređenju sa već pomenutim načinima kontrole pristupa, prednost ovog rješenja ogleda se u većem rastojanju, sa kojeg je moguće izvršiti identifikaciju. Nema potrebe za preciznim pozicioniranjem automobila, otvaranjem prozora i slično. Kao nedostatak može se navesti veća cijena daljinskog upravljača u poređenju sa RF identifikatorom, odnosno tiketom, kao i povremena potreba za zamjenom baterije.

Parking sistemi zasnovani na primjeni UHF RFID tehnologije omogućavaju da identifikacija vozila može biti obavljena i na rastojanjem većim od 10m od čitača. To je tehnologija za bežičnu razmjenu podataka, koja radi na frekvencijama u UHF domenu (opseg od 400MHz do 950MHz) [5]. UHF RF identifikator je pasivan. Potrebno ga je postaviti na poziciji u autu, sa koje će biti vidljiv UHF RFID čitaču [6]. Najčešće je to u uglu prednjeg vjetrobranskog stakla ali može biti i neka druga pozicija. Zahvaljujući UHF RFID tehnologiji, nije potrebno bilo kakvo angažovanje korisnika, u smislu preciznog pozicioniranja automobila, umetanja identifikatora u polje čitača, pritiska na taster uređaja i slično. Da bi pristupio parking prostoru korisniku je dovoljno da prođe automobilom kroz polje čitanja čitača. Kao problem u vezi UHF RFID sistema za kontrolu parking prostora može se navesti relativno visoka cijena opreme.

U ovom radu predložimo sistem za automatizaciju pristupa parking prostoru u kojem se kao identifikator koristi broj mobilnog telefona. Sistem je koncipiran da efikasno služi korisnicima, bez potrebe za prisustvom operatera. Interakcija korisnika sa sistemom ogleda se u pozivanju odgovarajućeg mobilnog broja (broja parking sistema). Ukoliko parking sistem prepozna broj sa kojeg je pozvan, uz uslov prisustva automobila na ulazu u parking prostor, pristup će biti omogućen. U poređenju sa parking sistemima sa RF identifikatorima kratkog dometa, i sistemima koji koriste tikete sa trakastim kodom ili magnetnim zapisom, predloženi sistem je u prednosti jer nema potrebe za preciznim pozicioniranjem automobila, otvaranjem prozora, pritiskom tastera i sličnim radnjama. GSM modemi se proizvode u ogromnim serijama i zato su sistemi zasnovani na njima za red veličine jeftiniji od UHF RFID sistema, a i drugih pomenutih. Proizilazi da je sistem zasnovan na GSM-u po pitanju cijene najbolji izbor.

Rad se sastoji iz tri poglavlja. U uvodu je dat komparativni pregled postojećih rješenja u ovoj oblasti, kao i prednosti predloženog. U drugom poglavlju dat je

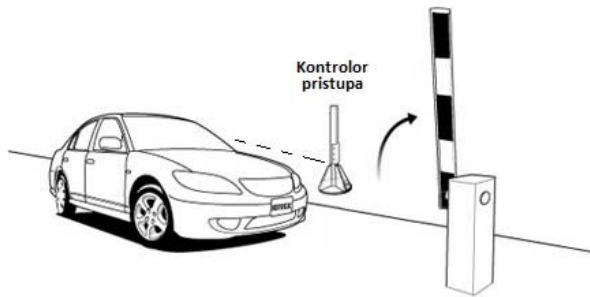
detaljniji opis osnovnih sastavnih dijelova predloženog rješenja, kao i opis načina funkcionisanja. Na kraju je dat zaključak.

2. OPIS SISTEMA

Osnovu GSM sistema za kontrolu pristupa parkingu čini mikrokontrolerski uređaj (u nastavku kontrolor pristupa), koji u sebi objedinjuje:

- mikrokontrolersku razvojnu ploču,
- SIMCOM SIM900 GSM modul sa SIM karticom mobilnog operatera i
- magnetometar.

Uređaj je povezan sa rampom i kontrolira njen rad. Principijelna šema sistema prikazana je na Slici 1.



Slika 1. Principijelna šema realizovanog sistema.

Električni dijagram kontrolora pristupa dat je na Slici 2. Sa Slike 2 se vidi da mikrokontroler ATmega328P, kao centralna komponenta, povezuje GSM modem, magnetometar i rampu u jednu funkcionalnu cjelinu.

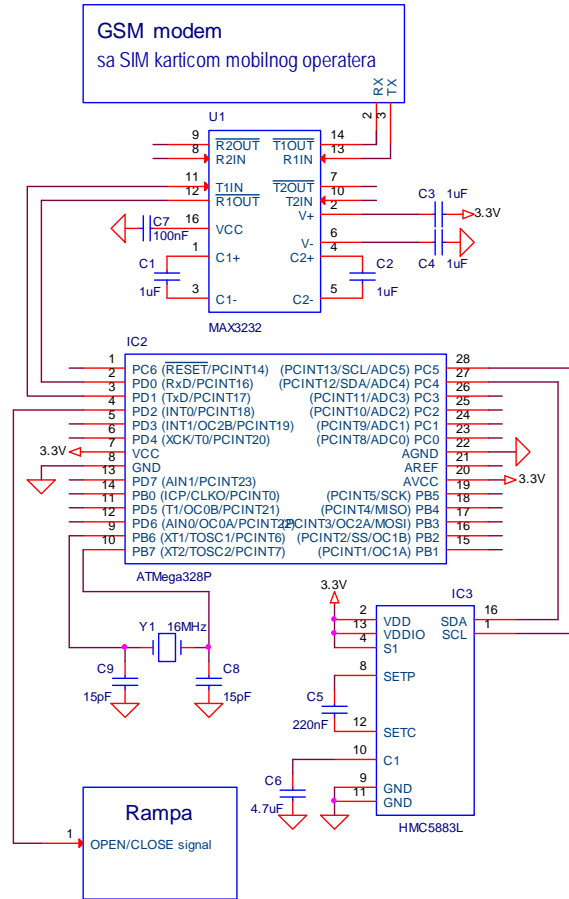
Mikrokontroler je sa GSM modemom povezan preko svog UART interfejsa, uz posredovanje MAX3232 primopredajnika [8]. Brzina komunikacije je podešena na 9600b/s.

U sistemima za automatizaciju kontrole pristupa parkingu, osim same identifikacije, veoma je važno detektovati prisustvo vozila ispred parking rampe. U tu svrhu dominantno se koriste induktivne petlje [7]. Međutim, instalacija induktivne petlje je prilično komplikovana i skupa, zahtijeva urezivanje u betonsku podlogu. Stoga smo u realizaciji ovog sistema umjesto induktivne petlje upotrijebili magnetometar HMC5883L uz namjenski dizajniran algoritam za detekciju vozila [8]. Osnovna prednost ovog rješenja je mnogo jednostavnija i jeftinija instalacija. Dovoljno je magnetometar postaviti na odgovarajućem rastojanju od vozila. Magnetometar HMC5883L je povezan sa mikrokontrolerom putem I²C interfejsa.

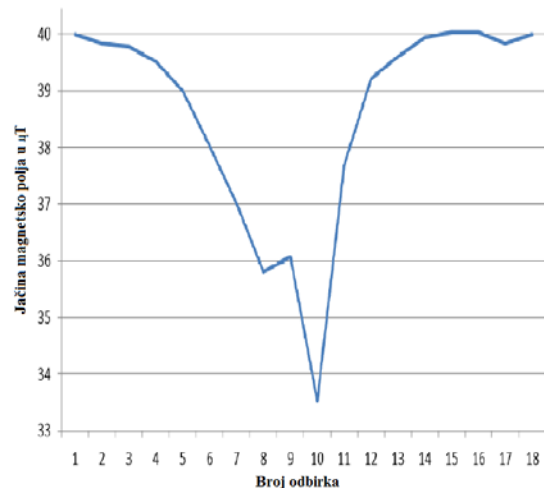
Na Slici 3 su prikazane promjene u magnetnom polju koje kontrolor detektuje tokom nailaska automobila. X osa predstavlja redni broj odbirka tokom pomjeranja vozila. Na Y osi je prikazana izmjerena jačina magnetnog polja u μT [8].

Sistem funkcioniše na sljedeći način. Nakon što autom priđe rampi parking prostora, korisnik sa svog mobilnog

telefona poziva broj SIM kartice u kontroloru pristupa (u nastavku broj parking sistema). Kontrolor očitava broj telefona sa kojeg je došao poziv i traži ga u listi brojeva. Ukoliko kontrolor pronade broj u listi, i ima potvrdu sa magnetomatra da je detektovano vozilo ispred rampe, dat će signal za dozvolu pristupa, i prekinuti vezu. Ukoliko ne nađe broj, ili ne detektuje auto, rampa će ostati spuštena, a kontrolor će odgovoriti na poziv.



Slika 2. Električna šema mikrokontrolerskog uređaja.



Slika 3. Promjene u magnetsnom polju tokom nailaska vozila.

Za razliku od postojećih rješenja bez detekcije vozila, prezentirano rješenje osigurava da rampa ne može biti podignuta, osim kada se vozilo nalazi neposredno ispred rampe. Dakle nemoguće je namjerno ili nehotično kompromitovanje sistema sa daljine.

Lista telefonskih brojeva korisnika koji imaju pravo pristupa smještena je u EEPROM memoriji mikrokontrolera. Osim čuvanja liste brojeva, u EEPROM su smješteni i neophodni konfiguracioni podaci, kao i zapisi o nekoliko zadnjih pristupa parkingu.

Na Slici 3 prikazana je memorijska mapa EEPROM-a mikrokontrolera.

Konfiguracioni podaci
Lista telefonskih brojeva
Zapisi o ostvarenim pristupima

Slika 3. Memorijska mapa EEPROM-a

Prvih 100 okteta EEPROM memorije rezervisano je za konfiguracione podatke, neophodne za ispravan rad uređaja. U te podatke spadaju vremenski limiti, poput maksimalnog vremena koje može proteći od prepoznavanja broja do detektovanja automobila, administratorski telefonski brojevi i drugi podaci.

Lista telefonskih brojeva zauzima najveći dio EEPROM memorije, od 100-tog, pa do 899-og okteta. Obzirom da je EEPROM mikrokontrolera ATMega328P veličine svega jedan kilobajt (1K), potrebno je memorijski prostor što efikasnije koristiti, ali bez značajnije degradacije sistema. U tom smislu u listi se ne momeoriše državni kod, već samo preostale cifare telefonskog broja. Na primjer umjesto punog broja +38267X...X upisano je 67X..X. Dalje smo pretpostavili da maksimalni broj cifara u preostalom dijelu broja ne prelazi 10, odnosno dvije cifre za kod operatera i maksimalno 8 cifara za kod broja. U EEPROM mikrokontrolera telefonski broj se upisuje u obliku BCD (Binary-coded decimal) koda, koji omogućuje da se dvije cifre smjeste u jedan oktet. Na taj način su za zapisivanje desetocifarskog broja dovoljna 5 okteta EEPROM-a. Softver za rad sa BCD podacima prilično je jednostavan i brz. Na ovaj način je moguće upisati do 160 različitih telefonskih brojeva.

Za zapise o pristupima parkingu rezervisan je memorijski prostor od 900-og okteta pa sve do kraja EEPROM-a. Zapis je dužine devet okteta i sastoji se od petooktete predstave telefonskog broja, plus četiri okteta za datum i vrijeme događaja. Na ovaj način u predvidjeni memorijski prostor moguće je upisati 13 zapisa, dok se posljednjih preostalih 7 okteta ne koristi. U ovaj dio EEPROM-a podaci se upisuju kružno, pri čemu se kraj označava sa zapisom u kojem svaki oktet ima vrijednost 0.

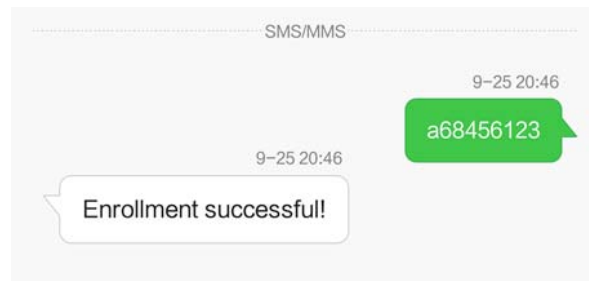
Upisivanje korisnika u sistem obavlja se se SMS porukama. SMS poruke se šalju sa telefonskog broja administratora. Administratora može biti jedan ili više. Usljed ograničenog prostora u EEPROM-u, predvidjeli smo da može postojati maksimalno 5 administratora.

Mobilni telefonski broj postaje administratorski, njegovim upisivanjem u konfiguracioni dio EEPROM-a. Predviđeni prostor za to je na adresama od 75 do 99. Prije puštanja sistema u rad treba biti upisan bar jedan administratorski broj. Pomoću tog broja kasnije se mogu dodavati novi administratori kao i ažurirati, odnosno očitavati, sadržaj kompletne EEPROM memorije.

Dodavanje novog korisnika u sistem (odnosno njegovog telefonskog broja), obavlja se SMS porukom sljedeće sadržine:

*a*XXXXXXXX[XX]

Početni karakter *a* označava da administrator želi upisati novi telefonski broj u listu. Nakon početnog karaktera, slijede karakteri telefonskog broja. Kada kontrolor uspije upisati novog korisnika, odgovara porukom: 'Enrollment successful!' (Slika 4).



Slika 4. Uspješno dodavanje novog korisnika

U slučaju neuspjeha kontrolor odgovara porukom: 'Enrollment not successful!'.

Upisivanje novog broja se obavlja tako što kontrolor pretražuje memorijski prostor EEPROM-a rezervisan za listu telefonskih brojeva, očitavajući po pet okteta (počevši od 100-og). Kada naiđe na prvi slučaj da očitanih 5 okteta imaju vrijednost 0, na njihovom mjestu upisuje novi telefonski broj iz SMS poruke. U slučaju da je memorijski prostor liste telefonskih brojeva popunjen, kontrolor će administratoru odgovoriti porukom: 'No space for new number!'.

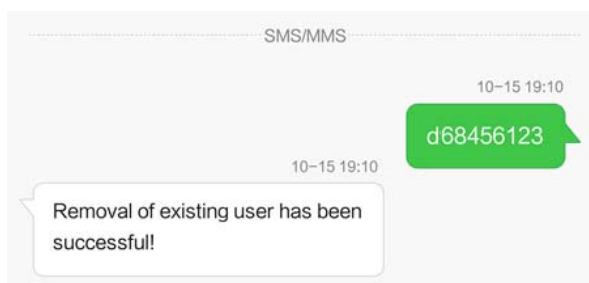
Jednom SMS porukom administrator može upisati više korisnika. To se postiže jednostavnim nadovezivanjem teksta pojedinačnih poruka u jednu dužu poruku.

Brisanje telefonskog broja iz liste obavlja se porukom:

*d*XXXXXXXX[XX].

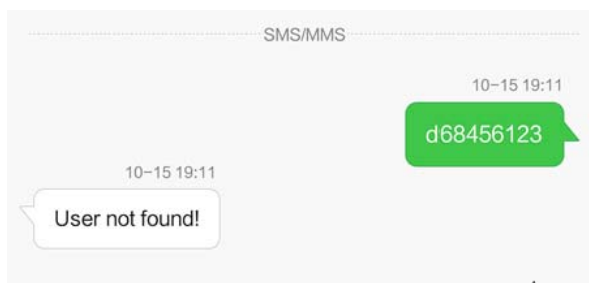
Prvi karakter *d* označava da administrator želi obrisati navedeni broj iz liste. Nakon primitka navedene poruke, kontrolor pretražuje listu telefonskih brojeva i ako pronađe broj iz poruke, izvrši njegovo brisanje. Kontrolor brisanje obavlja tako što umjesto zapisa broja upiše 5 vrijednosti 0. U slučaju uspješnog brisanja kontrolor odgovara porukom: 'Removal of existing user has been successful!' (Slika 5).

Jednom SMS porukom administrator može obrisati više telefonskih brojeva. Postupak je sličan kao u slučaju upisivanja brojeva. Potrebno je jednostavno nadovezati tekstove pojedinačnih poruka u jednu dužu poruku.



Slika 5. Uspješno brisanje telefonskog broja (korisnika) iz liste

U slučaju da broj čije se brisanje zahtijeva nije pronađen u listi, kontrolor odgovara porukom: 'User not found!' (Slika 6).



Slika 6. Neuspješan pokušaj brisanja telefonskog broja iz liste.

Osim navedenih osnovnih SMS komandi, može se zadati i niz drugih. Tako, na primjer, postoji komanda za upisivanje administratorskog broja, komande za zadavanje vremenskih limita, za izlistavanje zapisa o ostvarenim pristupima parkingu, za predled liste telefonskih brojeva i druge.

Sistem je probno ugrađen na dva privatna parkinga u Podgorici i u toku polugodišnjeg eksperimentalnog rada potvrdio je pouzdanost i jednostavnost korišćenja. Na Slici 7 prikazana je ulazna rampa parkinga gdje je implementiran GSM sistem za kontrolu pristupa.

3. ZAKLJUČAK

U radu je opisan sistem za automatizaciju pristupa parking prostoru koji je zasnovan na upotrebi broja mobilnog telefona kao identifikatora i magnetometra kao detektora prisustva vozila.

Elektronika predloženog sistema (Slika 2) je krajnje

jednostavna. Sastoji se od mikrokontrolera ATmega328P i svega nekoliko periferija. U pogledu cijene i jednostavnosti ugradnje, upotreba magnetometra za detekciju automobila, predstavlja prednost predloženog sistema u odnosu na uobičajena rješenja sa induktivnom petljom. Udruživanjem GSM identifikacije i magnetometarske detekcije vozila, dobijen je robustan sistem u kome je onemogućeno namjerno ili nehotično kompromitovanje sistema sa daljine.



Slika 7. Ulazna rampa parkinga kontrolisana opisanim GSM sistemom.

LITERATURA

- [1] Finkenzeller K., "RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication", Wiley, 2010.
- [2] Parking & Transportation Service, RFID Access Control, University of Arizona, 2005.
- [3] Parking Solutions, Zeag Profesional Parking Solutions, 2012.
- [4] Smart Parking Systems, Mitsubishi Heavy, Industries Parking Co., Ltd., MHI Parking, August 2013.
- [5] Getting Started with UHF RFID Solutions, The Technologym Application and Benefits, Motorola, Septembar 2012.
- [6] <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX3222-MAX3241.pdf>
- [7] The Basics of Loop Vehicle Detection, MarshProduct, November 2010.
- [8] Gadžović A., Lekić N., Radusinović I., "Automation of parking service using UHF RFID technology and magnetometers", 21st Telecommunication forum TELFOR, str. 597-600, Beograd, 2013.

WEB TEHNOLOGIJE ZA POVEZIVANJE SENZORSKIH ČVOROVA WEB TECHNOLOGIES FOR CONECTION WITH SENSOR NODES

Mirko Kosanović, Miloš Kosanović

Visoka tehnička škola strukovnih studija Niš

Sadržaj – Internet je danas postao de-facto standard bez koga je gotovo nezamislivo organizovati bilo koju ljudsku delatnost. Sa druge strane imamo jako veliki razvoj mikro elektro-mehaničkih sistema (MEMS), razvoj velikog broja snažnih mikrokontrolerskih platformi, senzorskih tehnologija i sve veći prodor bežičnih komunikacija koje su doprinele razvoju malih, inteligentnih jedinica-senzorskih čvorova (SČ). Sve to omogućilo je da se ogromna količina podataka može prikupiti sa velikog broja različitih lokacija i da se oni gotovo trenutno prikažu korisnicima. Ove mogućnosti bile su preduslov za razvoj velikog broja različitih tehnologija koje danas dominiraju na Internetu (Internet of things, Web of things). U ovom radu dat je pregled nekih od trenutno najpopularnijih tehnologija koje se primenjuju kod distribucije prikupljenih podataka i koje predstavljaju osnovni preduslov za razvoj velikog broja aplikacija za koje mnogi smatraju da će u budućnosti u potpunosti izmeniti čovekov život i doprineti da on bude mnogo ugodniji i bolji.

Abstract - Internet has become a de-facto standard without which it is almost unthinkable to organize any human activity. On the other hand we have a very large development of micro-electro-mechanical systems (MEMS), the development of a large number of powerful microcontroller platforms, sensor technologies and the increasing penetration of wireless communications that contributed to the development of small unit - intelligent sensor nodes (SN). All of this allowed that the huge amount of data can be collected with a large number of different locations and that they almost instantly to the users. These options were a prerequisite for the development of a large number of different technologies that now dominate on the Internet (Internet of things, Web of things). This paper provides an overview of some of the most popular technologies used in distribution of the collected data and which are the basic prerequisite for the development of a large number of applications for which many consider that in the future will completely change a human's life and contribute it to be much more comfortable and better.

1. UVOD

Internet je danas postao sastavni deo našeg života jer gotovo da ne postoji ni jedan deo ljudske delatnosti koja nije nekim svojim delom povezana sa Internetom. Samim tim, zahtevi koji se postavljaju toj mreži svakog dana sve više i više rastu, od običnog informacionog doba WEB 1.0, pa do današnjih multimedijalnih WEB 2.0 sistema koji uglavnom zahtevaju rad u realnom vremenu kao i punu bidirekionalnu vezu između korisnika. Njegov intenzivni razvoj predstavljao je osnovni preduslov koji je

omogućio razvoj velikog broja novih tehnologija koje su se zasnivale na njemu. Paralelno sa njim razvijale su se i druge tehnologije koje su bile usmerene na stvaranje uslova za prikupljanje velikog broja različitih podataka iz prirode koja nas okružuje. Kao krajnji produkt svih tih tehnologija proizašao je mali inteligentni bežični senzorski čvor koji je bio sposoban da potpuno samostalno kontinuirano prati ili meri pojave u prirodi, izvrši njihovu obradu i rezultate pošalje bežičnom komunikacijom nekom nadređenom senzorskom čvoru ili računaru. Tako su nastale Bežične senzorske mreže (BSM), koje predstavljaju kolekciju malih, jeftinih bežičnih senzorskih čvorova. One predstavljaju jednu distribuiranu računarsku mrežu koja se sastoji od velikog broja bežičnih senzorskih čvorova (SČ), koji potpuno samostalno mogu da se organizuju i formiraju jednu nezavisnu mrežnu infrastrukturu, putem koje oni prikupljaju, obrađuju i razmenjuju podatke. Na taj način BSM omogućavaju da na dosta jeftin i jednostavan način dođemo do ogromne količine različitih informacija koje nas u prirodi okružuju. Sa druge strane, ubrzani razvoj i primena Internet tehnologija, omogućio nam je da sve te informacije budu lako dostupne. Integracijom ove dve tehnologije ostvaruje se proročanstvo mnogih naučnika krajem prošlog veka a to je da osnovni zahtev klijent-server arhitekture 3A: **Any one** (bilo ko), **Any place** (bilo gde) i **Any time** (bilo kada), duplira i preraste u 6A: **Any thing** (bilo šta), **Any path/network** (na bilo koji način) i **Any service** (bilo koji dostupan servis) [1].

Sve više aplikacija zasnivaju svoj rad upravo na prednostima koje nam Internet pruža. Jedna od glavnih prednosti Interneta WWW (*Word Wide Web*), toliko se razvio da je od jednog servisa koji je pružao uvid u statične podatke narastao u servis koji omogućava prikaz velikog broja dinamičkih multimedijalnih podataka koji se menjaju u realnom vremenu (*real time*). Mogućnost da prikupimo ogromnu količinu različitih podataka, i to sa velikog broja geografski različitih lokacija, i da te informacije gotovo trenutno prezentujemo klijentima predstavlja ogromni izazov za realizaciju širokog spektra različitih tehnologija i aplikacija. Tu se pre svega misli na nove generacije distribuiranih računarskih tehnologija: *Cluster computing*, *Grid computing* i *Cloud computing*. One su sada bile preduslov za razvoj jednog novog pogleda na softverske aplikacije tkz. Web servis orijentisani softver. Razvijen je veliki broj softverskih alata i protokola koji su bili strogo orijentisani ka rešavanju problema u ovoj oblasti. To su pre svega: XML (*Extensible Markup Language*), WSDL (*Web Service Description Language*), UDDI (*Universal Description, Discovery and Integration*), LINQ (*Language-Integrated Query*) i dr. Pored toga razvijena su i dva protokola koja omogućavaju da se preuzimaju podaci sa različitih izvora i isti šalju ka Web servisima: *Representational State*

Transfer (REST) i *Simple Object Access Protocol* (SOAP). Ovi protokoli imaju i mogućnost da koriste mehanizme za razmenu poruka kao što su E-mail, SMS ili da razmenjuju poruke putem društvenih mreža i blogova [2]. Sve te osobine bile su idealne da se njihove pogodnosti iskoriste za povezivanje sa jednim distribuiranim izvorom velikog broja podataka kao što su BSM. Jedan od osnovnih problema da bi se ostvarila ova zamisao bio je da se jako zahtevni TCP/IP protokoli, koji predstavljaju preduslov za povezivanje sa Internetom, implementiraju u okviru skromnih resursa SČ [3]. Dugo se verovalo da je implementacija protokola iz TCP/IP skupa u SČ-ima neizvodljiva, zbog skromnih memorijskih i procesorskih mogućnosti koje oni poseduju, mada to niko u literaturi nije dokumentovao. Nasuprot tome u radu [4] prikazano je da je implementacija TCP/IP protokol steka moguća i na vrlo skromnim računarskim resursima (8-bitni mikrokontroler sa samo 2 KB memorije). Implementacija *lwIP* (*lightweight IP*) i *μIP* (*micro IP*) zahteva samo nekoliko stotina bajtova RAM memorije za svoj rad što su više nego skromni zahtevi. Osnovni problem pri ovakvoj implementaciji bio bi nemogućnost jednoznačnog adresiranja velikog broja SČ-ova. Zato se poslednjih godina intenzivno razvija jedna nova tehnologija, 6LoWPAN (*IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks*), koja se zasniva na IPv6 protokolu i koja u potpunosti rešava problem adresibilnosti svakog SČ-a. Međutim, omogućavajući primenu IP protokola u ovim mrežama omogućićemo samo interoperabilnost na mrežnom sloju a ne na višim slojevima OSI referentnog modela. Dalja integracija BSM, koja bi omogućila znatno veće mogućnosti, bi bila ako ih spregnemo i na aplikativnom nivou putem postojećih Web protokola. U stvari, u interakciji sa postojećim Web tehnologijama najznačajnije bi bilo omogućavanje korišćenja postojećih Web servisa ali sa gledišta svakog pojedinačnog SČ-a.

Većina komunikacije između korisnika Interneta danas se odvija putem standardnog HTTP protokola koji se koristi uslugama TCP i IP protokola. Celokupna komunikacija zasnovana je na standardnom klijent-server modelu gde klijent (aktivna komponenta) postavlja zahtev a server (pasivna komponenta) odgovara na taj zahtev. Sasvim je jasno da u ovakvom modelu server nije u mogućnosti da ispoštuje klasičan *real time* režim rada tj. da pošalje informaciju o nekoj promeni onog trenutka kada se ona i dogodi. Sa druge strane svi ovi protokoli su jako zahtevni u pogledu broja korisnih (*payload* podataka) koji se šalju, jer pored njih šalje se i velika količina kontrolnih podataka (veliki *overhead*). Posledica toga je zahtev za velikom propusnošću mreže kao i pojava kašnjenja kod slanja veće količine podataka. Zadnjih godina razvijene su mnoge tehnologije koje bi trebalo da zadovolje *real time* komunikaciju kao što su *Flash*, *Comet* ili *Ajax* [5]. Međutim, sve ove tehnologije nisu uspele najbolje da reše problem *real time* komunikacija jer su zahtevale od svih klijenata da se u Internet pretraživačima instaliraju programski dodaci (*plug-in*-ovi), dok su sa gledišta servera one bile jako zahtevne za instaliranje. Tek pojavom HTML 5 i predstavljanjem jednog novog protokola, nazvanog *WebSocket*, dolazi do rešavanja gore pomenutih problema tako da se danas ovaj protokol

smatra jednim od onih koji mogu da ostvare potpunu bidirekcionalnu *real time* komunikaciju između klijenta i servera [6].

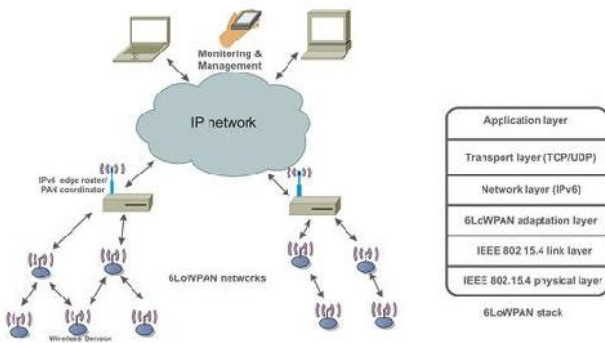
Nakon uvoda u problem u poglavlju 2, biće kratko opisana 6LoWPAN mreža koja omogućava jedan novi pristup TCP/IP komunikaciji između SČ-ova. U poglavlju 3 sa gledišta primenljivost Web servisa u BSM, razmatrana su dva trenutno najpopularnija Web servisa RESTful i SOAP. U poglavlju 4 objašnjen je malo zahtevan CoAP protokol za povezivanje SČ-ova sa Web servisima. U poglavlju 5 prikazane su karakteristike jednog novog protokola, *WebSocket* protokola, koji omogućuje komunikaciju u real-time režimu rada i od koga se očekuje da u budućnosti bude primaran protokol u gotovo svim aplikacijama koji povezuju BSM sa Web-om. Poglavlje 6 zaključuje ovaj rad.

2. Tehnologija 6LoWPAN

6LoWPAN je otvoreni standard definisan u RFC 6282 od strane Internet Engineering Task Force (IETF), tela koje je definisalo puno otvorenih standarda koji se koriste na Internetu, kao što su UDP, TCP i HTTP. U početku 6LoWPAN je bio zamišljen da podrži standard IEEE 802.15.4 za bežične mreže male snage u 2.4-GHz području, da bi sada prerastao u standard koji se adaptirao i može da se koristi i u raznim drugim mrežnim tehnologijama kao što su Sub-1GHz low-power RF, Bluetooth® Smart, power line control (PLC) i low-power Wi-Fi®. Zasniva se na već dobro poznatom standardu IEEE 802.15.4(LoWPAN) koji je primenjen na uređaje koji imaju jako limitirane resurse kakvi su bežični SČ-ovi. Jedan od osnovnih preduslova koje treba da izvrši svaki SČ je minimalna potrošnja električne energije kako bi se postigao što veći životni vek tj. nesmetani rad aplikacije u BSM. Kako je komunikacija u većini slučajeva najveći potrošač električne energije, sasvim je jasno da je potrebno da se ona svede na najmanju moguću meru [7]. Razvijeno je puno različitih tehnologija za bežičnu komunikaciju između SČ-ova koje omogućavaju pristup Internetu ali je sasvim jasno da tehnologije koje se zasnivaju na TCP/IP skupu protokola imaju prednost [8]. Kako većina protokola iz TCP/IP skupa predstavljaju jako zahtevne protokole, kod kojih su samo zaglavljaja dosta velika (IPv4-24 bajta, IPv6-40 bajta, UDP-8 bajta, TCP-24 bajta), jasno je da bi puna primena ovih protokola u BSM-a bio potpuni promašaj sa gledišta energetske isplativosti i efikasnosti. Za samo 2-3 bajta korisnih podataka (*payload data*), kakva je obično veličina podataka koji se prenose kroz BSM, morali bi da prenosimo 30-tak bajtova, a samim tim i potrošimo veliku količinu električne energije, a to indirektno znači da bi životni vek tih SČ-ova bio sveden na samo nekoliko dana [9]. Tehnologija 6LoWPAN je ovaj zahtev stavila kao primarni cilj koji mora da se ispuni.

6LoWPAN mreža se povezuje sa drugim IP mrežama kroz jedan ili više rutera (*edge routers*) čiji je zadatak da vrše prosleđivanje IP paketa između različitih mreža (vidi Sliku 1). Povezivanje sa drugim IP mrežama može se obezbediti kroz različite veze-linkove kao što su Ethernet, Wi-Fi ili 3G/4G. Kako standard 6LoWPAN definiše operacije protokola IPv6 preko IEEE 802.15.4 standarda,

ruteri moraju takođe da podržavaju IPv6 tranzicioni mehanizam koji omogućava povezivanje 6LoWPAN mreže sa IPv4 mrežama, što je definisano u NAT64 RFC 6146 standardu. To oslobađa SČ-ove u 6LoWPAN mreži da imaju implementiran ovaj mehanizam a istovremeno omogućuju im da nesmetano komuniciraju sa IPv4 mrežama.



Slika 1. Tipično povezivanje uređaja u 6LoWPAN mreži

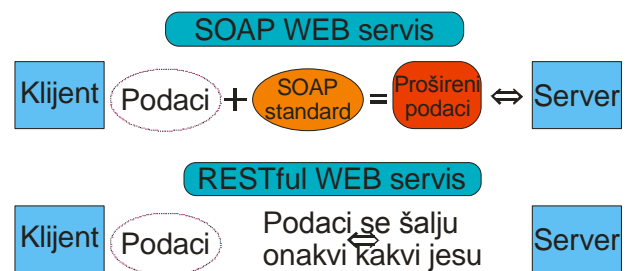
Da bi izvršio prenos IP paketa sa što manje utrošene energije i kroz sredine koje su poznate sa velikim procentom neuspešno prenetih paketa, 6LoWPAN definiše sledeće postupke:

1. Kompresiju zaglavlja (*header*) - vrši kompresovanje 40 B IPv6 i 8 B UDP zaglavlja pod pretpostavkom da postoje zajednička polja. Sva polja zaglavlja koja imaju podatke koji se mogu dobiti iz zaglavlja sa data link sloja se izostavljaju a ostala se komprimuju ili menjaju. Na ovaj način mogu se značajno smanjiti viškovi nepotrebnih IPv6 kontrolnih podataka. Ovaj način komprimovanja zaglavlja jedan je od faktora koji dovodi da ovaj standard podržava samo IPv6 a ne IPv4 protokol. Funkcionisanje TCP protokola ovim nije sprečeno ali se ovim standardom ne definiše kompresija njegovog zaglavlja.
2. Fragmentacija i sklapanje – kako maksimalna dužina okvira kod standarda IEEE 802.15.4 iznosi 127 B, a veličina segmenta kod IPv6 je 1280 B, neophodno je izvršiti njegovu fragmentaciju na manje delove. Kako u BSM postoji višeskakovit (*multi-hop*) prenos podataka, neophodno je da postoji mehanizam koji omogućuje da se svi delovi paketa, koji mogu da dođu različitim rutama, u potpunosti spoje na određenoj lokaciji.
3. Samostalno konfigurisanje – predstavlja proces koji omogućuje da svaki uređaj u okviru 6LoWPAN mreže automatski generiše svoju IPv6 adresu. Standard definiše metode koje sprečavaju da se pojave slučajevi da dva uređaja generišu istu adresu

Generalno možemo reći da je osnovni cilj svake 6LoWPAN mreže da omogućí korišćenje standardnih Web servisa, kao što su REST, XML, JSON i drugi, uređajima koji imaju jako ograničene resurse, kao što su SČ-ovi i to u sredinama koje imaju jako veliki procenat loše primljenih poruka tkz. LLNs (*Low-power and Lossy Networks*) mreža.

3. Web servisi

Web servisi predstavljaju jedan novi pogled ka pisanju aplikacija koje se primenjuju na Internetu. Njihov osnovni cilj je da omoguće povezivanje različitih informacionih sistema koji su instalirani u distribuiranim okruženjima. U suštini, oni predstavljaju jednu vrstu distribuirane aplikacije koja se sastoji od više aplikacionih funkcija koje možemo programski pozivati sa bilo kog mesta koje ima mogućnost Internet konekcije. Pri tome korisnik (*consumer*) i pružalac (*provider*) tih aplikacija koriste sistem poruka kako bi razmenili svoje zahteve i odgovore, najčešće preko HTTP (*Hyper Text Transfer Protocol*) protokola, a da pri tome ta komunikacija uopšte ne zavisi od resursa koje poseduju kako pružalac tako i korisnik tih usluga. Drugim rečima Web servis uopšte nije vezan za određenu kako hardversku tako i softversku platformu koju koriste obe strane u komunikaciji. Dovoljno je samo da podržavaju neki od protokola za razmenu informacija kao što su HTTP ili SMTP protokoli. Tipična arhitektura u kojoj se koriste Web servisi (SI.2) je klijent-server arhitektura što nam omogućava da jedna mrežna komponenta može imati ulogu provajdera servisa, korisnika servisa ili brokera servisa. Svojom jednostavnošću i velikim mogućnostima koje pružaju oni su danas postali sastavni deo gotovo svih savremenih informacionih sistema.



Slika 2. SOAP i RESTful Web servisi

Kako je reć o distribuiranim aplikacijama koje se nalaze na različitim mestima u Internet mreži, pozivanje Web servisa vrši se standardnim adresiranjem na Internetu tj. putem URL adresa. Svaki Web servis karakterišu tri osnovne osobine: a) **Interoperabilnost** (*Interoperability*) - sposobnost da aplikacije razvijene u različitim tehnologijama, u različitim programskim jezicima i na različitim platformama, međusobno komuniciraju; b) **SOA** (*Service Oriented Architecture*) – predstavlja pristup u razvoju softvera koji podrazumeva razdvajanje funkcija u odvojene servise tako da oni pojedinačno budu dostupni preko komunikacione mreže; c) **Skalabilnost** (*Scalability*) – omogućuje da se postojeće funkcionalnosti koje Web servisi pružaju menjaju (povećavaju ili smanjuju) uz minimalne troškove i najmanji mogući uticaj na rad informacionog sistema [10].

Veoma brzi razvoj Interneta kao i pratećih tehnologija uslovio je razvoj mnogih tehnologija koje su se primenjivale kod Web servisa koje su se brzo menjale. Sa današnje tačke gledišta dve platforme za razvoj Web servisa su se izborile kao vodeće i to: Microsoft.NET i

Sun J2EE. Bez obzira na odabranu platformu svi Web servisi mogu bez problema da pozivaju jedni druge. Uopšteno gledano sve Web servise možemo da podelimo u dve velike grupe i to: **Big** Web servisi i **RESTful** Web servisi. "Big" web servisi zasnivaju se na SOAP protokolu za jednostavan pristup objektima i često sadrže WSDL jezik za opisivanje Web servisa. WSDL nam omogućava da svaki Web servis kada ga pozovemo, a sadrži ovu funkciju, može da opiše sam sebe, operacije koje podržava kao kako ih možemo iskoristiti. Detalji koje WSDL daje mogu da budu poruke, operacije, veze i lokacije Web servisa. SOAP poruka je obično XML dokument definisan XML šemom. Kod SOAP Web servisa, SOAP poruke nisu predmet interesa programera koji kreira Web servis ili piše klijentski kod za korišćenje Web servisa već one samo omogućavaju komunikaciju klijentske aplikacije koja poziva Web servis i samog Web servisa. Ovaj tip Web servisa pogodan je kada nam je potrebna asinhrona obrada, pouzdanost i unapred formulisana (*Stateful*) operacija. Ako su aplikaciji potrebne dodatne informacije, SOAP nudi dodatnu specifikaciju u strukturi Web servisa da bi podržao upit (bezbednost, transakcije, koordinaciju, itd.) [11].

RESTful web servisi su zasnovani na arhitekturi koju nazivamo REST - *Representational State Transfer*. REST nije zavisna ni od jednog protokola, ali gotovo svaki RESTful servis koristi HTTP kao osnovni protokol. Ovi servisi su dosta bolje integrisani sa HTTP-om od SOAP servisa, pa kao takvi ne zahtevaju XML, SOAP poruke ili WSDL definicije. Uvođenje REST Web servisa u upotrebu predstavlja pokušaj da se prevaziđe složenost SOAP Web servisa. U suštini neka velika razlika između ova dva tipa Web servisa i ne postoji tako da SOAP Web servis koji koristi HTTP protokol za razmenu poruka predstavlja jedan specifičan slučaj REST Web servisa.

Osnovna ideja uvođenja RESTful Web servisa [12] sastojala se u tome da se omogući zadovoljavajuća arhitektura za izradu velikih distribuiranih hipermedijalnih sistema. Oni su bazirani na četiri osnovna principa: 1) identifikacija resursa kroz URI (*Uniform Resource Identifier*); 2) jedinstveni interfejs jer postoji samo fiksni skup operacija za interakciju sa resursima: GET, POST, PUT i DELETE; 3) samo-opisiva poruka (*self-descriptive*); 4) veza se ostvaruje putem hiper veze što omogućava da svaka interakcija sa resursima ne bude zavisna od trenutnog stanja resursa, tj. poruke su potpuno nezavisne. RESTful Web servisi su veoma jednostavni za korišćenje. HTTP servis ima podršku u gotovo svim operativnim sistemima i podrazumevani HTTP port (80) je otvoren za većinu *firewall*-ova. Ukoliko je potrebno uslužiti veći broj klijenata RESTful Web servisi poseduju nekoliko strategija koje podržavaju server i koje nude ove usluge kao što su: keširanje, klasterovanje ili ravnomerno opterećenje (*load balancing*). Ovaj servis može da podrži i različite XML tipove poruka kao što je na primer JSON (*Javascript Object Notation*) [12].

Postoje mnogi radovi koji porede ova dva servisa [13, 14]. Naravno, oba servisa imaju svoje prednosti i mane koje ih čini više/manje pogodnim za različite specifične slučajeve. Međutim, sa gledišta BSM, RESTful Web servisi imaju mnoge prednosti nad SOAP Web servisima a koji se ogledaju u sledećem: znatno manji *overhead* u

komunikaciji, lakša komunikacija (koriste se samo 4 naredbe), manja složenost implementacije servisa, nezavisnost od trenutnog stanja klijentske i serverske aplikacije, mogućnost korišćenja različitih formata u zavisnosti od aplikacije, kao i uska povezanost sa HTTP protokolom.

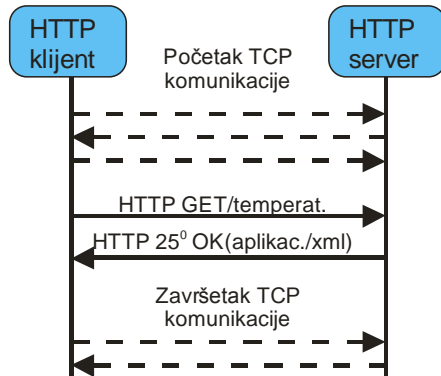
4. CoAP aplikacioni protokol

Integracija REST arhitekture u okviru BSM nije nimalo jednostavan zadatak iz proste činjenice da se ovde radi o jako limitiranim resursima kojima raspolažu senzorski čvorovi u okviru te mreže. Tipični senzorski čvorovi napajaju se putem baterije, strogo limitiranog izvora energije, poseduju nekoliko kB memorije i procesore koji imaju ograničene tj. smanjene računске mogućnosti. Samim tim, svaka direktna primena originalnih protokola iz TCP/IP steka je potpuno neprimenljiva jer bi na taj način životni vek svih senzorskih čvorova u mreži bio jako kratak [9]. Zato je razvijen poseban protokol od strane radne grupe IETF koji je nazvan CoAP (*Constrained Application Protocol*) sa ciljem da to bude osnovni Web transportni protokol koji bi se primenjivao u BSM i koji bi zamenio HTTP protokol. CoAP nastoji da primeni potpuno isti sistem prenosa podataka kao i HTTP protokol ali sa znatno manjim zahtevima za resursima. On podržava jedan deo HTTP funkcija, ali i proširuje taj set sa sopstvenim funkcijama kako bi pojednostavio komunikaciju između dva senzorska čvora, tj. omogućio tkz. M2M (*Machine to Machine*) komunikaciju. Na taj način usluge koje nude Web servisi dobijaju na značaju jer sada svaki senzorski čvor može da ih koristi i učestvuje u njihovom proširivanju [10].

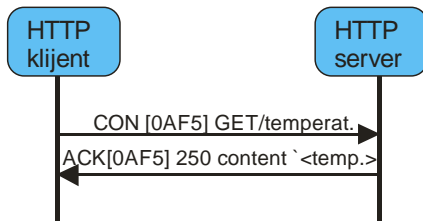
Osnovna namera CoAP protokola je da obezbedi generički Web protokol kojim će senzorski čvorovi moći da komuniciraju. On je veoma sličan HTTP protokolu (SI.3), ali njegov cilj nije da jednostavno kompresuje HTTP pakete, već da realizuje jedan smanjeni set sistemskih poruka koje će omogućiti M2M komunikaciju. U tu svrhu CoAP koristi sledeće četiri poruke: CON (*Confirmable*), NON (*Non-Confirmable*), ACK (*Acknowledgment*) i RST (*Reset*). Mehanizam rada ovog protokola je sličan klijent-server modelu komunikacije jer klijent uvek zahteva neki servis od servera. Nakon primljenog zahteva server odgovara uključujući u paket jedinstveni broj poruke (ID) koji je dobio sa zahtevom (SI.4). Posmatrajući slike 3 i 4 može se videti koliko je CoAP protokol uprošćen jer on koristi samo dva paketa kod normalne komunikacije za razliku od HTTP protokola kome su potrebna 7 paketa.

Zaglavlje protokola CoAP je znatno smanjeno (samo 4 B) i za razliku od zaglavlja HTTP protokola koje je tekstualno ovde se ono daje u binarnom zapisu koji se može vrlo lako parsirati i obraditi. Prva 2 bita zaglavlja određuju verziju CoAP protokola koji se koristi, zatim sledi polje tipa poruke od 2 bita (postoje četiri tipa poruke: 0 – poruke uz potvrdu (*Confirmable*), 1 – poruke bez potvrde (*Non-confirmable*), 2 – potvrda (*Acknowledgement*) i 3 – Reset), polje TKL veličine 4 bita koje određuje dužinu polja Token, 8-bitni kod koji

označava da li je poruka/odgovor uspešno primljen i na kraju 2 B polje koje predstavlja identifikator poruke pomoću koga se detektuju duplirane poruke/odgovori. Posebna prednost CoAP protokola je ta da su potrebni minimalni resursi koje treba da poseduje svaki SČ da bi on mogao da se implementira: 10 kB RAM i 100 kB memorijskog prostora za programski kod (RFC 7228).



Slika 3. HTTP komunikacija



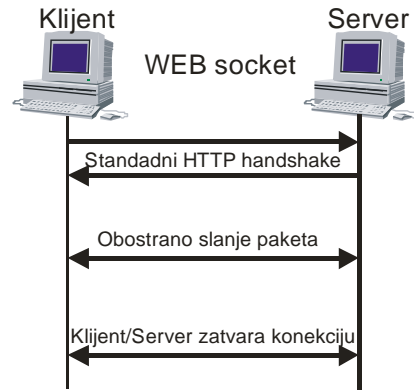
Slika 4. CoAP komunikacija

Problem pouzdanosti slanja kod CoAP protokola (koristi se nesiguran UDP protokol), je rešen korišćenjem *stop-and-wait* protokola, ugradnjom mehanizma za detekciju duplih poruka (isti ID) kao i već pomenutim slanjem *multicast* paketa. CoAP protokol je projektovan tako da koristi minimalna sredstva, i u SČ i na mreži. Umesto zahtevnog TCP protokola, koristi se UDP protokol. Fiksni *header* od 4 B i opcija kompaktnog kodiranja omogućava formiranje malih poruka koje izazivaju malo ili nimalo fragmentacije na link sloju. Od ostalih karakteristika CoAP protokola istakli bi još: podrška za slanje *unicast* i *multicast* paketa, mogućnost asinhronog prijema i slanja poruka, veoma mali *overhead*, podrška za proksi servis, ugrađene mogućnosti za keširanje poruka, proširivo i prilagodljivo zaglavlje, jednostavno pronalaženje resursa putem URI i td. [15].

5. WebSocket protokol

U prethodnim poglavljima objasnili smo samo neke osnovne tehnike koje su bile preduslov za razvoj velikog broja rešenja za *real time* aplikacije na WEB-u kao što su *Ajax*, *JSON*, *Comet*, *WebRTC* i druge. Međutim sve ove tehnike nisu rešavale glavni problem komunikacije kod BSM-a a to je veliki broj paketa koji su potrebni kod uspostavljanja i raskidanja veza a samim tim i veliki broj prenetih bajtova. Pored toga svi protokoli koji su se koristili kod ovih rešenja imali su veliki *overhead* u paketima. To se posebno odnosi na jako zahtevan HTTP

protokol, koji je osnovni protokol u gotovo svim predloženim rešenjima. Imajući to u vidu, jasno je da ni jedno od njih ne odgovara kao prihvatljivo rešenje za primenu u BSM. Kako je potreba povezivanja BSM sa WEB-om stalno rasla, bilo je neophodno da se razviju neka nova rešenja. Jedna od tehnika koja se zadnjih godina pojavila i koja nudi zadovoljavajuća rešenja za probleme koji su ranije izloženi je tehnika WebSocket-a.

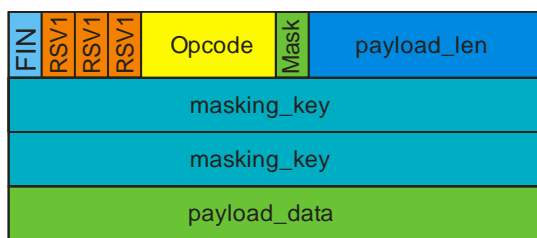


Slika 5. WebSocket komunikacija

WebSocket protokol omogućava potpunu dvosmernu, *full duplex* vezu, koja je zasnovana na klijent server tehnologiji (Sl. 5). Razvijen je da omogući mehanizam WEB aplikacijama za punu dvosmernu komunikaciju sa serverom a da se pri tome ispoštuju minimalni zahtevi HTTP veze. Osnovna ideja je u tome da se uspostavi *socket* veza između klijenata i servera koristeći HTTP protokol samo u početku uspostavljanja te veze. Nakon toga prelazi se na WebSocket protokol koji omogućava nezavisno i istovremeno slanje poruka u oba smera na ranije formiranoj *socket* vezi. To znači da i klijent i server mogu samostalno inicirati prenos poruke kada oni za to imaju potrebu. Time su izbegnuta kašnjenja u dostavi detektovane promene, omogućena je potpuna *full-duplex* veza, pa su stvoreni uslovi za omogućavanje klasične *real time* komunikacije između klijenta i servera. Samim tim ovaj model ne pripada tradicionalnom modelu zahtev-odgovor, koji je važio kod klasičnog HTTP protokola, jer i klijent i server, u ovom slučaju, se ponašaju kao klijenti jer mogu samostalno da započnu komunikaciju. Raskidanje veze takođe mogu da izvrše oba učesnika u komunikaciji i to kada god oni to žele. Za razliku od TCP protokola, WebSocket protokol pripada grupi protokola koji se zasnivaju na slanju poruka (*message-based*). To znači da se on služi okvirom koji pravi oko svakog podatka koji se šalje, što pojednostavljuje komunikaciju između klijenta i servera. Sada nije potrebno slati dodatnu poruku koja označava da je prenos podataka završen. Pored toga, od serverskog/klijentskog programa, na primer od JavaScript-a, se ne zahteva neka složenost u formiranju ili čitanju poruke koja se šalje ili prima. Kako se zadnjih godina WebSocket protokol intenzivno razvijao, specifikacija njegovog okvira se često menjala. U početku on je bio dosta jednostavan. Verzija protokola HyBi 00 taj okvir ograničava sa dva bajta, početni bajt je 00 a zadnji FF. Međutim, da bi se otklonili mnogi nedostaci ovakvo koncipiranog jednostavnog okvira, pre svega u bezbednosti podataka koje on prenosi, on je pretrpeo neke izmene tako da je veličina zaglavlja koja je u početku bila samo dva bajta sada povećana na min. šest bajtova. Na Sl. 6 prikazan je jedan takav tipičan okvir

WebSocket protokola koji pripada verziji HyBi10 [16, 17]. On se sastoji iz sledećih polja:

1. **FIN**(1 bit) – ukazuje na zadnji okvir u okviru jedne poruke,
2. **RSV1, RSV2, RSV3** (1 bit svaki) – rezervisani bitovi za neke buduće funkcije protokola,
3. **Opcode** (4 bita) – definiše tip okvira koji se šalje,
4. **Mask** (1 bit) – ukazuje kada je okvir zaštićen,
5. **Payload_len** (7 bita, 7+16 bita ili 7+ 64 bita) – dužina korisnih (*payload*) podataka,
6. **Masking-key** (32 bita) – podatak kojim se štite payload podaci (XOR sa payload podacima),
7. **Payload podaci** – veličina ovog polja zavisi od specifikacije date u polju *payload_len*,



Slika 6. WebSocket okvir

Posmatrajući strukturu WebSocket okvira, primećujemo da je on dosta pojednostavljen i da je *overhead* kod njega znatno smanjen na najmanju moguću meru. Naime, minimalna veličina zaglavlja iznosi samo 2-6 bajta što je u odnosu na standardni HTTP protokol, kod koga se ovaj *overhead* obično meri od nekoliko stotina bajtova pa do nekoliko kB, značajno smanjenje [18].

6. Zaključak

U ovom radu razmatrane su trenutno aktuelne tehnologije koje nam omogućavaju da iskorisimo sve prednosti Interneta i da njegove mogućnosti proširimo sa ogromnom količinom podataka koje možemo da dobijemo iz malih senzorskih jedinica. Činjenica da oromnu količinu prikupljenih podataka sa različitih izvora možemo da prikazemo velikom broju klijenata na geografskim različitim mestima, i sve to u *real time* režimu rada, pruža neslućene mogućnosti za razvoj ogromnog broja aplikacija. Uvođenje jedinstvenog ID svakom od tih SČ-ova, omogućilo bi da oni budu potpuno samostalni u uspostavljanju komunikacije sa bilo kojim uređajem na Internetu. Proširivanjem te veze sa mrežnog na aplikativni nivo mogućnosti postaju još veće. Veliki broj aktuelnih Web servisa postali bi dostupni a i obogaćeni sa podacima koje bi dostavljali SČ-ovi. Time su se stvorili uslovi za razvoj velikog broja različitih aplikacija koje mogu da ponude značajne prednosti i koje će u osnovi izmeniti naš život.

LITERATURA:

[1] M.Kosanović, M.Kosanović, "Integracija bežičnih senzorskih mreža u *Cloud Computing-u*", XIX IT, Žabljak 24.02-28.02.2014, pp. 88-91.

[2] M. Beraka, H. Mathkour, S. Gannouni, H. Hashimi, "Application of Different Web Service Composition Standards," IEEE ICCSC 2012, pp.56-63

[3] M.Kosanovic, M.Stojcev, "Connecting Wireless Sensor Networks to Internet", Facta Universitatis, Series: Mechanical Engineering Vol. 9, No 2, 2011, pp.169-182

[4] Adam Dunkels, "Towards TCP/IP for Wireless Sensor Networks", Malardalen University Licentiate Thesis No. 45, Swedish Institute of Computer Science, March 2005

[5] Shruti M. Rakhunde, Real Time Data Communication over Full Duplex Network Using WebSocket, IOSR Journal of Computer Science, vol 5/3, 2014, pp.15-19,

[6] Pimentel, V.; Nickerson, B.G., "Communicating and Displaying Real-Time Data with WebSocket," Internet Computing, IEEE, vol.16, no.4, pp.45,53, July-Aug. 2012

[7] S.Lei, W.Xiaoling, Xu Hui, Z.Jie, J.Cho, S.Lee, "Connecting Heterogeneous Sensor Networks with IP Based Wire/Wireless Networks," SEUS-WCCIA'06,2006

[8] S.Lei, W.Xiaoling, Xu Hui, Z.Jie, J.Cho, S.Lee, "Connecting Heterogeneous Sensor Networks with IP Based Wire/Wireless Networks," SEUS-WCCIA'06, 2006

[9] M.Kosanović, "Primena standardnih transportnih protokola u bežičnim senzorskim mrežama", YU INFO 2009, Kopaonik 8-11.03.2009

[10] Z. Shelby, "Embedded Web Services," J. IEEE Wireless Communications, vol.17, pp.52-57, 2010

[11] M. Gudgin [et al.]. SOAP version 1.2 part 1: Messaging framework (second edition), w3c recommendation, 2007

[12] Leonard Richardson and Sam Ruby. RESTful Web Services. O'Reilly Media, Inc., May 2007

[13] C.Pautasso, O.Zimmermann, F.Leymann, "Restful web services vs "big" web services: making the right architectural decision", Proc. of the 17th international conference on WWW, New York 2008,

[14] D. Guinard, I. Ion, S. Mayer, "In Search of an Internet of Things Service Architecture: REST or WS-*? A Developers' Perspective," Proc. the Eighth International ICST Conferen.on Mobile and Ubiquitous Systems, 2011

[15] Shelby, Z.; Hartke, K.; Bormann, C. The Constrained Application Protocol (CoAP); RFC 7252; The Internet Engineering Task Force: Reston, VA, USA, June 2014

[16] What has been changed since WebSocket HyBi 00? <https://developers.google.com/web/updates/2011/08/What-s-different-in-the-new-WebSocket-protocol?hl=en>

[17] The Web protocol draft, May 2010, <https://tools.ietf.org/html/draft-hixie-thewebsocket-protocol-76> pos. 20.12.2016

[18] Jasdeep Jaitla, WebSockets vs Rest: Understanding the difference, <https://www.pubnub.com/blog/2015-01-05-websockets-vs-rest-api-understanding-the-difference/> pos. 20.12.2016

5G ARCHITECTURE TO SUPPORT BUSINESS REQUIREMENTS FOR NEXT GENERATION BUSINESS TRANSFORMATION

Aleksandar Tudzarov¹, Saso Gelev¹

Faculty of Electrical Engineering, Goce Delcev University – Stip, R.Macedonia¹

Abstract - *In this paper we focus on demistifying the 5G paradigm from different aspects and view's. From the beginning, from the time when the term 5G started to emerge in scientific circles it was unclear what exactly it represents. In the scientific community there are a number of papers that are trying to present views of what they think 5G should be. In the past several years we have noticed the significant evolution in defining of the term 5G. Most importantly we can see that in the past year, requirements for 5G from business perspective are converging toward unified set of needed functions, functionalities and uses cases that need to be satisfied by the next generation network, that we call 5G. Basic idea of the paper is to present the business needs from the 5G network coming from the network operators/end-users and link them to what it represents viable and technically implementable architecture design given in different papers in scientific community. During this process of clarification paper also presents past and future views of 5G network paradigm and the needs of change.*

Keywords - 5G, business needs, NFV, SDN, Orchestration, Network Cloud.

1. INTRODUCTION

In order to understand the need for network evolution and defining of new network architecture it is crucial to recognize the current business needs from the network and identify the weakness and strong sides of current networks that are wanted or not needed in the new network ecosystem.

GSM (2G) was initially designed to bring mobility for voice communications. The addition of GPRS (2.5G) was the first technology that offered mobile data communication in era when internet was still at its early development. UMTS (3G) was designed to be truly multiservice technology that will be able to offer different services (voice, internet data, video) thru same network but recognized the biggest boost with the addition on HSDPA and HSUPA (3.5G) in area of offering fast (first wireless broadband) mobile data services. LTE (4G) with its current evolution to LTE-A is delivering true mobile broadband in its real sense.

Developments in the industry have always followed some schemes that fit well into economy of scale for the Eco-system of Cellular Operators, network vendors & device vendors. This has been done by following the principles that enables focus of ecosystem on one particular service for a global market and targeted for mass markets assuming the existence of what one could call the “average customer”.

So while the evolution of 2G/3G/4G followed a “one-size-fits-all” approach, business needs from the future

networks are customer centric “customer is in the center of the ecosystem”. In that sense 5G needs a change of paradigm. 5G has to cover the divergent needs and requirements expressed by individual use cases - while still utilizing economy of scales, efficient partnering for certain use cases, energy saving opportunities by significantly improved energy efficiency.

In order to fulfill the business requirements, 5G architecture need to include certain level of flexibility in order to realize required use cases. In line with that, most descriptive vision for 5G is the “Cloud with antennas everywhere”, i.e. network functions should be performed in distributed cloud data centers, only the RF equipment handling the analog radio part or the fixed access lower layers will be separated out in dedicated HW. In that sense Network Function Virtualization (NFV) and Software Defined Networking (SDN) will play a key role. SDN will play a major role as enabler for dynamic service creation and control, spanning the entire network from UE to the Data Center de-coupling of user plane from control, and the programmability of the network..

2. BUSSNES REQUIREMENTS FOR NEW NETWORK ARHITECTURE – 5G

The need for 5G to support a wide variety of different use cases and business models and in the same time to be able to satisfy customer specific requirements make it impossible to design a “one-size-fits-all” 5G network, as was created for previous generations of networks serving well defined “average customer” scenario.

Instead, new flexible architecture is needed which will support an adaptation to specific combinations of use cases, business model and value propositions – called Business package. So called Business packages require different functionalities (e.g. low/high mobility, low or normal power consumption, different security levels, different data rates and latency), that's why architecture needs the ability to dynamically create “specialized network compilation” for each of them. Figure [1] illustrates the layering of the end-to-end system to support this flexibility. A Business Application Layer provides the application layer service support for the different Business packages, while the lower layer provide the 5G network communication system.

Building of bunch of dedicated physical infrastructures in 5G architecture for all these Business packages is not something that scales well with the costs for the technology ; this would be even more inefficient than defining a “catch-all” architecture capturing all known requirements as far as possible. The solution shall instead be to use a cloud technology to create multiple virtual networks on a single physical infrastructure (the Infrastructure Resources Layer). The user devices are connected via multiple (fixed or mobile) access

technologies, depending on use case and device capabilities.

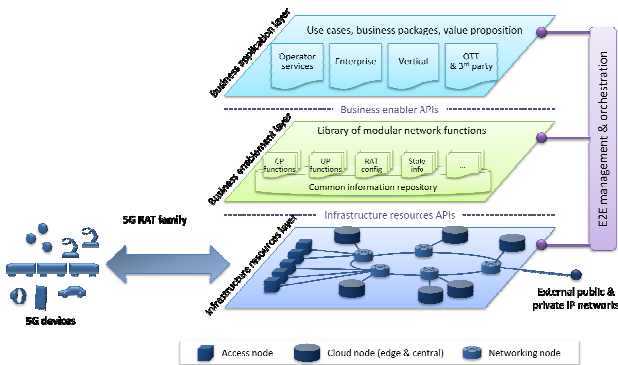


Fig.1 5G business architecture

As we cannot define today all Business packages and all required network functions for the entire lifetime of 5G, the Business packages need to be extendible during the lifetime of 5G. E2E Management & Orchestration offers the traditional OSS and SON functions as well as a cloud orchestration functions that automatically collect, configure, implement and then manage the various functions needed in support of a particular Business package. The Network Infrastructure shall use as far as possible Commercial-Off-The-Shelve HW in order to be able to offer cost effective implementation and best relation value for the money.

A. NEXT GENERATION NETWORK - USE CASES

The range of use cases for 5G can be represented as in the six sets shown in the Table 1 below.

Though not all use cases are equally relevant for each operator, the 5G system design needs to take their requirements into consideration when architecture and radio interface decisions are taken to provide the possibility of service flexibility.

B. BUSINESS MODELS

The most obvious role an operator can play in the future is the one of an *Connectivity provider*. Basically, this is a projector of existing business models into the future where a dump bitpipe is offered to retail (consumer/business) and/or wholesale/MVNO customers providing an best effort IP connectivity. An extension to that is the smart pipe proposition that includes the ability to offer IP connectivity which is fully configurable by customers (3rd party provider) or end users (e.g. zero rating, premium and/or guaranteed QoS).

A second role which can be played by an operator is the one of an *Asset provider*. Here, the operator provides the ability to offer and operate a defined part (e.g. capacity) of the network for a 3rd party provider, either national or time/location dependent. This offer includes aspects such as Infrastructure as a Service (IaaS), Network as a Service (NaaS) or Platform as a Service

(PaaS). The aforementioned sometimes are summarized as XaaS.

Another dimension of asset provisioning is real-time network sharing that refers to an operator’s ability to integrate 3rd party networks in the MNO network and vice versa, based on a dynamic and context dependent policies (e.g. congestion/excess capacity policies).

A third role an operator can play in the future is the one of a *Partner service provider*. As an example, a partner could offer integrated multimedia communication services based on the operator’s ability for 3rd parties/OTT to integrate provider communication services in their product offering. A more specialized version of that is the “tailored partner services” business model empowered by the ability for 3rd parties/OTT (e.g. content providers) to offer and create customized services specifically based on their demand and (own) content.

Use Case Type	Use Cases	Examples
Personal/Social Interaction in Connected Society	1.Tactile Internet 2.Multi user gaming 3.Augmented and Virtual reality	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 50 Mbps everywhere ▪ Dense Urban Society ▪ Pervasive video ▪ High speed train ▪ Smart Office ▪ Tactile Internet ▪ Operator Cloud Services
Massive Internet of Things	1.Low bit rate 2.High bit rate	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Smart Underwear ▪ ...
Critical & Safety - Lifeline	1.Emergency services	<ul style="list-style-type: none"> ▪ eHealth: Extreme life critical ▪ Remote object manipulation (e.g., remote surgery) ▪ PPDR (i.e., Natural disaster, Public Safety) ▪ Controlling a disable blower for human body
Ultra-reliable communication (M2M, M2H, H2M)	1.Health & Assisted Living 2.Automated Industries/processes 3.Remote Operation	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Automated traffic control and driving ▪ Collaborative robots
Extreme Real-Time Communication	1.Vehicle to X 2.Extreme video	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 3D Connectivity: aircrafts ▪ 3D Connectivity: post drones ▪ Remote Computing
Broadcast	1. local broadcast 2. regional broadcast 3. national broadcast	<ul style="list-style-type: none"> ▪ News and information ▪ ...

Table 1. Use Cases and Use Case Types identified for 5G network

C. VALUE PROPOSITION

The close relation between users and operators is based on VALUE PROPOSITIONS. Value propositions basically are promises of an operator towards his customers but also towards partners that support the operator in providing his services. Value propositions are a key driver why a customer decides for a particular operator and – finally – is willing to pay. All use cases as presented earlier inherently rely on value propositions. For the time being, 9 key value attributes have been identified, namely SECURITY, IDENTITY, PRIVACY, REAL-TIME INTERACTION, REAL-TIME EXPERIENCE, GUARANTEED RELIABILITY & CONNECTIVITY, SEAMLESS EXPERIENCE, CONTEXT VALUE CREATION, and ONE-STOP TOUCHPOINT.

3. 5G NETWORK CLOUD

Infrastructure Resource Layer, Business Enablement Layer, and E2E Management and Orchestration entities together make up the so called 5G Network Cloud architecture for supporting of the new Business packages, following the XaaS (everything as a service) paradigm. This new approach will be applied to all Network Functions that form part of the 5G Network Cloud, containing elements from today’s Core Network, RAN and OAM domains. Vision of this architecture is presented on Figure 2.

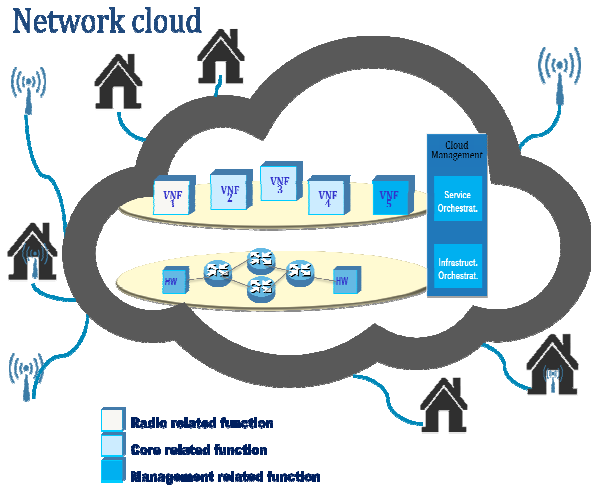


Fig. 2 Network cloud

The traditional physical separation of the domains for CN, RAN and OAM will be superseded by the cloud flexibility to dynamically allocate functions to physical resources as befits the business scenario. Today’s monolithic network boxes like the NodeB will be decomposed not only between HW and SW, but in finer grained SW functions. This should allow the application of consistent control functions within a multi-vendor network, and also increase the re-usability of SW blocks and allow easy integration of new functionality, supporting the introduction of new radio interfaces during the system lifetime.

Non-radio network functions shall be as far as possible access interface agnostic, i.e. not require the specifics of a certain access interface. In this way multiple radio interfaces can be supported in parallel, and new interfaces can be added during system life time.

The network cloud consists of two layers, the Network Infrastructure Layer (e.g. processing, storage, lines and routers / switches, data bases) and the Business Enablement Layer supporting the Virtualized Network Functions (VNFs) that run as SW blocks on this infrastructure. The Service Orchestration function provides a service chaining of VNFs to build an end-to-end service using a set of tailored function variants, as will be explained in the next section. The Infrastructure Orchestration function makes sure that VNFs are properly mapped to the respective physical infrastructure and that the end-to-end resources are allocated.

The network functions in the 5G architecture should be more granular than those of virtualized legacy technologies which are based upon the currently defined architecture nodes. The flexibilities required are both the flexible location of functions, and the ability to mix different function SW from different suppliers. As a minimum, the network and radio functionality should be split between control plane and user plane functions - although a further function split between loosely-coupled control functions seems desirable, e.g. between resource management and handover control. In order for network operators to be able to configure use cases, the interfacing between network functions needs to be open and vendor independent. As the composition of functions to support a use case will be SW integration rather than physical node integration, functional interfaces may not only be protocols, but could be SW integration frameworks such as Web Services or SOA, without eliminating the need for standardization.

4. 5G ARCHITECTURE PLATFORM TO SUPPORT BUSSINES TRANSFORMATION

5G should contain right functional capabilities that will allow mobile operators to offer integration of all business packages. Service creation should be possible end to end by SW in a highly programmable way. 5G will serve the service by network slicing principle using network APIs to abstract the logical network from the underlying physical fabric. High-level service architecture view is shown on figure 3.

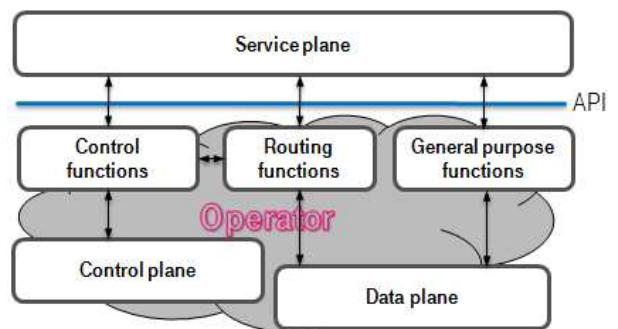


Figure 3: Service architecture view

From the business perspective, 5G should be able to support relationships between network operator and customer/service provider.

In the **connectivity** based business models, the network operator will be able to configure data flows such that only necessary network functions will be used to optimize operational and management costs. For certain machine type applications, where millions of devices with no mobility or other functional requirements and low data volumes, it would be simply too expensive to administrate the devices in the access network, and also authentication modules like SIM/eSIM. This requires 5G to adopt network architecture with high degree of modularity such that only necessary network capabilities are used in the network slice.

On the other hand, it is essential that more tight relationships (**partnerships**) will be flexibly supported. 5G should provide an abstraction layer as an interface, where all different type of in-networking functionalities (control plane and data plane related) can be exposed to the application layer functions and/or service providers based on a service level agreement and by using open API. Application/Service provider will then be able to use sub-set of the network capabilities in flexible, configurable and programmable manner and use network resources depending on their service preference.

5G network system should provide methods and instruments for various **network sharing** schemes developed to maximize the overall synergies of network sharing agreements and enable flexible business models and commercial relationships that potentially change rapidly. It means that with 5G, it should be possible to provide enough flexibility to accommodate the capacity needs of hosted operators dynamically, on real-time basis (e.g. for capacity brokering architecture, where network resources are provided dynamically to the highest-bidding hosted operator).

In order to be able to create services and build up partnerships in a differentiated way, key 5G capabilities should include:

- Connectivity transparency
- End-to-end awareness & QoS
- Security and privacy

Moreover these capabilities along with related in-networking functionalities (e.g. mobility functions) should be exposed to higher layers through APIs. 5G may involve a collection of Radio Access Technologies (RATs) dedicated to specific services). It is required that, based on network control, user should be always connected to the RAT or combination of RATs and/or access point or combination of access points providing the best user experience without any user intervention (**connectivity transparency**), and in a seamless way from a user perspective.

The need for use-case specific resource/functionality allocation and service orchestration and delivery demands awareness. In a broader sense, service, data, environmental, context, proximity, and cost awareness are required with possibility to be exposed to higher

architectural levels (e.g. service creation layer). QoS support needs to be explicit. Applications should not really have to know about TCP or any other protocol and it should be possible to replace transport protocols on the fly as well as allow applications to adapt if they can.

Security has been one of the fundamental services operators provide to their customers. Since 5G should be capable to offer services for critical sectors such as Public Safety or eHealth, utilities, the importance of guaranteeing a comprehensive and high level security is a core requirement for 5G systems and even stronger than previous network generations.

Network Deployment, Operational and Management requirements - In the response to challenges network operators will face in the future transformed industries and businesses, leading to significantly increased traffic, demand to support variety of use cases and wider spectrum of business/operating models, 5G has to be significantly more cost efficient compared to today's 4G networks.

Cost efficiency relates to minimizing the Total Cost of Ownership (TCO) cost of deployment and operation of the networks infrastructure by the network operators, and the cost of terminals, for any given service offering. The TCO of a mobile network is dominated by the cost of the radio access network (RAN), therefore special attention should be given to RAN. As an example, 5G requires a number of System energy efficiency techniques to minimize consumption, such as turning off components, efficient pilot transmission at low load, and sleep-mode cooperation with neighbor cells, such that, combined with hardware efficiencies. Total network energy consumption is required to be reduced by 50%, independent to traffic increase.

In order to assure maximum flexibility and scalability during the lifecycle of the technology, 5G system design should adopt functional split of network domains as well as network elements. Flexible and multi-vendor introduction of new functionalities or technologies into RAN and/or CN domain without HW dependencies should be possible. It should be possible to built multiple virtual networks (i.e. network slices) over the same physical infrastructure, each having different functional requirements. 5G should enable openness and multi-vendor capability at all levels.

In 5G deployments, base station density is expected to significantly increase for a number of reasons, including higher data volume density and the use of higher frequency spectrum. Current operations models are not prepared for emerging new technologies like 5G. The separation between Hardware- and Software will bring much more flexibility to add new functionalities in a multi-vendor and technology fashion. This will have a Major impact on operation. It implies reducing dramatically the complexity of Management and Operation and associated OPEX and CAPEX.

Given that 5G should allow connecting technology components in a plug & play manner, also operational requirements will differ depending on technology used for different use cases. Such versatility need to be supported in efficient manner by operational and management concept.

5. CONCLUSION

In this paper we have managed to present the basic requirements that need to be fulfilled from next generation network as well how they fit into the new 5G architecture. In this view it is clear that 5G needs to be designed and build for Diversity, Flexibility and efficiency. Presented architecture that is a fundament for the new so called 5G technology truly fits and is capable to deliver the needed business requirements and in that sense will support the new business transformation.

6. REFERENCES

- [1] V. O. Tikhvinskiy and G. S. Bochechka, "Conceptual aspects of 5G construction", *Electrosvyaz*, no. 10, pp. 29–3, 2013.
- [2] V. G. Skrinnikov, "Future image of 5G", *Electrosvyaz*, no. 10 pp. 34–37, 2013.
- [3] V. O. Tikhvinskiy, "5G World Summit – 2014. Same course from 4G to 5G", - *Electrosvyaz*, no. 7, pp. 2–39, 2014
- [4] V. O. Tikhvinskiy, S. V. Terentiev, and V. P. Visochin, *LTE/LTE Advanced Mobile Communication Networks: 4G Technologies, Applications and Architecture*. Moscow: Media Publisher, 2014.
- [5] Y. Weimin, "No-Edge LTE, Now and the Future", 5G World Summit 2014 [Online]. Available <http://ws.lteconference.com/>.
- [6] Y. Park, "5G Vision and Requirements", 5G Forum, Korea, Feb. 2014.
- [7] V. O. Tikhvinskiy, G. S. Bochechka, and A. V. Minov, "LTE network monetization based on M2M services", *Electrosvyaz*, no. 6, pp. 12–17, 2014.
- [8] G. Bochechka and V. Tikhvinskiy, "Spectrum occupation and perspectives millimeter band utilization for 5G networks", in *Proc. of ITU-T Conf. "Kaleydoscope 2014"*, St. Petersburg, Russia, 2014.
- [9] G. Wunder, "5th generation non-orthogonal waveforms for asynchronous signalling", in *COST Meeting 2014*, Ferrara Italy, 2014
- [10] "Series H: Audiovisual and multimedia systems. Infrastructure of audiovisual services – Coding of moving video. High efficiency video coding". Recommendation H.265, ITU-T
- [11] E. Puigrefagut, "HDTV and beyond", in *Proc. ITU Regional Seminar on Transition to Digital Terrestrial Television Broadcasting and Digital Dividend*, Budapest, Hungary, 2012
- [12] Project METIS Deliverable D2.1 Requirements and general design principles for new air interface, 31.08.2013

Techniques of software engineering in Web applications

Nikola Dinkić¹, Nikola Džaković¹, Dejan Rančić¹, Leonid Stoimenov¹, Olivera Pronić-Rančić¹, Uwe Siart²

Faculty of Electronic Engineering, Niš¹

Technische Universität München, Lehrstuhl für Hochfrequenztechnik, Fakultät für Elektrotechnik²

Abstract - *Choosing the Web framework that best fits the requirements is not an easy task for developers. Several frameworks now exist to develop Web applications, such as Laravel, Symphony, Yii, Codeigniter, Zend, Phalcon and CakePHP. Best practices are activities, technical or important issues identified by users in a specific context, and which have rendered excellent service and are expected to achieve similar results in similar situations. Each framework has its own best practices whose aim is to facilitate the development of Web applications. However, there is no current comparative analysis that identifies the best practices for Web frameworks. Thus, as its salient contribution, this paper identifies a set of best practices for Web frameworks. Afterwards, these best practices were discussed in terms of developing complex Web applications. The identification of these best practices would allow developers to construct more interactive and efficient Web applications, integrating features of Web 2.0 technologies with less effort and exploiting the frameworks' benefits.*

1. INTRODUCTION

Software is any set of machine-readable instructions that manage computer processor in performing the above operations. Software can be either system or application, depending on its main purpose. Sometimes the word software is used in a narrow sense, only for application software, which consists of one or more programs aimed at implementing the operations for a particular application. Software system is a set of software-based components related to execution of certain functions. Software system is not only about computer programs, but also configuration files, system and user documentation.

Information System (IS) is a broad term, because it represents a collection of people, data, processes and information technologies, which are all connected together in aim of collecting, processing and storing information. The term information technology represents combination of computer technology, hardware and software, telecommunications, which is used for transmission of data, images and speech.

Software engineering is an engineering discipline that studies all aspects of software production [1]. It includes knowledge, tools and methods for defining requirements, software development, as well as handling software and software maintenance. Use of Internet and especially its most popular subsystem, World Wide Web, has led to the development of new software technologies and specific types of network applications that are based on them.

Web application is an application software that is executed by Web browser. Web applications are implemented in a programming language that is supported by Web browsers, so that it can process the application and execute it. Web

browsers usually support languages HTML, CSS and JavaScript.

Client Web application is software that is executed via Web browsers that are already installed on user computers. This way, Web applications become independent from client hardware and software platform. Installation and maintenance of these applications is simple, since they are implemented on a small number of servers, compared to pre-unknown number of client computers, which do not need to make any changes.

In 1995. new programming tools were added to the design of Web pages (JavaScript language for example). Based on this we could differ two types of Web pages:

1. static pages whose appearance is defined already during development;
2. dynamic pages, whose appearance creates a dynamic Web server before they are sent to the client, where they can be further modified.

2. WEB ENGINEERING

World Wide Web (Web) was originally designed as an information medium, but eventually it became a universal medium for the distribution and use of computer applications. Modern Web applications [2] are complex software projects, they are systems based on technologies and standards of the World Wide Web Consortium (W3C). They also provide Web-specific resources, such as various content and services, via user interface through a Web browser. Web Engineering [3] studies engineering approach to the development of high-quality Web applications, using software engineering methods. Based on their complexity we can divide Web systems and technologies into certain categories, which are listed below:

1. Information applications, document-oriented: a static Web sites, radio and the company's Web sites;
2. Interactive applications: virtual exhibitions, news, travel planning;
3. Transactional applications: online banking, e-shopping, booking;
4. Applications based on the process of work: e-government, B2B, process control of treatment;
5. Portals: community portals, online shopping malls, business portals;
6. Collaborative applications: chat rooms, e-Learning, P2P services;
7. Applications based on the social Web: Weblog, collaborative filtering, virtual workspace;
8. Ubiquitous: custom services, location based services and multi-platform content delivery;
9. Applications based on the Semantic Web: referral systems, systems with content subscriptions, knowledge management systems;

Since Web applications include interaction with the user, Web services don't represent Web application, although they may be part of them. Static Web sites that don't contain software components, are also not considered Web applications. Development of certain categories of Web application includes various project requirements. Studies have shown that the most important problems of development of complex Web applications:

1. failure to satisfy business needs (84%),
2. delay the project (79%),
3. exceeding the project budget (63%),
4. the lack of functionality (53%),
5. the poor quality of the supplied software (52%).

Web engineering can be seen as a special form of software engineering. Web engineering discipline can be defined as:

1. Implementation of systematic and measurable methods, techniques and tools for analysis of profitable requirements, design, implementation, testing, use and maintenance of high-quality Web applications;
2. The scientific discipline that studies these approaches. Basic principles of Web engineering and general software engineering are similar:
 - a clear definition of the objectives and requirements,
 - systematic development of Web applications in phases
 - careful planning of individual stages of development,
 - continual revision of the entire development process.

Web Engineering also enables the planning and development process repeatability, and facilitates continuous evaluation of Web applications. This reduces the cost of development, minimizes the risk during development and maintenance, increases the quality of implemented Web system and enables developers to measure the quality and results of each stage of project life cycle. Notwithstanding certain resemblance between traditional and Web applications, the special properties of Web applications require adaptation or development of a new engineering approach.

Web applications have become prevalent types of applications, so it is important to know the process of their development and the special characteristics of these applications, which traditional applications that don't have. Special features Web applications are:

- non-linear navigation,
- page design,
- page download speed,
- automatic installation and update,
- dynamic application configuration and connectivity.

In addition, some of the properties of traditional applications are especially important for Web applications, for example, frequency of updates. The degree to which different Web applications possess these properties depends on their category or type. These properties are the

reason why many existing methods, techniques and tools of software engineering are inadequate or have had to be adapted to the special requirements of Web engineering.

3. PHP

PHP is widely used Open Source scripting language that is executed on server side of our Web application. This programming language is for creation of dynamic Web pages and Internet applications in general. It was created by Rasmus Lerdorf in 1994 and name PHP originally stood for "Personal Home Page Tools", but it now stands for the recursive acronym PHP: Hypertext Preprocessor. Rasmus Lerdorf created this language in order to keep maintenance of his own Web pages easier, and it was created on base of Pearl programming language, which was very popular at the time. Syntax of PHP language is very similar to C and Perl. Since this is an Open Source project, after his initial release many developers and designers took their place in further development of this language, and the current version of PHP is 5.6. This programming language is supported on many platforms (almost all operating systems support it), but it's most commonly used alongside Unix/Linux operating system with Apache server. According to many internet marketing agencies, PHP is the most commonly used language for developing server side of an Web application. One of the many reasons why PHP is so popular is the fact that it is free and open source. Alongside with that goes the fact that it supports large number of database management systems, such as MySQL; MS SQL server; Oracle; Postgre SQL; MS Access and many others.

PHP represents preprocessor of PHP scripts on Web server. What this means is that standard HTML pages can be expanded with PHP scripts which will be processed by PHP before they are returned to client. Result of this preprocessing is dynamically created Web page that usually contains data from server database. In order for Web server to recognize HTML pages that should be preprocessed, they must have extension "*.php". One more thing that separates PHP from other server based languages is that scripts written in PHP don't require compiling, but they are interpreted on each execution. Figure 1 shows workflow of execution of PHP script on Web server.

1. Client (Web browser on users personal computer) sends request for specific PHP page to server;
2. Web server redirects this request to proper Web service (Web application that handles requests for given PHP page);
3. Web service recognizes that PHP file is requested and it executes file via PHP module before sending it back to client;
4. Result of execution is sent to client as result of client request (this is usually HTML page);
5. Client recognizes result data type (HTML page, image, PDF, etc.);
6. Client presents result data to user;



Figure 1. Workflow of PHP preprocessor and generation of HTML pages

There are few scripting languages that developers can choose from, such as: ASP, JSP, Perl, CGI and PHP. Main debate is held between PHP and ASP, and which one of these is actually better. In terms of popularity it is very hard to lead this debate, since some of the most popular Web applications are created in PHP (most popular of them is Facebook social network).

Even though developers tend to learn as much programming languages as they can, PHP represents one of the few languages that every programmer should know.

4. WEB FRAMEWORK ARCHITECTURE

During the short history of the World Wide Web and Web technologies, engineers experimented with different architectures and approaches for developing server part of Web applications. However, specific architecture became dominant in the last few years and it can be identified in a variety of languages and framework. Almost every modern programming language has multiple frameworks, which are typically Open Source. This drastically facilitates the development of Web applications, developers can move from language to language and from framework to framework on without any major problems. That architecture is characterized by the use of REST (Representational State Transfer) architectural style and MVC (Model View Controller) pattern. Examples of these frameworks are:

1. PHP: Laravel, Symfony, Yii
2. Node.js (Javascript): Sails.js, Locomotive
3. Java: Spring, Spark
4. Python: Django, Flask

The main features of the REST architectural style (Figure 2) are that it is stateless and it always relies on the HTTP protocol [6], [7]. This means that the status of clients using REST application isn't stored on server at any moment. For example, the server doesn't remember that the client is currently logged into the application. During a successful authentication client is assigned with a specific token that is generated by a pre-defined algorithm. Then, when a client wants to access to protected area of application, with each HTTP request it sends the token and the server then verifies if the token is valid or not. If the token is valid, client would gain access to the protected area, otherwise error would be thrown.

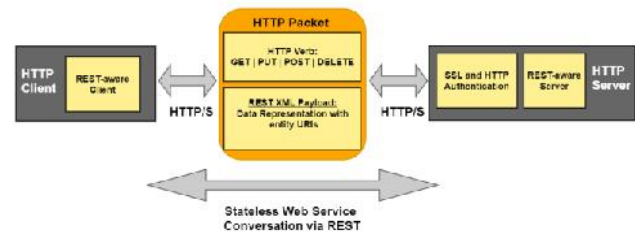


Figure 2. Architecture of the REST architectural style

REST defines an application resources. Resources can be any entity. For example, in banking application that could be all bank accounts, or in football application related resources can be players, teams, judges, etc. REST uses HTTP for all CRUD (Create Read Update Delete) operations and for that it has four different corresponding HTTP request: GET, POST, PUT and DELETE.

Another main feature of modern Web frameworks is using the MVC pattern [8], [9], [10] (Figure 3). MVC templates allow writing of decoupled code and clear division of duties of each of the MVC components:

1. **MVC – Model** represents only the data part of an application, and does nothing else. The model doesn't depend on the controller and view. Model is not supposed to contain any application logic nor the data display.
2. **MVC – View** represents the interface of the application and displays it to the client. The client can send requests to controller, with specific actions in view (click on the button etc.).
3. **MVC – Controller** can contain the main application logic. He performs certain operations on the data and it links model and view, so it basically forwards model to the view.

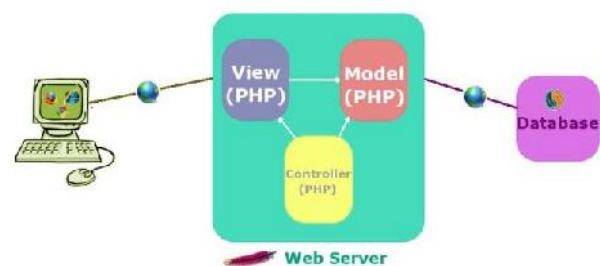


Figure 3. MVC Pattern

MVC allows easy reuse of code, far easier to edit certain parts of the application, without any influence and potential defects in other parts of the application. For example, since the view doesn't know anything about the database, we can easily change the database or data processing logic in the controller without any changes in view, which will continue to do only what is in charge of.

5. PHP FRAMEWORKS

PHP is one of the most commonly used programming languages when it comes to creation of Web applications. According to W3Tech organization almost 82% of all Web applications are created using PHP language for server side, but even so, developing application in PHP can be quite a challenge for young developers with low experience

in creating Web applications. One of the great advantages of PHP is that it gives a lot more freedom to programmer during project development. This means that it has smaller base of syntax rules and developer is not forced to use specialized operative system nor he is forced to use integrated development environment. On the other hand this means that it can be very hard to keep track of how project development is going in terms of software engineering. What this means is that release version of Web application even though is completely functional can have very bad code base, which means that further development and scaling of this application can be very hard and in many cases even impossible. With PHP applications this happens even more commonly since language is very easy to learn and many people that don't even have proper knowledge use it for development of Web applications. Additional problem is that PHP is interpreter, and it doesn't have syntax control, so during development if developers don't write unit tests that can lead to more errors (syntax and semantic) that are not easily detected. Of course, if during project development, programmers stick to the good practices of software engineering, problems like this should not appear, but even for senior developers with a lot of experience it will take time to create all modules needed by their projects. This just might be the main reason why more and more developers and engineers decide to use some of the PHP frameworks for their projects.

Frameworks [4], [5] are nothing more than class libraries that are used for solving generic requirements that most of Web applications have. For example, huge number of Web applications use database in their background. Now, PHP on its own has support for opening connection to various databases, but it doesn't have Object-relational mapper, nor it has some kind of query builder. This means that each time we start new project we will first have to create one layer in our architecture for communication with database. If we decide to use framework there is a good chance that this problem is somehow already handled. Also, each framework has its own architectural style and set of programming patterns which developer has to follow in order to be successful in his development. This way programmer in some way ensures that our end project has a good code base and that it can scale easily. Using a framework reduces a freedom in terms of development, and this can cause problems, but those cases are very rare and advantages that frameworks offer us outweigh this by far. One more advantage of using framework is enhanced security. Each PHP framework has built in modules for protection from SQL injection, Cross-site scripting, Cross-Site Request Forgery, etc. Figure 4 shows list of most popular PHP frameworks in 2015.

Designers of software frameworks aim to make Web development easier for other programmers, and they aim to allow them to spend less time on developing low level generic modules, and spend more time dealing with client requests that are specific for that particular project, and that way total time of development is reduced.

More so, framework essentially represents free help from other (usually more experienced) engineers. Another advantage of using frameworks is that it has been tested by many other developers and it has been improved multiple

times, so there is a lesser chance to have bugs or security flaws.

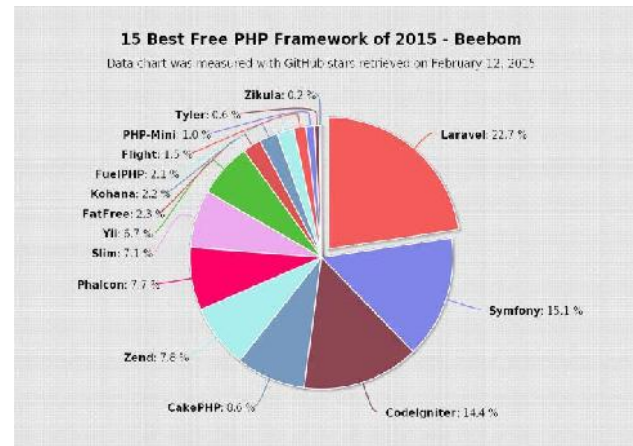


Figure 4. Diagram of most popular PHP frameworks

Unfortunately, even though they offer many advantages, there also a bad sides of using framework. First, before we even start to use it, we need to learn its syntax, and this is bad because each framework has its own syntax and it can be a bit different than standard syntax of programming language. This can be very important, because programmer can know only syntax of specific framework (it can even happen that he doesn't know syntax of that programming language at all) and if for some reason he needs to stop using that framework it will be very hard for him to adapt and continue to work on existing Web applications.

Also, each framework has its own limitations that are caused by the way it was written. Even though they are written to suffice all possible situations, it is not uncommon to run into development problems that have to be handled manually and not through framework. Furthermore trying to expand framework can be very complex task and it would require high knowledge of the programming language itself as well as the architecture of framework. This can consume a lot of time, so in some cases if changes are so extensive it can even take more time than developing them from scratch.

Last thing is that frameworks are usually Open source. As much this is a good thing it also a bad one. Since its code is publicly available it can be easily altered to do harm to applications that are created using that framework. Hackers can easily add modules for data collecting (usually targets would be private and sensitive data like bank accounts) and similar.

6. DISCUSSION AND CONCLUSION

From all enclosed can be concluded that the PHP language is for a reason currently the most popular scripting language for writing server part of a Web application. A multitude of opportunities that this language offers resulted in the creation of a large community of developers who exclusively use PHP. Due to a large number of frameworks, they represent an ideal tool for beginners who don't have a lot of experience and who are just starting with Web programming. As has already been said a framework

is a set of classes packaged in a library that aims to facilitate and accelerate the process of developing applications. In addition, the framework controls the application architecture, so that it remains flexible and scalable, which is the most important for beginners. Of course, although framework has many advantages, it doesn't represent the perfect solution for every situation. Although they are created with the intention to resolve common problems that occur in almost every application, there are cases where the framework itself can't be helpful, and it is necessary to change its parts or create an application from the beginning.

Most frameworks are based on well-known architectural patterns, such as MVC for example, which is proved as very good solution for this type of applications. Also, due to the huge community of PHP programmers, new tools and frameworks emerge every day for this language. In this paper, based on multiple examples we have had the opportunity to see why following standard techniques of software engineering is so important in developing Web applications and why PHP language is something that every programmer should learn.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was funded by the bilateral Serbian-German project "Flood Prediction and Alerting System" supported by the DAAD foundation and Serbian Ministry of Education, Science and Technological Development.

REFERENCES

- [1] "Introduction to Software Engineering", Ronald J. Leach, 2000.
- [2] "Software Engineering for Modern Web Applications: Methodologies and Technologies", Brandon Daniel, 2008
- [3] "Web Engineering: Modelling and Implementing Web Applications", Gustavo Rossi, Óscar Pastor, Daniel Schwabe, Luis Olsina, 2008.
- [4] "Web Frameworks: Pros And Cons Of Using Frameworks" - <http://1stwebdesigner.com/web-frameworks/>, visited 12. 04. 2016.
- [5] "Real-World Solutions for Developing High-Quality PHP Frameworks and Applications", Sebastian Bergmann, Stefan Priebsch, 2011.
- [6] REST Architecture style: <http://rest.elkstein.org/> - visited 12. 04. 2016.
- [7] "RESTful PHP Web Services", Samisa Abeyasinghe, October 2008.
- [8] "Pro PHP: Patterns, Frameworks, Testing and More", Kevin McArthur, 2008.
- [9] Use of Design Patterns in PHP-Based Web Application Frameworks: <http://www.lu.lv/materiali/apgads/raksti/733.pdf> , visited 12. 04. 2016.
- [10] "Laravel Design Patterns and Best Practices", Arda Kılıçdağı, H. İbrahim YILMAZ, July 2014.

ARHITEKTURALNA ANALIZA U AGILNOM RAZVOJU KOMPLEKSNIH SISTEMA

ARCHITECTURAL ANALYSIS IN THE AGILE DEVELOPMENT OF COMPLEX SYSTEMS

Mirjana Marić¹, Predrag Matković¹, Pere Tumbas¹
Ekonomski fakultet u Subotici, Univerzitet u Novom Sadu¹

Sadržaj - Poslednju deceniju karakteriše distinkcija između agilnog i tradicionalnog procesa razvoja softvera. U praksi su sve značajnije zastupljeni agilni procesi i njihovi koncepti razvoja. Sve češće se koriste i u razvoju visoko kompleksnih sistema, iako su oni inicijalno namenjeni za razvoj manje kompleksnih rešenja. Ovakva njihova primena implicira različite dileme, naročito u domenu arhitekturnih pitanja, koja su postala fokus aktuelnih istraživanja. Naučna zajednica smatra da suprotstavljeni procesi razvoja softverske arhitekture (tradicionalni vs. agilni) imaju komplementarne uloge u razvoju softvera, sa mogućnošću njihovog koegzistiranja i integracije.

U radu je sprovedeno empirijsko istraživanje, primenom klasične varijante Delfi metode, na uzorku od 20 eksperata iz prakse, uz bootstrap uzorkovanje na 1000 replikacija. Dobijeni empirijski rezultati potvrđuju stavove u literaturi, da nascentna arhitektura nije dovoljna u razvoju kompleksnih rešenja i da je neophodno u agilne procese inkorporirati određene eksplicitne arhitekturne prakse. U radu su predstavljene eksplicitne arhitekturne prakse, tipične za fazu arhitekturne analize, koje su praktičari ocenili značajnim u razvoju kompleksnih sistema agilnim procesima.

Abstract - The past decade is characterized by a distinction between agile and traditional processes in software development. Agile processes and their development concepts are increasingly represented in practice. They are also used in the development of highly complex systems with increasing frequency, although they were initially intended for developing less complex solutions. Such a use implies various dilemmas, especially in the domain of architectural issues, which have become the focus of current research. The scientific community deems that opposing software architecture development processes (traditional vs. agile) play complementary roles in software development, with a possibility of their coexistence and integration.

The paper conducts empirical research, with the use of the classical variety of the Delphi method, on a sample of 20 experts from practice, with bootstrap sampling on 1000 replications. The obtained empirical results confirm opinions in literature that the emergent literature is insufficient in the development of complex solutions, and certain explicit architectural practices need to be incorporated into agile processes. The paper presents explicit architectural practices typical of the architectural analysis phase, which practitioners have assessed as

significant in the development of complex systems with agile processes.

1. UVOD

Razvoj informaciono komunikacionih tehnologija i Interneta uticao je na pojavu globalnog poslovanja i 24 časovne ekonomije. Preduzeća su bila prinuđena da se prilagode revolucionarnim promenama koje su nastale u poslovnoj klimi, kako bi obezbedile svoj opstanak na tržištu. Prilagođavanje novim tržišnim prilikama i ekonomskim uslovima nije zaobišlo ni preduzeća za razvoj softverskih proizvoda, jer je softver postao deo gotovo svih poslovnih operacija.

Postizanje kompromisa između brzog razvoja i isporuke, s jedne strane, i proizvodnje visoko kvalitetnog poslovnog softvera, predstavljao je izazov u softverskoj industriji. Rapidne promene u poslovnom okruženju onemogućile su inicijalno definisanje stabilnih i fiksnih softverskih zahteva. Promenljivost zahteva tokom celog životnog ciklusa razvoja softvera, pa i nakon njegove implementacije, postao je imperativ u razvoju poslovnog softvera krajem dvadesetog veka. U ovakvim okolnostima tradicionalni procesi razvoja, koji su do tada uspešno odgovarali na poslovne zahteve, nisu mogli adekvatno da odgovore novim poslovnim izazovima.

Dobro definisani procesi, sa velikim brojem uloga, aktivnosti i masovnom dokumentacijom, pogodovali su razvoju velikih skalabilnih softverskih rešenja koja se lako održavaju, ali su predstavljali balast u razvoju malih internet poslovnih rešenja. Primer takvog procesa razvoja je RUP. Uspostavljanje samog razvojnog procesa po RUP-u predstavljao je zahtevniji i vremenski duži posao od samog rešenja koje se trebalo razviti. Tradicionalni proces razvoja iziskuje velika ulaganja resursa, što preduzeća suočena sa brzim razvojem tehnologije i čestim promenama u poslovnom okruženju nisu u mogućnosti da obezbede.

Kreiranje i prihvatanje promena postao je imperativ za ostvarivanje njihove konkurentnosti na tržištu. To je istorijski moment pojave "lakih" procesa razvoja softvera, koji se svrstavaju u grupu agilnih metodologija [1][2][3]. Agilne metodologije karakteriše spremnost na kontinuirane promene [3], neformalnost [4], hitrost, spretnost, popustljivost, opreznost [5] i samosvesnost razvojnog tima [6]. Iz tog razloga se, u novije vreme, prepoznaje značaj upotrebe agilnih procesa i u domenu razvoja kompleksnih sistema.

U skladu sa opisanim tendencijama, danas u industriji softvera postoji gap između stalnog rasta kompleksnosti softvera i manjkavosti agilnih procesa da podrže njegov razvoj i održavanje. Novija istraživanja u fokusu imaju mogućnosti proširenja agilnih procesa, kombinovanjem komplementarnih elemenata agilnog i tradicionalnog razvoja, dokazujući da je njihova koegzistencija i integracija moguća.

Jedno od najosetljivijih pitanja proširenja agilnih procesa jesu arhitekturna pitanja. Drugim rečima, agilni procesi ne nude tipične eksplicitne aktivnosti za razvoj softverske arhitekture, kao što su aktivnosti arhitekturne analize, sinteze i evaluacije. Razlog tome je što one iziskuju dodatne troškove, a ne proizvode vrednost za korisnika [7].

U procesima agilnog razvoja dominira razvoj funkcionalnosti softvera na uštrb razvoja njegove arhitekture. Pristalice agilnog razvoja smatraju koncept metafore i tehnike refaktorisanja adekvatnom zamenom za tradicionalan proces razvoja arhitekture. Po njima, arhitektura nastaje postepeno, nakon svake iteracije, kao rezultat kontinuiranih izmena programskog koda (emergent arhitektura), a ne kao posledica neke unapred izgrađene strukture [7][8][9].

Dakle, primena agilnih procesa u razvoju kompleksnih savremenih sistema je neizostavna danas iz razloga što agilni procesi omogućuju organizacijama efikasnost, kvalitet i fleksibilnost u prihvatanju promena. Međutim, mora se naglasiti da je njihova uspešna primena u domenu razvoja kompleksnih sistema u direktnoj vezi sa upotrebom eksplicitnih arhitekturnih praksi.

Integracija agilnih procesa razvoja i jaka arhitektura, u domenu kompleksnih sistema, izazov su i za praktičare i za naučnu zajednicu. Iz opisanog predmeta i problema istraživanja proizašlo je sledeće istraživačko pitanje:

IP1. Koje eksplicitne arhitekturne aktivnosti, tipične za arhitekturnu analizu, praktičari smatraju značajnim u razvoju kompleksnih sistema agilnim procesima?

U kontekstu postavljenog pitanja istraživanja definisan je istraživački cilj: *Identifikovane eksplicitne arhitekturne prakse značajne za realizaciju arhitekturne analize u agilnim procesima razvoja.*

2. METODOLOGIJA

U radu je realizovano empirijsko istraživanje, primenom klasične varijante Delfi metode, kroz tri kruga istraživanja [10]. Priroda problema istraživanja nalagala je da se vrši nameran odabir jedinica uzorka. Istraživanje je sprovedeno u referentnim kompanijama iz ICT sektora, na „svrhovito” - homogenom uzorku od 20 eksperata, što je u skladu sa preporukama za Delfi tehniku [11]. Sprovedeno je i „bootstrap“ uzorkovanje na 1000 replikacija kako bi dobijeni empirijski nalazi imali veću validnost za osnovni skup.

Delfi metoda podrazumeva i kvalitativnu i kvantitativnu komponentu istraživanja, te su u tu svrhu razvijena dva instrumenta: upitnik za realizaciju intervjua i upitnik za realizaciju ankete. Prvi instrument istraživanja predstavljao je set inicijalnih pitanja koja su poslužila za sprovođenje polustrukturiranog intervjua, sa ekspertima iz prakse. Drugi instrument istraživanja, upitnik za realizaciju ankete, kreiran je na osnovu prethodno sprovedene kvalitativne analize podataka iz intervjua. Upitnik je izgrađen u elektronskoj formi, pomoću Google Drive-u (Google form), a saastojao se od seta zatvorenih pitanja zasnovanih na skalama procenjivanja (po uzoru na Likertovu skalu) i na „čeklutama”.

Prikupljeni podaci prvog kruga, analizirani su metodom tematske analize sadržaja. Kodiranje podataka intervjua i tematska analiza sadržaja realizovani su prema preporukama autora Miles i Huberman [12]. Rezultati prvog kruga istraživanja obezbedili su pregled stanja u praksi i podatke za kreiranje drugog instrumenta istraživanja.

Drugi i treći krug istraživanja Delfi metodom realizovani su putem upitnika. Nad prikupljenim podacima sprovedena je kvantitativna analiza, u softveru Statistical Package for the Social Scientists (u nastavku SPSS).

3. SOFTVERSKA ARHITEKTURA

Softverska arhitektura, kao koncept, egzistira od ranih sedamdesetih godina u radovima Edsgera Dijkstre i Davida Parnasa, koji su još tada prepoznali značaj strukture sistema za njegov kvalitet. Parnas [13] je prvi u tumačenju procesa razvoja softvera uveo pojam modularizacije, što je značilo dekomponovanje budućeg sistema na manje delove, module, koji se razvijaju nezavisno, mogu biti ponovo korišćeni kao i zamenjeni drugim postojećim modulima. Pokazao je da je modularizacija sredstvo za povećanje fleksibilnosti i razumljivosti sistema i ujedno njegovog lakšeg proširivanja i održavanja.

Danas je u upotrebi veliki broj različitih metoda, tehnika, uputstava, procesa, kao i najboljih praksi za razvoj softverske arhitekture [14][15][16][17][18].

Razvoj softverske arhitekture podrazumeva širok spektar zadataka: analizu i opis svojstava sistema na visokom nivou apstrakcije, validaciju softverskih zahteva, procenu troškova procesa razvoja i održavanja, ponovnu upotrebu softvera, uspostavljanje osnova i smernica za detaljan dizajn sistema. Izgradnja arhitekture podrazumeva i sagledavanje odnosa sistema koji se razvija i njegovog okruženja (korisničkog i razvojnog), uz uvažavanje ekonomskih i socioloških aspekata. Iz tog razloga brojni autori smatraju da arhitektura ima vitalnu ulogu u razvoju velikih/kompleksnih softverskih sistema [14][15][16][17][18].

Softverska arhitektura kompleksnih sistema ne može se predstaviti jedinstvenim modelom, već setom međusobno povezanih modela, koji zajedno čine celinu. Setovi

modela organizuju se u poglede, pri čemu se svaki pogled bavi opisom specifičnog aspekta arhitekture. Svaki arhitekturni pogled sastoji se od bar jednog modela.

Kompleksnost dizajna softverske arhitekture proizilazi iz njene uloge u razvojnom procesu softvera. Ona predstavlja most između procesa analize zahteva i procesa izgradnje softvera, koji uključuje: dizajn, kodiranje i testiranje. Rozanski i Woods [14] su definisali „Three Peaks“ model, koji je nastao proširivanjem „Twean Peaks“ modela, postavljenog od strane Nuseibeh [19]. Model je predstavljen na slici 1 i jasno opisuje vezu i interakciju koja postoji između analize zahteva, arhitekture i izgradnje softvera:

- Rezultati analize zahteva (identifikovane granice sistema, identifikovani sistemski funkcionalni i nefunkcionalni zahtevi) pružaju kontekst za dizajn softverske arhitekture.
- Prilikom definisanja softverske arhitekture često se otkrivaju nedoslednosti u zahtevima, nedostatak zahteva, kao i informacije o visokim troškovima i kompleksnosti ispunjavanja pojedinih zahteva stejkholdera. Ove informacije predstavljaju povratnu spregu procesu analize zahteva, na osnovu koje se vrši ponovno utvrđivanje prioriteta zahteva i kompromisno donosi odluka, shodno vremenskim i budžetskim ograničenjima.
- Kada se utvrdi da definisano arhitekturno rešenje može da ispuni set identifikovanih zahteva stejkholdera, otpočinje aktivnost planiranja izgradnje sistema.
- Izgradnja predstavlja set inkrementalnih isporuka izvršnog softverskog rešenja, pri čemu svaka isporuka obezbeđuje povratne informacije na arhitekturnom nivou. Povratne informacije ili potvrđuju adekvatnost arhitekturnog rešenja ili identifikuju probleme, koji trebaju biti rešeni na nivou arhitekture. Ovim se započinje novi ciklus [14].

Opisana sprega pokazuje značaj faze arhitekturne analize, kako u procesu razvoja arhitekture, tako i u samom procesu razvoja softvera. Stoga je cilj rada i bio da se identifikuju eksplicitne arhitekturne aktivnosti, ove faze, značajne za integraciju u agilne procese razvoja prilikom razvoja kompleksnih sistema.

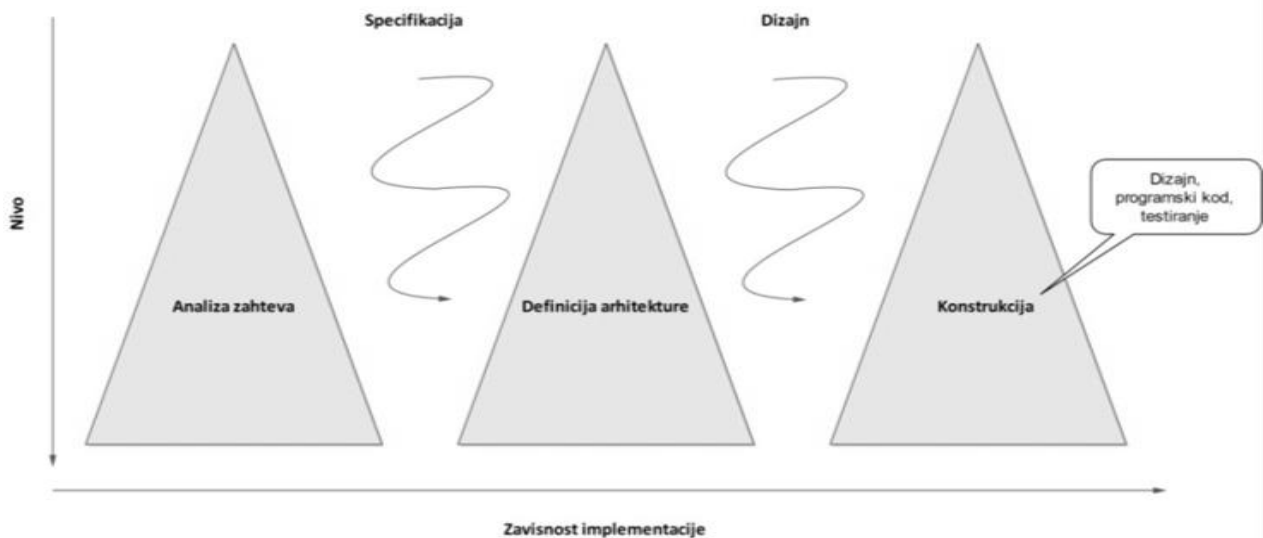
4. PRIKAZ I DISKUSIJA EMPIRISKIH REZULTATA ISTRAŽIVANJA

Navedeni cilj istraživanja, u uvodnom delu rada, u direktnoj je vezi sa postavljenim istraživačkim pitanjem:

IP1. Koje eksplicitne arhitekturne aktivnosti, tipične za fazu arhitekturne analize, praktičari smatraju značajnim u razvoju kompleksnih sistema agilnim procesima?

Odgovor na definisano pitanje istraživanja biće dat kroz prikaz rezultata istraživanja i njihovu diskusiju. Rezultate istraživanja predstavljaju identifikovane eksplicitne arhitekturne prakse, prezentovane u tabeli 1. U tabeli je dat i prikaz proporcije ocenjivača, za svaku identifikovanu arhitekturnu praksu. Proporcija ocenjivača je pokazatelj značajnosti pojedinih arhitekturnih praksi, prema mišljenju respođenata istraživanja (ekperata). Prikazani rezultati potvrđuju realizaciju definisanog cilja istraživanja.

Arhitekturna analiza, kao faza u razvoju softverske arhitekture marginalizovana je u agilnim procesima razvoja. Međutim, dobijeni empirijski nalazi pokazuju da je veliki broj arhitekturnih aktivnosti ove faze značajan prilikom razvoja kompleksnih sistema agilnim procesima, po mišljenju praktičara. Arhitekturna analiza obuhvata set eksplicitnih arhitekturnih aktivnosti (prikazanih u tabeli 1), čiji rezultati direktno utiču na izbor arhitekturnog rešenja i postavku inicijalne arhitekture.



Slika 1. Mesto softverske arhitekture u procesu razvoja softvera [14].

Arhitekturna analiza podrazumeva sakupljanje informacija o kontekstu, radnom okruženju organizacije i načinu poslovanja organizacije, u kojoj će budući sistem biti implementiran. Kao osnova svega navedenog je razumevanje poslovnog problema koji se rešava. Naime, razumevanje poslovnog problema zasnovano je na eksplicitnoj arhitekturnoj aktivnosti, koja podrazumeva razgovor sa ključnim stejkholderima sistema.

Ispitanici su istakli da je važno da na sastancima pored vlasnika proizvoda učestvuje i softver arhitekta, kako bi iz prve ruke saznao sve o problemima. U suprotnom arhitekta uglavnom ne dobije potpune informacije, putem dokumentacije koja mu se dostavi.

Cilj razgovora sa stejkholderima je razumevanje poslovnih potreba korisnika, ključnih za rešavanje poslovnog problema. Definisane poslovne potrebe osnova su za generisanje liste karakteristika budućeg rešenja i arhitekturno značajnih zahteva. Pored toga ispitanici smatraju da je za identifikaciju arhitekturnih zahteva važno i istraživanje tržišta i širenje znanja iz domena problema.

Tradicionalna strategija prikupljanja zahteva podrazumeva, da se na početku projekta sprovede njihova detaljna specifikacija (Big Requirement Up Front, u nastavku BRUP), dok agilna strategija predstavlja drugi ekstrem. Rezultati empirijskog istraživanja upućuju na zaključak da je strategija definisanja zahteva, u razvoju kompleksnih softverskih rešenja, između ova dva ekstrema.

Drugim rečima, na početku projekta je neophodno izvršiti postavku inicijalnog seta arhitekturno značajnih zahteva, čije detaljno razrađivanje će se sprovoditi u momentu planiranja iteracije, u okviru faze detaljnog dizajna. Ovakav pristup u skladu je sa Lean principom JIT i odlaganjem odluke do poslednjeg odgovornog momenta. Razlog za primenu ovakve strategije jesu promenljivi zahtevi tokom razvoja, kao i nemogućnost njihovog tačnog i sveobuhvatnog razmatranja na samom početku projekta, te svaka njihova detaljna razrada predstavljala bi otpad i prekomeran „Work in Progress“ (WIP).

Tradicionalni timovi najveći deo planiranja sprovode up front, dok se agilni rukovode isključivo JIT planiranjem. Rezultati istraživanja impliciraju zaključak da je, za razvoj kompleksnih softverskih rešenja, neophodna strategija sa dovoljno up front planiranja i dovoljno JIT planiranja, tokom celog trajanja projekta. Vreme potrebno za up front planiranje, agilni timovi u praksi, procenjuju u odnosu na kontekstualne faktore.

Razumevanje granica budućeg sistema svodi se na: analizu glavnih poslovnih entiteta i veza između njih; analizu ključnih poslovnih procesa i toka podataka organizacije; analizu načina na koji korisnici intereaguju sa sistemom; analizu korisničkog interfejsa (UI dijagram); nefunkcionalnih zahteva.

Sledeća značajna eksplicitna arhitekturna aktivnost jeste identifikacija rizika. Inicijalnu listu rizika potrebno je generisati na samom početku projekta, te ažurirati tokom celog perioda trajanja projekta. Pod arhitekturnim rizicima, ispitanici podrazumevaju npr. kupovinu gotovih komponenti, koje mogu biti preskupe ili nedovoljno ispitane, pa je upitno da li će ispuniti namenu za koju se kupuju ili pak da li odabrana platforma može da podrži ono što je na projektu potrebno.

Empirijski rezultati pokazuju da ispitanici, značajnom eksplicitnom arhitekturnom aktivnošću vide i istraživanje tehnologija, okvira i postojećih biblioteka, koje će se koristiti u implementaciji rešenja. Važno je u tom procesu znati i tehnologije koje klijent već ima u organizaciji.

Ispitanici predlažu eksplicitno identifikovanje arhitekturno značajnih zahteva i njihovo dokumentovanje u formi arhitekturnih, tehničkih priča i epika. Arhitekturne priče trebaju biti sastavni deo liste zahteva proizvoda, na osnovu kojeg se generiše lista arhitekturnih zadataka za iteracije. Lista zahteva proizvoda treba da predstavlja jedinstvenu listu prioriteta funkcionalnih i nefunkcionalnih zahteva sistema. Bitan input za dizajn arhitekture predstavljaju i zahtevi koje se odnose na geografsku dislociranost budućeg sistema.

Nalazi istraživanja upućuju na zaključak da lista prioriteta zahteva treba da se sprovodi ne samo sa aspekta vrednosti za korisnika, već i sa aspekta rizika, troškova i tehničkih zavisnosti. Tehničke zavisnosti podrazumevaju analizu međusobne zavisnosti funkcionalnih zahteva, ali i zavisnost funkcionalnih od nefunkcionalnih zahteva.

Takođe, neophodno je razmotriti i zavisnosti koje potiču od spoljnih sistema sa kojima sistem intereaguje.

Tokom celog perioda trajanja projekta, neophodno je sprovoditi arhitekturnu analizu. Dakle, u okviru faze planiranja release-a doneti takođe set up front arhitekturnih odluka, kojima se proverava da li arhitekturno rešenje može da podrži željene funkcionalnosti budućeg release-a i identifikovati eventualne probleme. Time se obezbeđuje da jedinstvena lista zadataka bude kontinuirano ažurirana. Ovo je važno, jer je čest slučaj da implementacija nekog nefunkcionalnog zahteva predstavlja neophodan uslov za implementaciju seta funkcionalnih zahteva.

Ispitanici smatraju da je poželjno razmatranje arhitekture iznad tekućeg release-a u cilju identifikovanja i razvoja arhitekturnih elemenata, koji možda nisu potrebni trenutnom release-u, ali će potencijalno biti inkorporirani u njega, zbog anticipiranih budućih ciljeva stejkholdera. Takođe, cilj je i da se utvrde zajedničke komponente i zajednička infrastruktura seta funkcionalnosti, kao i zavisnosti od partnerskih ili drugih postojećih proizvoda.

Tabela 1: Značajne eksplicitne arhitekturne aktivnosti u fazi arhitekturne analize

Eksplicitne arhitekturne aktivnosti	Proporcija ocjenjivača
1. Razumevanje poslovnog problema	0.95
2. Identifikovanje budućih ciljeva i pravaca razvoja biznisa	0.75
3. Identifikovanje ključnih stejkholdera sistema	0.75
4. Aktivne diskusije sa stejkholderima u cilju razumevanja poslovanja i poslovnih potreba	0.90
5. Istraživanje tržišta i širenje znanja iz domena problema u cilju bolje identifikacije arhitekturnih zahteva	0.70
6. Identifikovanje arhitekturno značajnih zahteva	0.90
7. Identifikovanje granica sistema	0.85
8. Analiza rizika	0.90
9. Istraživanje tehnologije i trenda opcija	0.90
10. Istraživanje odgovarajućeg frejmvorka za implementaciju	0.80
11. Istraživanje postojećih biblioteka	0.75
12. Razmatranje postojeće infrastrukture u ciljnoj organizaciji	0.80
13. Identifikovanje tački arhitekture koje trebaju biti fleksibilnije u cilju budućih promena sistema	0.80
14. Eksplicitno identifikovanje zahteva koji se odnose na geografsku dislociranost delova budućeg sistema	0.70
15. Formiranje jedinstvene liste funkcionalnih i nefunkcionalnih zahteva i zahteva budućih promena	0.85
16. Formiranje jedinstvene liste funkcionalnih i nefunkcionalnih zahteva i zahteva budućih promena	0.80
17. Utvrđivanja prioriteta na jedinstvenoj listi zahteva, razmatranjem njihove vrednosti sa aspekta biznisa, ali i sa aspekta rizika i uticaja na arhitekturu	0.80
18. Analiza međusobnih zavisnosti funkcionalnosti	1.00
19. Analiza zavisnosti funkcionalnih i nefunkcionalnih zahteva	0.70
20. Upravljanje zavisnostima koji potiču od spoljnih sistema sa kojima sistem interreaguje tokom release-a	0.90
21. Razmatranje da li postavljena arhitektura može da podrži funkcionalnosti budućeg release-a	0.85
22. Identifikovanje potrebnih arhitekturnih izmena, pre implementacije narednog release-a	0.70
23. Utvrđivanje zajedničkih komponenti i zajedničke infrastrukture seta funkcionalnosti	0.70

5. ZAKLJUČAK

Rezultati istraživanja upućuju na zaključak da praktičari nemaju otklon od primene eksplicitnih arhitekturnih aktivnosti, iako one nisu predviđene principima i vrednostima agilnog razvoja.

Takođe, može se zaključiti i da se u praksi ne primenjuje ni jedan od modela agilnog razvoja u potpunosti, već da se vrši njihova kombinovana primena. Praktičari u zavisnosti od potreba projekta primenjuju i prakse koje nisu karakteristične za agilne procese.

Bitno je naglasiti da se sve gore predstavljene eksplicitne arhitekturne prakse, tipične za tradicionalan način razvoja softverske arhitekture, ne primenjuju u klasičnom obliku, već su prilagođene agilnom razvoju. To podrazumeva minimalnu dokumentaciju u agilnom maniru (slike, skice, wiki) i vremensku ograničenost trajanja svih arhitekturnih aktivnosti. Na ovaj način se vodi računa o agilnosti samog razvojnog procesa, a s druge strane obezbeđuje se razvoj jake arhitekture kompleksnih sistema.

Dakle, kombinovanje elemenata agilnog i tradicionalnog načina razvoja arhitekture prisutno je u praksi, čime se

potvrđuju stavovi u literaturi da je njihova integracija i moguća i korisna. Naučna zajednica ima izazov da pomogne praktičarima, definisanjem okvira kojim bi se značajne arhitekturne aktivnosti najlakše mogle inkorporirati u agilne procese razvoja. Ovo je ujedno i budući pravac istraživanja autora.

LITERATURA

- [1] Matković, P., P. Tumbas, and M. Sakal, „The RSX Model: Traditionalisation of Agility“, *Strategic Management*, Vol 16, No. 2, pp74–83, 2011.
- [2] Cohen, D., Lindvall, M., Costa, P., „An Introduction to Agile Methods“, *Advances in Computers*, Vol 62, No. 1, pp 1–66, 2004.
- [3] Highsmith, J., Cockburn, A., „Agile Software Development: The Business of Innovation“ *IEEE Computer*, Vol. 34, No. 3, pp 120–27, 2001.
- [4] Cockburn, A., *Agile Software Development: The Cooperative Game*, Addison Wesley, Boston, 2007.
- [5] Erickson, J., Lyytinen, K., Siau, K., „Agile Modeling, Agile Software Development, and Extreme Programming“, *Journal of Database Management*, Vol. 16, No. 1, pp 88–100, 2005.
- [6] Dingsøyr, T., Dybå, T., Moe, N. B, *Agile software development*, Springer, Berlin, 2010.

- [7] Babar, M. I., Brown, A. W., Mistrik, I., Agile Software Architecture, Elsevier, Waltham, 2014.
- [8] Beck, K., Extreme Programming Explained: Embrace Change, Addison-Wesley, Boston, 2004.
- [9] Thapparambil, P., „Agile Architecture: Pattern or Oxymoron?“, Agile Times, Vol. 6, No.1, pp 43–48, 2005.
- [10] Keeney, S., F. Hasson, and H. McKenna, The Delphi Technique in Nursing and Health Research, Wiley, London, 2011.
- [11] Skulmoski, G. J., F. T. Hartman, and J. Krahn, „The Delphi Method for Graduate Research“, Journal of Information Technology Education, Vol. 6, No.1, pp 1–21, 2007.
- [12] Miles, M. B., and Huberman, A. M., Qualitative Data Analysis: An Expanded Sourcebook, Sage, 1994.
- [13] Parnas, D. L. „On a Buzzword: Hierarchical Structure“, Proceedings of the IFIP Congress'74, pp. 336–391, 1974.
- [14] Rozanski, N., Woods, E., Software Systems Architecture, Addison-Wesley, New York, 2012.
- [15] Bass, L., Clements, P., Kazman, R., Software Architecture in Practice, Addison-Wesley, New York, 2013.
- [16] Booch, G., Maksimchuk, R. A., Engle, M. W., Young, B. J., Object-Oriented Analysis and Design with Applications, Addison-Wesley, Westford, 2007.
- [17] Kruchten, P., Obbink, H., Staord, J., „The Past, Present, and Future for Software Architecture“, IEEE Software, Vol. 23, No.2, pp 22–30, 2006.
- [18] Gorton, I., Essential Software Architecture, Springer, Berlin, 2006.
- [19] Nuseibeh, B., „Weaving Together Requirements and Architecture“, Computer, Vol. 34, No.3, pp 115–119 2001.

XHTML – ПРОШЛОСТ ИЛИ БУДУЋНОСТ

XHTML – THE PAST OR THE FUTURE

Душан Рајчевић, Горан Јоцић, Стеван Ивановић

Факултет за примењени менаџмент, економију и финансије (МЕФ Факултет), Београд

Садржај – Језик за означавање *XHTML* спада у језике са стриктно дефинисаним правилима што олакшава програмима за парсирање да врше приказ по истом принципу. Да ли је концепт и даље актуелан или је део далеке прошлости, питање је на које овај рад покушава да одговори.

Abstract – Markup language *XHTML*, is a language with strictly defined rules, which helps parsers to present data in the same manner. This work tries to give an answer to the question is the concept still prevalent.

Кључне речи: *xhtml, html, markup, jezik*

1. УВОД

Тема овог семинарског рада је језик за означавање *XHTML*. У првом делу се објашњава шта је заправо *XHTML* и које су његове основне карактеристике.

У другом делу описује се његова примена и наводе основни елементи који га описију.

Трећи део је посвећен техничким карактеристикама, начину његовог парсирања и разликама у односу на обичан *HTML*.

На крају, прави се пресек предности и недостатака који се могу јавити његовом употребом.

2. УВОД У XHTML

2.1. Шта је XHTML?

XHTML (*eXtensible Hypertext Markup Language*) представља фамилију типова докумената и модула базираних на *XML*-у који пресликавају и проширују остале верзије *HTML*-а, најчешће коришћеног језика за означавање на веб страницама.

За настанак и развој *XHTML*-а, заслужан је W3C конзорцијум који ради на дефинисању стандарда језика за означавање на веб-у.

Имајући у виду да се *XHTML* заснива на *XML*-у, подскупу језика *SGML* (стандардног уопштеног језика за означавање), *XHTML* је у потпуности прилагођен спецификацијама *SGML*-а.

Настао је као помоћ веб-девелоперима како би једноставно могли да пређу са *HTML*-а на *XML*. Преласком на *XHTML*, веб девелоперима се пружа могућност да користе све предности које пружа *XML*,

остављајући могућност компатибилности старог и новог садржаја.

Прва верзија *XHTML*-а 1.0, настала је 1999, а као званична препорука W3C конзорцијума прихваћена је у јануару 2000.

Допуна у односу на верзију 1.0, верзија 1.1, усвојена је 2001. године као препорука,

Иако је у другу верзију 2.0 *XHTML*-а уложено било доста напора, W3C није направио препоруку због велике некомпатибилности у односу на претходну верзију, и уопштено на *HTML* који се увелико користио на веб-у.

Најновији стандард познат под називом *XHTML5*, тренутно је у развоју као *XML* адаптација постојеће *HTML5* спецификације и предвиђа се бољи успех од свих претходних верзија.

2.2. Основне карактеристике

XHTML чине две основне целине:

1. *HTML* – језик за означавање који се користи за приказ текста и докумената на различитим платформама и машинама. Првобитно је предвиђен за специфичну групу, а проширио се до тога да укључује хипертекст, мултимедијални садржај као и стилове који ће се користити за приказ докумената крајњем кориснику.
2. *XML* – прошириви језик за означавање који се развио тако да задржи флексибилност и снагу *HTML*-а, а да притом смањи комплексност кода. Назив прошириви означава да било ко може измислити одређени скуп елемената за означавање.

Према томе, *XHTML* комбинује флексибилност *HTML*-а и проширивост *XML*-а.

2.3. Модуларизација

XHTML модуларизација представља декомпозицију *XHTML* 1.0, у колекцију апстрактних модула који пружају специфичне типове и функционалности. Ови апстрактни модули су имплементирани коришћењем ове спецификације употребом *XML DTD*-а.

Растављање на модуле омогућава апстрактну колекцију компоненти преко којих је могуће разделити и проширити *XHTML*. Ова карактеристика пружа

могућност да *XHTML* прошири своју примену на разним платформама, као што су мобилни уређаји, банкомати, конзолни уређаји, Телевизори базирани на веб технологијама и др. Иницијална замисао модуларијације *XHTML*-а постаје по први пут доступна средином 1999. да би постигла статус препоруке од стране W3C конзорцијума у првој половини 2001. године.

Прва модуларна верзија *XHTML*-а била је *XHTML 1.1* и *XHTML Basic 1.0*.

У октобру 2008, модуларијацију *XHTML*-а потиснула је Модуларијација 1.1 која додаје имплементацију *XML* шеме, да би и она била потиснута другом верзијом средином 2010. године.

3. ЕЛЕМЕНТИ И ПРИМЕНА

3.1. Синтакса и семантика

Када говоримо о синтакси неког језика, мислимо на скуп дозвољених правила и речи које је могуће користити. Са друге стране, када се ради о семантици, мислимо на значење које је придружено одређеном елементу.

Синтакса и семантика језика *HTML* и *XHTML* врло је слична. Посебно, када је реч о семантици, елементи и атрибути који се користе, имају потпуно исто значење. Нпр. елемент *<abbr>* дефинише скраћеницу и има исто значење у оба случаја. Једино се разликују неки делови синтаксе.

3.2. XHTML структура и елементи

Најважнија правила за креирање исправног *XHTML* документа јесу следећа:

- На самом врху, потребно је навести *DOCTYPE* декларацију. Нпр.
`<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Strict//EN" "http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-strict.dtd">`
- *html* тагу треба придружити атрибут *xmlns* као:
`xmlns=http://www.w3.org/1999/xhtml`
- Неопходно је да сваки таг буде затворен. Изостављање ``, `</p>` и сл. није дозвољено.
- Сви тагови морају бити написани малим словом. Нпр. `<DIV></DIV>` није исправно, и треба променити у `<div></div>`
- Празни елементи морају имати косу црту на самом крају. Нпр. `
`, `<hr />` и сл.
- Сви атрибути морају да буду наведени под знаковима навода. Нпр.
`<input type="submit" />` није дозвољено
`<input type=submit />`
- Сваки атрибут мора имати наведену вредност, нпр.

`<input type="text" required="required" />`, није дозвољено `<input type="text" required />`

- Свуда где је потребно да у вредности атрибута буде наведен знак `&`, треба писати `&`; нпр.
``, није дозвољено
``.
- Треба водити рачуна да редослед отварања и затварања тагова буде доследан. Нпр.
`<p>neki tekst</p>`, не сме `<p>neki tekst</p>`.

На слици 3.2.1. приказан је део кода који осликава начин на који је структуриран један *XHTML* документ, а на слици 3.2.2. је дат приказ документа парсираног помоћу једног веб-прегледача.

```

1 <!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Strict//EN"
  "http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-strict.dtd">
2 <html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml" lang="sr">
3 <head>
4   <title></title>
5   <meta http-equiv="Content-Type"
6     content="text/html; charset=utf-8" />
7   <meta http-equiv="Content-Language"
8     content="sr" />
9 </head>
10 <body>
11 <h1>Наслов</h1>
12 <h2>Поднаслов</h2>
13 <p>Ово је један пасус. Могу се наводити било који елементи.</p>
14 <p>Ово је други пасус. <b>Овај текст је подељан.</b></p>
15 <h2>Поднаслов 2</h2>
16 <p>Ово је још један пасус. <i>Овај текст је искошен.</i></p>
17 <p>Ово је нови пасус.</p>
18 <h3><b>Унутрашњи наслов и подељан</b></h3>
19 <p>Ово је нови пасус.
20   <a href="http://www.google.com/">Кликом одлазимо на
21     google.com</a>
22 </p>
23 </body>
24 </html>

```

Слика 3.2.1 Пример једног *XHTML* документа

Наслов

Поднаслов

Ово је један пасус. Могу се наводити било који елементи.

Ово је други пасус. **Овај текст је подељан.**

Поднаслов 2

Ово је још један пасус. *Овај текст је искошен.*

Ово је нови пасус.

Унутрашњи наслов и подељан

Ово је нови пасус. [Кликом одлазимо на google.com](http://www.google.com/)

Слика 3.2.2. Приказ документа у веб-прегледачу Google Chrome

3.3. Најпознатији XHTML тагови и атрибути

У овом одељку, наводе се најчешће коришћени *XHTML* тагови по стандарду 1.0. Стандарди 1.1, 2.0 и најновији *XHTML5*, избацују из употребе неке од њих и уводе друге тагове са новим семантичким значењем.

3.3.1. Основни тагови

Основни *XHTML* тагови представљају тагове који су неопходни да постоје у једном *XHTML* документу. У табели 3.3.1.1. су приказани основни тагови.

Табела 3.3.1.1. Основни *XHTML* тагови

Таг	Опис
<html>	Креира <i>XHTML</i> документ
<head>	Дефинише наслов и друге информације који нису део саме странице за приказ у веб читачу.
<body>	Дефинише саму страницу за приказ

3.3.2. Тагови заглавља

Тагови заглавља у *XHTML* документу, представљају тагове који се смештају између <head></head> тага. У табели 3.3.2.1 су приказани тагови заглавља.

Табела 3.3.2.1. Тагови заглавља

Таг	Опис
<title>	Дефинише наслов и друге информације који нису део саме странице за приказ у веб читачу.
<base href="URL">	Дефинише основни <i>URL</i> за ову страницу

3.3.3. Атрибути *body* тага

Атрибути *body* тага, су атрибути који додатно проширују *body* таг. У табели 3.3.3.1 су приказани дозвољени атрибути *body* тага. Од верзије 1.1. уместо ових атрибута, треба користити *CSS (Cascading Style Sheet)*.

Табела 3.3.3.1. Атрибути *body* тага

Атрибут	Опис
background="URI"	Поставља слику као позадину странице.
bgcolor="#rrggbb"	Поставља боју позадине на боју дату именом (нпр. "red"), или задавањем боје у хексадецималном формату (нпр. "#000000")
text="#rrggbb"	Поставља боју текста на страници, исто као и за bgcolor
link="#rrggbb"	Поставља боју линкова на страници

vlink="#rrggbb"	Поставља боју за посећене линкове
alink="#rrggbb"	Поставља боју на активне линкове (линкове на које је кликнуто)

3.3.4. Блоковски тагови

Блоковски тагови представљају тагове чији се садржај односи на један блок на страници. Блок се просеже на читав ред од ивице до ивице и обавезно се налази унутар *body* тага. У табели 3.3.4.1. наведени су блоковски тагови.

Табела 3.3.4.1. Блоковски тагови

Таг	Опис
<p></p>	Дефинише један пасус текста
 	Дефинише прелазак у нови ред
<blockquote></blockquote>	Дефинише увучени блок текста који се цитира
<h1></h1> <h2></h2> ... <h6></h6>	Дефинише наслове по нивоима од 1-6, један је највећи, шест је најмањи.
<div></div>	Дефинише једну секцију на страници.
<table></table>	Дефинише табеларну секцију
<form></form>	Дефинише веб-формулар
	Дефинише уређену листу (1, 2, 3, ...)
	Дефинише неуређену листу
<dl></dl>	Дефинише листу дефиниција са терминима и њиховом дефиницијом.

<dt></dt>	Означава термин који је потребно дефинисати.
<dd></dd>	Означава дефиницију термина.

Стандард *XHTML5* уводи нове тагове проширујући семантички скуп елемената као што су <header>, <main>, <section>, <footer> који се могу користити на местима на којима је раније могао да се користи <div> таг.

3.3.5. Тагови за форматирање текста

Тагови за форматирање текста представљају елементе који служе за маркирање текста, односно, придруживању значења и измени приказа. У табели 3.3.5.1. наведен је списак тагова који се користе за форматирање текста унутар блокова.

Табела 3.3.5.1. Тагови за форматирање текста

Таг	Опис
<code></code> <tt></tt>	Дефинише фонт са фиксном ширином по слову, као код куцаће машине (тзв. monospace фонтови)
 <cite></cite> <i></i>	Наглашава или цитира део текста, обично приказујући га искошеним словима.
 	Користи масна слова за приказ текста.
<pre></pre>	Дефинише преформатирани текст, тј. текст који не треба да буде обрађен од стране интернет прегледача већ треба да буде приказан онако како је написан.
	Дефинише нови фонт за назначени део текста.
	Дефинише део текста на који се може применити стил за приказ помоћу CSS-а

Од верзије 1.1. таг *font* је избачен из употребе и треба користити *CSS* уместо тога.

3.3.6. Сидро таг (линкови) и његови атрибути

Сидро тагови (енгл. *anchor*) представљају тагове за управљање хиперлинковима. У табели 3.3.6.1. наведен је сидро таг са својим атрибутима.

Табела 3.3.6.1. Сидро таг са атрибутима

...	Дефинише хиперлинк према другој веб-страници
...	Дефинише хиперлинк према примаоцу електронске поште
...	Дефинише сидро унутар исте странице.
...	Дефинише хиперлинк према сидру на истој страници.

3.3.7. Тагови за приказ графичких елемената

Тагови за приказ графичких елемената представљају тагове који се користе за приказ слика и линија. У табели 3.3.7.1. наведени су тагови са атрибутима за приказ графичких елемената.

Табела 3.3.7.1. Тагови за приказ графичких елемената

Таг и атрибути	Опис
	Укључује слику са наведеног URL-а, и дефинише алтернативно име уколико из неког разлога није могуће приказати слику.
<hr />	Укључује хоризонталну линију прекида.
<hr noshade="noshade" />	Укључује хоризонталну линију прекида, али без сенке.

3.3.8. Табеларни тагови

Табеларни тагови представљају елементе за приказ табела. У табели 3.3.8.1. приказани су тагови за рад са табелама.

Табела 3.3.8.1. Табеларни тагови

Таг	Опис
<table></table>	Дефинише табелу
<tr></tr>	Дефинише нови ред
<td></td>	Дефинише ћелију у табели
<th></th>	Дефинише заглавље ћелије

3.3.9. Тагови оквира

Такови оквира (фрејмова) јесу тагови који дефинишу елементе у које је могуће убацили садржај из екстерних датотека. У табели 3.3.11. наведени су тагови оквира.

Табела 3.3.9.1. Тагови оквира

Таг и атрибути	Опис
<frameset></frameset>	Дефинише скуп фрејмова
<frameset rows="{# % *}", {# % *}">	Дефинише редове у скупу, у пикселима, процентима или преостали простор *
<frameset cols="{# % *}", {# % *}">	Дефинише колоне у скупу, у пикселима, процентима или преостали простор *
<frame src="URL" name="ime" />	Дефинише фрејм са именом и URL-ом одакле ће бити преузет садржај за фрејм.
<noframe>	Алтернативна информација за прегледаче без подршке за фрејмове.

Од верзије *XHTML* 1.1. није дозвољена употреба фрејмова, већ је уведен <iframe /> који се може користити за приказ спољашњих садржаја.

3.3.10. Тагови формулара

Тагови формулара користе се за приказ елемената као што су текстуална поља, радио дугмад, боксови за штиклирање, падајуће листе, обична дугмад за завршетак рада и сл. У табели 3.3.11.1. приказани су тагови за формуларе са својим атрибутима

Табела 3.3.10.1. Тагови формулара

Таг и атрибути	Опис
<form action="URL"></form>	Дефинише формулар који ће бити послат ка страници са задатим URL-ом
<select name="ime">	Дефинише падајућу листу са опцијама
<select name="ime" multiple="multiple" size="#">	Дефинише листу са могућношћу селекције више опција.
<option name="ime">vrednost</option>	Дефинише ставку унутар select падајуће листе
<input type="text" name="ime" />	Дефинише текстуално поље за унос
<textarea cols="#" rows="#"></textarea>	Дефинише текстуално поље које се простира у више колона и редова
<input type="checkbox" name="ime" value="vrednost" />	Дефинише опцију за штиклирање. Текст који следи иза тага је текст који се односи на тај таг.
<input type="radio" name="ime" value="vrednost" />	Дефинише радио дугме. Текст који следи иза радио дугмета је текст који се односи на тај таг.
<input type="submit" value="vrednost" />	Дефинише дугме за слање користећи вредност за приказ на себи.
<input type="reset" />	Дефинише дугме које ресетује формулар враћајући све вредности на подразумеване.

4. ТЕХНИЧКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ

4.1. HTML5 и XHTML

HTML5 дефинише обе врсте синтакси. MIME тип (који се преноси као HTTP заглавље) говори о којој синтакси је реч: за XHTML, MIME тип је *application/xhtml+xml*, а у осталим ситуацијама је *text/html*.

Недостатак лежи у томе што неки прегледачи немају подршку за овај MIME тип, и уместо да прикажу страницу, понудиће кориснику да сними садржај на диск.

4.2. Верзије

Од свог настанка, постоји неколико верзија XHTML-а. У овом одељку ће бити наведене верзије и неке од њихових карактеристика.

4.2.1. XHTML 1.0

Верзија 1.0 настала је 1999, а званично је прихваћена 2000. године. Постоји три формална DTD-а за верзију 1.0.

4.2.1.1. XHTML 1.0 Strict

Ово је XML еквивалент стриктном HTML 4.01 и укључује елементе и атрибуте који нису означени као застарели у верзији 4.01. Од 2015. године, ово је тип документа који користи W3C конзорцијум на својој почетној страници.

4.2.1.2. XHTML 1.0 Transitional

Ово је XML еквивалент транзиционом HTML 4.01 и укључује презентационе елементе као што су center, font и strike који су искључени из стриктне верзије.

4.2.1.3. XHTML 1.0 Frameset

Ово је XML еквивалент HTML 4.01 са фрејмовима који дозвољава употребу фрејмова на страници.

4.2.2. XHTML 1.1

Верзија 1.1. настала је у мају 2001. године. Ово је стандард базиран на модулима. Он је обновио XHTML 1.0 Strict са додатком ruby анотације елемената (ruby, rbc, rtc, rb, rt и rr) како би пружио бољу подршку источно-азијским језицима. Остале промене укључују уклањање name атрибута из a тага и map елемената, уклањање lang атрибута и убацивање xml:lang атрибута.

4.2.3. XHTML 2.0

Развијао се у периоду од 2002. до 2006. да би 2009. године био одбачен и остављен само као преписка.

4.2.4. XHTML5

XHTML5 је најновија верзија која је тренутно у развоју заједно са HTML5. Има готово идентичну синтаксу, уз једину разлику начину третирања докумената. Кориснички агенти другачије врше обраду HTML докумената од XHTML. Због минималних предности

које пружа XHTML у односу на обичан HTML, још увек није јасно када ће девелопери прећи на XHTML.

5. ЗАКЉУЧАК

Упркос покушајима W3C конзорцијума да постојећи HTML стандард замене новим који ће бити компатибилан са XML-ом и даље не добија на значају. Иако је прошло скоро две деценије од како је XHTML дефинисан, чини се да ће најновија верзија XHTML5 ипак успети да се избори и постане стандард кога ће се веб девелопери у будућности придржавати.

1. Литература

- [1] <https://www.w3.org/TR/html5/the-xhtml-syntax.html>
- [2] <https://www.w3.org/TR/2001/REC-xhtml-modularization-20010410/>
- [3] <http://html5doctor.com/html-5-xml-xhtml-5/>
- [4] <https://en.wikipedia.org/wiki/XHTML>
- [5] http://www.w3schools.com/html/html_xhtml.asp
- [6] <https://hsivonen.fi/xhtml-the-point/>
- [7] <http://lachy.id.au/log/2005/12/xhtml-beginners>
- [8] <http://www.htmlgoodies.com/primers/html/article.ph...>
- [9] <https://books.google.rs/books/about/Xhtml.html?id=...>
- [10] <https://www.campaignmonitor.com/blog/email-marketing/2010/11/correct-doctype-to-use-in-html-email/>

RAZVOJ MODELA I SIMULACIJA TROŠKOVA ODRŽAVANJA ENERGETSKOG TRANSFORMATORA PRIMENOM VENSIM PLE SOFTVERA

DEVELOPMENT MODEL AND SIMULATION OF POWER TRANSFORMER MAINTENANCE COST USING VENSIM PLE SOFTWARE

Olga Ristić¹, Vlade Urošević¹

Fakultet tehničkih nauka u Čačku, Univerzitet u Kragujevcu¹

Sadržaj – U radu je prikazan razvoj modela i simulacija troškova korektivnog održavanja i ugradnje sistema za kontinualni nadzor energetskog transformatora. Primijenjen je metod SDS koji se koristi za simulaciju dinamičkih sistema. Za primenu ovog metoda korišćen je softver Vensim PLE u kome su kreirani dijagrami tokova troškova održavanja transformatora. Na osnovu tih dijagrama izvršena je simulaciju troškova na godišnjem nivou za slučaj korektivnog održavanja i pri ugradnji sistema za kontinualni nadzor kritičnih elemenata energetskog transformatora za optimalni period eksploatacije od 40 godina.

Ključne reči: simulacija, troškovi održavanja, softver

Abstract - This paper presents a model and simulation of corrective maintenance costs and installation continuous monitoring system of power transformer. The SDS method is used in the simulation of dynamic systems. Vensim PLE software has been used for the application of this method in which were created stock and flow diagrams of power transformer maintenance costs. With these diagrams simulation of maintenance costs is performed in the case of corrective maintenance, and when installing continuous monitoring system of critical elements of the power transformer for optimal exploitation period of 40 years.

Key words: simulation, maintenance cost, software

1. UVOD

Energetski transformatori (ET) su jedna od najvažnijih i najkritičnijih komponenti u radu elektroenergetskog distributivnog sistema. Značajno je utvrditi koliki su troškovi njihovog održavanja i na vreme sprečiti nastanak kvarova. Da bi troškovi bili minimalni neophodno je primeniti preventivne aktivnosti održavanja [1].

ET se sastoji od šest funkcionalnih komponenti: namotaji i ulje, jezgro, provodni izolatori, kotao, regulator napona i ostali pribor. Aktivnosti održavanja ET mogu se razmatrati u zavisnosti od mera koje se sprovode i najčešće se sprovode kroz [1]:

1. Korektivno održavanje.
2. Jednodnevno održavanje.
3. Regeneraciju ulja.
4. Regeneraciju izolacionog sistema.

5. Revitalizaciju transformatora.
6. Ugradnju sistema za kontinualni nadzor.
7. Optimizaciju rezervne opreme.

U radu će se razmatrati troškovi održavanja za slučaj korektivnog održavanja i za slučaj ugradnje sistema za kontinualni nadzor (USKN) kritičnih elemenata koji se koristi u cilju preventivnog održavanja. Razmatrani su troškovi usled nastanka kvarova na ET 110kV, 110/x kV/kV, 31,5MVA. Osnovni cilj preventivnih aktivnosti održavanja je da se spreči nastanak kvara na transformatoru, a samim tim i troškovi koji nastaju zbog prekida isporuke električne energije.

Simulacija predstavlja imitaciju nekog sistema sa ciljem boljeg razumevanja ili dolaženja do određenih zaključaka u vezi sistema koji se simulira [2]. Simulacija nastaje numeričkim ocenjivanjem modela primenom različitih vrsta softvera, u zavisnosti od vrste sistema koji se simulira. U konkretnom slučaju, za simulaciju će se koristiti softver za predviđanje ponašanja sistema i optimizaciju troškova.

Postoje brojni metodi koje se koriste za simulaciju sistema. U radu će se koristiti metod SDS (System Dynamic Simulation) [3] koji se zasniva na teoriji povratne sprege (feedback) i kontrole. Za analizu ponašanja složenih sistema pri primeni metoda SDS najčešće se koriste softveri za modelovanje i simulaciju kao što su: Arena, Open Modelica, DYNAMO, DYSMAP, iThink/STELLA, PowerSim, Vensim, itd. Ovde će se primeniti softver Vensim koji je najpogodniji za slučaj simulacije troškova na osnovu modela koji uzima u razmatranje pouzdanost svakog elementa ET.

2. MODEL TROŠKOVA KOREKTIVNOG ODRŽAVANJA

Korektivno održavanje sprovodi se za slučaj pogona bez držanja rezervne opreme i bez održavanja. Troškovi tokom planskog perioda eksploatacije sastoje se samo od troškova otklanjanja kvara. Očekivana godišnja vrednost ovih troškova po jednom transformatoru, tokom perioda $(t, t + 1)$ može se proceniti iz izraza [4]:

$$C_{PT,b}(t,t+1) = \frac{[R_{tot}(t) - R_{tot}(t+1)] \cdot \sum_{k=1}^b p_k \left(\sum_{i=1}^{f_k} p_{k,i} \cdot C'_{k,i} \right)}{\int_t^{t+1} R_{tot}(t) \cdot dt + [R_{tot}(t) - R_{tot}(t+1)] \cdot \sum_{k=1}^b p_k \sum_{i=1}^{f_k} p_{k,i} \cdot r'_{k,i}},$$

$$R_{tot}(t) = \prod_{k=1}^b R_k(t), \quad (1)$$

gde su:

t - vreme,

$C'_{k,i}$ - cena otklanjanja kvara "i" na komponenti "k" ET za slučaj kada komponenta "k" nije raspoloživa kao rezerva,

R_{tot} - funkcija pouzdanosti (neotkazivosti) ET,

R_k - funkcija pouzdanosti (neotkazivosti) komponente ET,

p_k - relativni udeo kvarova komponente "k" u ukupnom broju kvarova ET,

$p_{k,i}$ - relativni udeo kategorije kvara "i" u ukupnom broju kvarova komponente "k" ET,

$r'_{k,i}$ - vreme trajanja otklanjanja kvara "i" na komponenti "k" za slučaj kada komponenta "k" nije raspoloživa kao rezerva,

b - broj funkcionalnih celina (komponenti) ET.

3. MODEL TROŠKOVA USKN

Očekivani vek eksploatacije komercijalno dostupnih sistema iznosi 10 godina, a nabavna cena je oko 10% nabavne cene odgovarajuće komponente. Iz razloga sigurnosti, usvojeno je da se detektovani kvarovi na namotajima i jezgru otklanjaju za 5 dana po ceni od 5000 EUR, dok se na ostalim komponentama otklanjaju kao sitni kvarovi. USKN komponenti energetskog transformatora omogućava se detekcija kvarova u najranijoj fazi razvoja. Na taj način se povećava intenzitet sitnih, a smanjuje intenzitet krupnih kvarova posmatrane komponente. Sniženje intenziteta krupnih kvarova ima za posledicu povećanje parametra razmere Weibull-ove raspodele.

Ukoliko sa $\alpha_k, k = \overline{1,2}$, označimo parametre razmere namotaja i jezgra USKN, sistem se, po pretpostavci, ugrađuje posle T_s godina pogona bez kvarova. Neotkazivost transformatora tokom sledećih 10 godina eksploatacije će se menjati prema izrazu:

$$R'_{tot}(t) \approx R_1(T_s) \cdot R_2(T_s) \cdot R_1(t - T_s) \cdot R_2(t - T_s) \cdot \prod_{k=3}^b R_k(t),$$

$$R_k(t - T_s) = \exp[-(\lambda_{k,MP} + \lambda_{k,OP}) \cdot (t - T_s)] \cdot \exp\left[-\left(\frac{t - T_s}{\alpha_k}\right)^{\beta_k}\right], k = \overline{1,2}. \quad (2)$$

Očekivani troškovi tokom prve godine posle prve ugradnje sistema za kontinualni nadzor izračunavaju se kao [5]:

$$C_{PT,CMS}(T_s, T_s + 1) = \frac{X \cdot \left(\sum_{j=1}^2 p_j \sum_{i=1}^{f_j} p_{j,i}^{CMS} \cdot C_{j,i}^{CMS-b} + \sum_{k=3}^b p_k \sum_{i=1}^{f_k} p_{k,i} \cdot C'_{k,i} \right)}{Im_{CMS}(T_s, T_s + 1)} +$$

$$+ \frac{R_{tot}(T_s) \cdot C_{s,1-2}}{Im_{CMS}(T_s, T_s + 1)} + C_{m-CMS},$$

$$Y \cdot \left(\sum_{j=1}^2 p_j \sum_{i=1}^{f_j} p_{j,i}^{CMS} \cdot r_{j,i}^{CMS-b} + \sum_{k=3}^b p_k \sum_{i=1}^{f_k} p_{k,i} \cdot r'_{k,i} \right) \quad (3)$$

$$X = (R'_{tot}(T_s) - R'_{tot}(T_s + 1)),$$

$$Y = \int_{T_s}^{T_s+10} R'_{tot}(t) \cdot dt + (R'_{tot}(T_s) - R'_{tot}(T_s + 10)),$$

$$Im_{CMS}(T_s, T_s + 1) = \int_{T_s}^{T_s+1} R'_{tot}(t) \cdot dt + (R'_{tot}(T_s) - R'_{tot}(T_s + 1)) \cdot$$

$$\left(\sum_{j=1}^2 p_j \sum_{i=1}^{f_j} p_{j,i}^{CMS} \cdot r_{j,i}^{CMS-b} + \sum_{k=3}^b p_k \sum_{i=1}^{f_k} p_{k,i} \cdot r'_{k,i} \right)$$

gde je:

$C_{k,i}^{CMS-b}$ - cena otklanjanja kvara "i" na komponenti "k" energetskog transformatora za slučaj kada je ugrađen sistem za kontinualni nadzor (SKN), a komponenta "k" nije raspoloživa kao rezerva,

$r_{k,i}^{CMS-b}$ - vreme trajanja otklanjanja kvara "i" na komponenti "k" energetskog transformatora za slučaj kada je ugrađen SKN, a komponenta "k" nije raspoloživa kao rezerva,

$p_{k,i}^{CMS}$ - relativni udeo kategorije kvara "i" u ukupnom broju kvarova komponente "k" energetskog transformatora nakon ugradnje SKN,

$C_{m-cond.mon.sys.}$ - godišnji troškovi održavanja SKN.

4. SOFTVER ZA DINAMIČKO MODELOVANJE SISTEMA

Vensim PLE je softver za vizuelno modelovanje koji omogućava formiranje modela, kreiranje dokumentacije, analizu sistema, simulaciju i optimizaciju kreiranih modela dinamičkih sistema [6]. Ovaj softverski alat razvila je firma Ventana Systems 1985. godine za rešavanje problema upravljanja primenom modelovanja i simulacije.

U modelima se kreiraju različite veze (zavisnosti) između promenljivih, a na osnovu definisanog modela mogu da se vrše simulacije različitih događaja. Model se u ovom softveru može kreirati kao:

1. Dijagram uzročnih petlji (Causal Loop Diagram).
2. Dijagram toka sistema (Stock and Flow Diagram).

Dijagram uzročnih petlji se koristi za predstavljanje međusobne zavisnosti pojava ili stanja u sistemu i povratne veze koje nastaju između definisanih stanja. Ovim dijagramima se formiraju uzročne veze između elemenata u sistemu.

Kreiranjem dijagrama toka sistema formira se prvi korak za simulaciju modela, jer se definišu ulazne veličine i dodeljuju definisane formule koje se koriste za opis ponašanja sistema. Kod dijagrama toka dinamički model sistema se prikazuje pomoću elemenata prikazanih na slici 1.

Simulacijom prevetivnih aktivnosti utvrđuje se značaj različitih strategija održavanja u pogledu troškova, raspoloživosti sistema i pogoršanja stanja sistema.

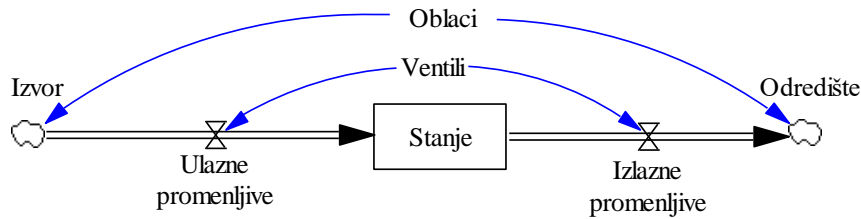
Planiranje održavanja sistema u celini zavisi od modela sistema održavanja koji se može podeliti na sistem preventivnog (unapred se planiraju preventivne kativnosti održavanja) i korektivnog (kada dolazi do nastanka kvarova) održavanja.

5. MODEL DIJAGRAMA TOKOVA TROŠKOVA ODRŽAVANJA TRANSFORMATORA

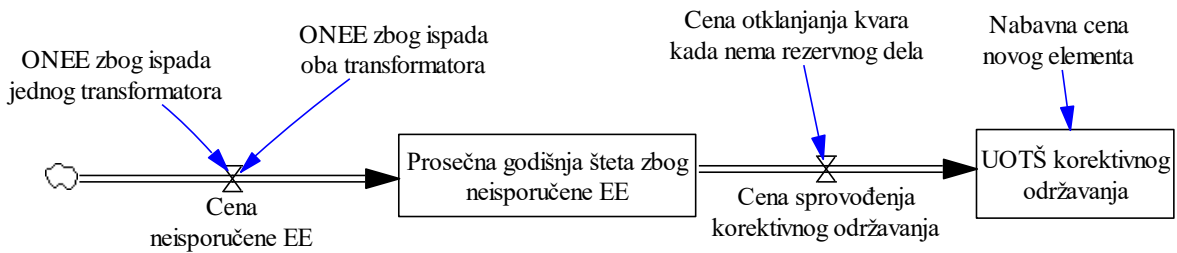
Da bi se kreirao model dijagrama toka, prvo se definišu početni parametri modela. Kod modela troškova održavanja transformatora, vreme je prikazano u godinama i usvaja se planirani period eksploatacije ET od 40 godina.

U zavisnosti od vrste održavanja koja se sprovodi, konstruisani su dijagrami toka troškova održavanja energetskog transformatora. Na slici 2. prikazan je dijagram toka troškova održavanja energetskog transformatora za slučaj korektivnog održavanja, a na slici 3. za slučaj USKN [7, 8]. U slučaju korektivnog održavanja troškovi su maksimalni, pa su ovde razmatrane ekstremne vrednosti. Ugradnjom sistema za kontinualni nadzor troškovi se višestruko smanjuju.

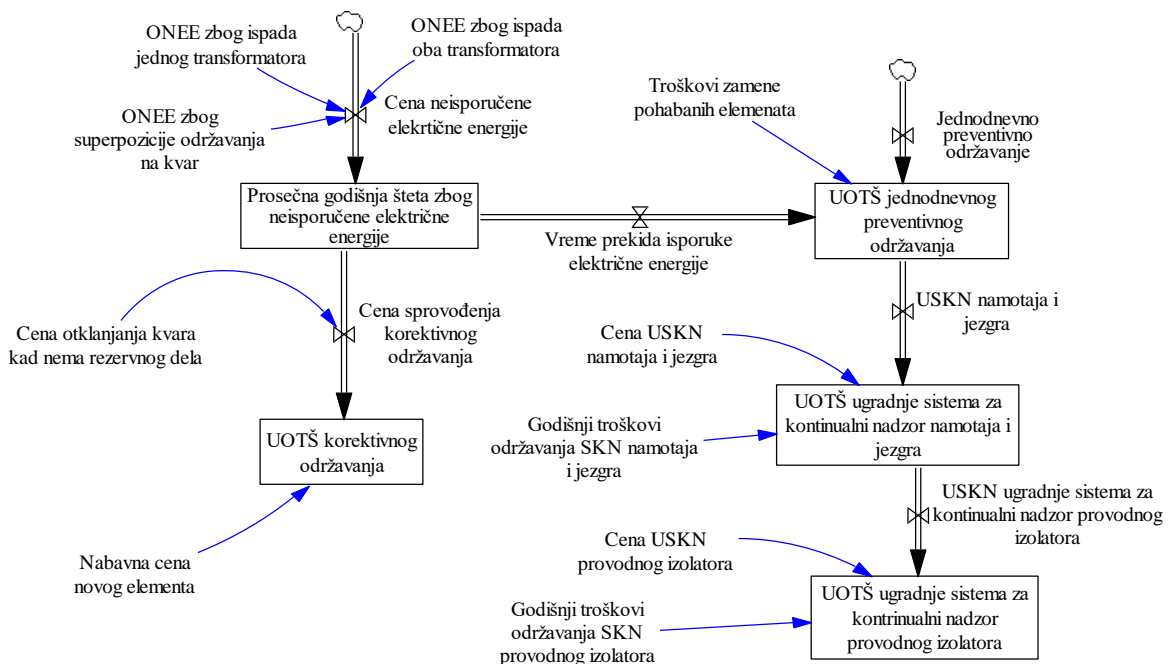
Skraćenice koje su korišćene na slikama 2 i 3 su:
 UOTŠ - Ukupni očekivani troškovi i štete,
 ONEE - Očekivana neisporučena električna energija,
 EE - Električna energija.



Slika 1. Elementi dijagrama toka



Slika 2. Dijagram toka troškova održavanja energetskog transformatora za slučaj korektivnog održavanja

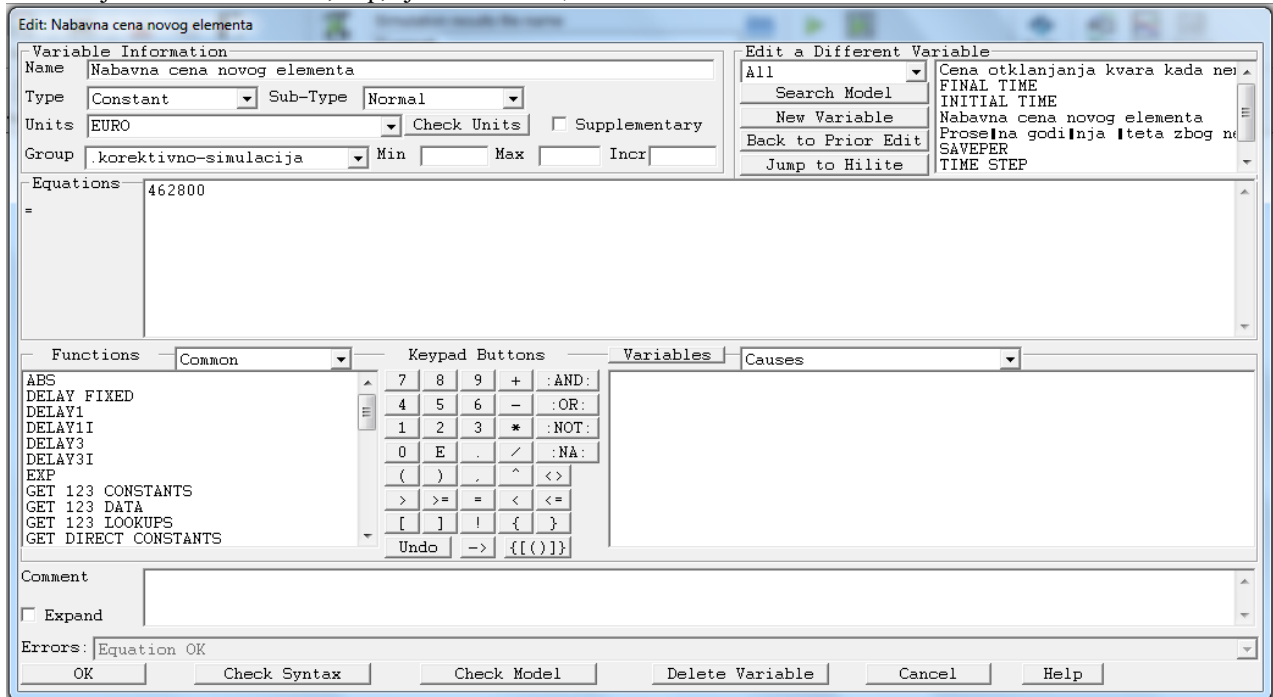


Slika 3. Dijagram toka troškova održavanja energetskog transformatora za slučaj USKN

6. SIMULACIJA OČEKIVANIH TROŠKOVA ODRŽAVANJA

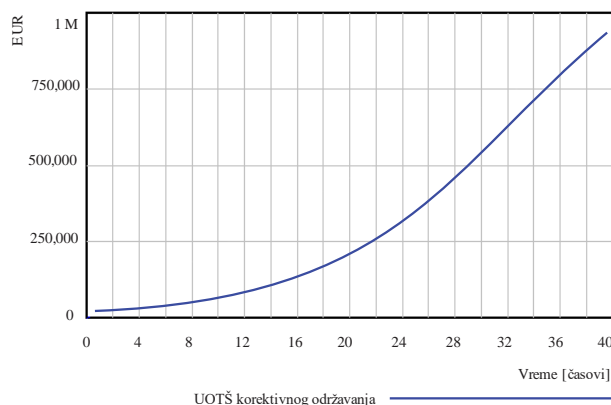
Da bi se izvršila simulacija kreiranog modela koji je predstavljen preko dijagrama toka, neophodno je prvo za svaku varijablu zadati odgovarajuće formule (slika 4). U editor se u okviru dela Variable Information unose osnovne informacije kao što su ime, tip, jedinica mere, itd.

Jednačine se unose u srednji deo označen kao Equations gde je moguće koristiti i sistemski definisane funkcije date u delu Functions. Ukoliko korisnik unese naziv promenljive ili pogrešnu formulu, u delu Errors se prijavljuje komentar o greškama. Delovi Check Syntax i Check Model proveravaju sintaksu zadate jednačine i modela, kako bi simulacija mogla da se izvrši.



Slika 4. Editor za unos formula zadatih dijagramom toka

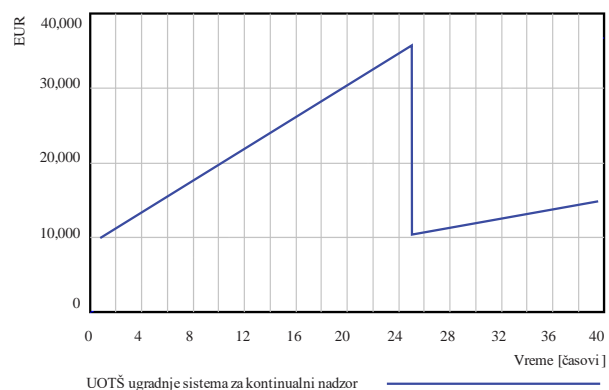
Vrednosti koje se dobijaju simulacijom troškova mogu da se predstave alatima koji se nalaze sa desne strane radnog okruženja. Na slici 5 prikazan je graf kojim se simuliraju ukupni očekivani troškovi korektivnog održavanja za planski period eksploatacije od 40 godina [9]. Sprovedenjem ove strategije održavanja dobijaju se maksimalni troškovi održavanja.



Slika 5. Dijagram simulacije očekivanih troškova korektivnog održavanja ET

USKN namotaja i jezgra je opravdano od prve godine eksploatacije transformatora. Oni se ugrađuju na svakih

deset godina, i to početkom 11., 21. i 31. godine perioda eksploatacije. USKN provodnih izolatora vrši se od prve godine perioda eksploatacije. Važno je naglasiti da posle sprovođenja ovih aktivnosti, tokom planskog perioda od 40 godina, nije opravdano sprovođiti ni jednodnevno održavanje, ni regeneraciju ulja, ni regeneraciju izolacionog sistema. Nakon USKN namotaja, jezgra, provodnih izolatora i revitalizacijom transformatora na početku 25. godine eksploatacije, troškovi na godišnjem nivou se snižavaju, a potom kreće rast troškova na godišnjem nivou. Simulacija ovih troškova je prikazana na slici 6.



Slika 6. Dijagram simulacije troškova održavanja ET u slučaju USKN

6. ZAKLJUČAK

Uloga formiranih modela dijagrama tokova i simulacija imaju za cilj određivanje troškova i šteta koje trpe isporučilac električne energije i potrošači zbog nastanka kvarova. Sprovedenjem preventivnih aktivnosti, kao što je USKN pojedinih elemenata transformatora, vrši se minimizacija troškova i povećanje raspoloživosti opreme. Pored ove preventivne aktivnosti, može se sprovesti i niz drugih aktivnosti kao što su nabavka rezervnih delova, revizalizacija transformatora, zamena ulja, itd. Sve ove aktivnosti imaju za cilj smanjenje troškova zbog neraspoloživosti i povećanje veka upotrebe ET.

Primena SDS metoda i softvera Vensim PLE značajne su za izvođenje simulacije troškova održavanja energetskog transformatora, jer sa promenom ulaznih podataka omogućavaju praćenje nastanka troškova. Ovaj metod može da se primeni na bilo kom složenom dinamičkom sistemu koji može da se prikaže formiranjem dijagrama toka i primenom odgovarajućih matematičkih modela.

LITERATURA

- [1] Basirat P., Fazlollahabbar H., Mahdavi I., "System dynamics meta - modelling for reliability considerations in maintenance", Int. J. Process Management and Benchmarking, Vol. 3, No. 2, 2013, pp. 136–153.
- [2] McHaney P., „Understanding Computer Simulation“, ISBN 978 - 87 - 7681 - 505 - 9, Ventus Publishing ApS, Frederiksberg, Denmark, 161 p, 2009.
- [3] Sterman J.D., „Business Dynamics Systems: Thinking and Modeling for a Complex World“, McGraw Hill Higher Education, Irvin, ISBN 0 - 07 - 231135 - 5, 1008 p, 2000.
- [4] Ristic O., Mijailovic V.: „Method for determining optimal power transformers exploitation strategy“, International journal: Electric Power Systems Research, Volume 83, Issue 1, February 2012, doi:10.1016/j.epsr.2011.09.007, ISSN: 0378 - 7796, pp. 255 - 261.
- [5] Ristić O., Iričanin B., Mijailović V., „Dynamic Modeling and Simulation of Power Transformer Maintenance Costs“, Serbian journal of electrical engineering, Vol. 13, No. 2, June 2016, pp. 285-299, ISSN 1451-4869, UDC: 658.58:621.314.21]:004.942, DOI: 10.2298/SJEE1602289R. http://www.journal.ftn.kg.ac.rs/Vol_13-2/09-Ristic-Iricanin-Mijailovic.pdf Last access: 1. January 2017.
- [6] <http://vensim.com/> [Access 1st January 2017]
- [7] Kremers E., „Modelling and Simulation of Electrical Energy Systems through a Complex Systems Approach using Agent-Based Models“, PhD, KIT Scientific Publishing, ISBN 978-3-86644-946-6, 2013, 176 p.
- [8] Chumai R., „System Dynamic Modeling of Plant Maintenance Strategy in Thailand“, The 27th International Conference of the System Dynamics Society Albuquerque, New Mexico, USA, ISBN 978 - 1 - 935056 - 03 - 04, 2009, pp. 1 - 16.
- [9] Ristić O. „Dinamičko modelovanje i simulacija preventivnih eksploatacionih aktivnosti u analizama pouzdanosti električne opreme“, Doktorska disertacija, Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet tehničkih nauka u Čačku, str. 101, 2016.

Ravnoteža na tržištu asimetričnih informacija – simulacija u programskom okruženju NetLogo

Equilibrium in a Market with Asymmetric Information – NetLogo simulation

Sandrina Dimitrijević

Ekonomski fakultet Univerziteta u Beogradu

Sadržaj – U ovom radu bavimo se analizom uticaja poverenja kupaca na tržišnu ravnotežu u uslovima asimetričnih informacija primenom metoda modeliranja zasnovanog na agentima. Pretpostavljamo da se na tržištu nakon svake trgovine pojavljuju novi kupci i prodavci, a uvodimo i parametar poverenja kupaca i merimo njegov uticaj na krajnji ishod. Tržište simuliramo u programu NetLogo. Zaključujemo da jedina stabilna ravnoteža nastaje u uslovima kada kupci imaju niska očekivanja i tržištem dominiraju prodavci najnižeg kvaliteta.

Abstract – In this paper we try to analyze the impact of buyers' trust on the market equilibrium in the state of asymmetric information by using agent-based modeling. We start from the assumption that after every trade, a new set of buyers and sellers appears on the market, and we also introduce the buyers' trust parameter and measure its effect on final outcome. Our simulation is created in the program NetLogo. We conclude that the only stable equilibrium happens when buyers have low expectations and market is dominated by sellers of the lowest quality.

1. UVOD

Asimetrične informacije predstavljaju situaciju kada na tržištu nemaju svi iste informacije o uslovima transakcije. Jedna strana je bolje informisana, pa to može iskoristiti u svoju korist, na primer da proizvod predstavi boljim nego što jeste. Nobelovac Džordž Akerlof je u svom poznatom radu [1] to opisao na primeru tržišta polovnih automobila. Kupci ne znaju koliko je koji automobil kvalitetan, pošto to zavisi od njima nepoznatih faktora (koliko ga je prethodni vlasnik održavao i slično). Prodavci pokušavaju da obmane kupce tvrdeći da je njihova ponuda najkvalitetnija u nameri da ostvare maksimalnu moguću cenu. Iz tog razloga kupci neće želeći da rizikuju sa najskupljim automobilima, već će birati proizvode sa prosečnom cenom. Ona se neće isplatiti prodavcima sa najboljim vozilima, koji će napustiti tržište. Prosečna cena će početi da pada, i na kraju može doći do kolapsa tržišta.

Problem asimetričnih informacija uočen je na velikom broju tržišta, od finansija [2], osiguranja [3], do tržišta rada [4]. Pojavom elektronske trgovine takođe je dobio na značaju, jer je u onlajn okruženju izraženiji [2]. Učesnici nemaju dovoljno informacija o tome ko je osoba sa druge strane i da li mogu da joj veruju. Takođe ne mogu ni da vide i opipaju proizvod pre kupovine.

U narednom radu analiziramo problem asimetrične informisanosti primenom modeliranja zasnovanog na agentima (agent-based modeling). Model zasnovan na agentima predstavlja kompjuterski program koji simulira određenu pojavu u veštačkom svetu sastavljenom od

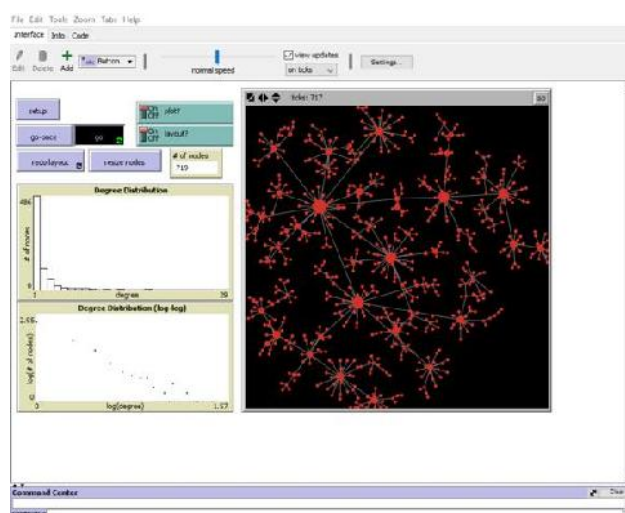
heterogenih agenata. Njegove varijable mogu da se menjaju i tako analizira ponašanje celog sistema.

Za razliku od tradicionalnih teorijskih modela omogućava proučavanje [6]:

- interakcija između heterogenih agenata od kojih svako ima određene karakteristike i pravila ponašanja, koja mogu da se menjaju kroz vreme ili pod uticajem drugih agenata ili okoline.
- globalnih obrazaca koji nastaju kao rezultat međudejstva agenata.

Naš model napravljen je u programu NetLogo [7]. NetLogo ima svoj programski jezik i razvojno okruženje koje se aktivno razvija i prilagođeno je upravo izradi modela zasnovanih na agentima. Može se reći da postaje standardna platforma za njihov razvoj, čak i onih sa velikim brojem agenata [8]. Za razliku od tradicionalnih načina modeliranja, u NetLogo-u stotine ili hiljade agenata mogu da se ponašaju različito, bilo da su nezavisni ili utiču jedni na druge. Njihovo ponašanje i krajnji rezultat mogu da se analiziraju pod svakojakim uslovima.

Program ima odlične sposobnosti za vizuelno predstavljanje simulacija i njihovih ishoda što umnogome olakšava analizu i čini da se ona bolje razume. Takođe omogućava izvoz generisanih podataka i naknadnu statističku analizu. Zbog svih svojih pozitivnih karakteristika koristi se u mnogim naučnim člancima.



Slika 1: Primer NetLogo simulacije

Veliki broj radova bavio se analizom ravnoteže na tržištu asimetričnih informacija ali korišćenjem tradicionalnih ekonomskih metoda modeliranja putem jednačina (equation-based modeling). Primena modeliranja

zasnovanog na agentima je novijeg datuma, a za razliku od sličnih radova koji su je primenjivali [9], mi proširujemo analizu uvođenjem dodatne pretpostavke da, nakon svake trgovine, na tržište dolaze novi učesnici. Takođe uvodimo i parametar poverenja, odnosno verovanje kupaca da neće dobiti robu lošijeg kvaliteta.

Glavni cilj je analiza ravnoteže koja nastaje na tržištu.

Rad počinjemo opisom modela i njegovih iteracija. Potom predstavljamo rezultate eksperimenata i diskutujemo ishod.

2. OPIS MODELA

Početno stanje. Inicijalno se na tržištu nalazi 50 kupaca i 25 prodavaca. Prodavci su podeljeni u pet jednakih grupa u zavisnosti od kvaliteta robe koju nude. Kvalitet se kreće u rasponu od 1 do 5. U skladu sa tim i minimalna cena ispod koje se prodavcima ne isplati da prodaju ide od 1 do 5. Maksimalna cena je, sa druge strane, bilo koja cena veća od minimalne koju kupac želi da prihvati.

Tip Prodavca	Kvalitet	Minimalna cena	Broj
A	5	5	5
B	4	4	5
C	3	3	5
D	2	2	5
E	1	1	5

Tabela 1. Tipovi prodavaca na tržištu

Na primer, prodavac C neće želeći da prodaje robu po ceni nižoj od 3, ali će to rado uraditi ako je cena 4 ili 5. Svako od njih će nuditi robu po maksimalnoj ceni koju može da dobije, pošto znaju da kupci ne mogu da vide pojedinačan kvalitet.

Posle početnog stanja nastupa iteracija modela koja se sastoji od nekoliko koraka:

- određivanje cene,
- odlazak prodavaca,
- trgovina i odlazak nezadovoljnih kupaca,
- dolazak novih učesnika.

U našem slučaju definišemo da je broj iteracija sto.

Određivanje cene. U prvom koraku kupci odlučuju po kojoj ceni nameravaju da kupe proizvod. Pošto su u pitanju uslovi asimetrične informisanosti, i oni ne žele da rizikuju sa viskim cenama, uvodimo pravilo da se cena formira na osnovu prosečnog kvaliteta pomnoženog parametrom poverenja (p).

Prosečan kvalitet računamo na osnovu trenutno prisutnih prodavaca koji bi želeli da trguju (ukupan kvalitet podeli se brojem prodavaca). Parametar poverenja je veći od nule, a predstavlja verovanje kupaca da neće platiti više nego što proizvod vredi, na primer da za proizvod kvaliteta

1 neće platiti 3. Ako je parametar poverenja jednak 1, tada su očekivanja jednaka prosečnom prisutnom kvalitetu, kao u Akerlofovom modelu. Kada je manji od 1, onda je u pitanju pesimističan kupac koji ne želi mnogo da rizikuje, i obrnuto.

Pretpostavljamo i da se cena kreće u rasponu od 1 do 5, tako da prosečan kvalitet pomnožen parametrom ne može da bude veći od 5 ili niži od 1.

Odlazak prodavaca. Pošto se uspostavi cena prodavci odlučuju da li im se isplati da izađu na tržište ili ne. Tako će svi prodavci koji imaju kvalitet viši od ponuđene cene nestati iz modela.

Trgovina i odlazak nezadovoljnih kupaca. U trećem koraku kupci se nasumice odlučuju da kupe proizvod od jednog od preostalih prodavaca, pošto ne mogu da vide ko je koliko kvalitetan. Neki prodavci će imati više kupovina, drugi manje, sve po slučajnom principu. Ako kupci dobiju proizvod čiji je kvalitet niži od dobijene cene (uvodimo mogućnost da prag tolerancije razlike između cene i kvaliteta bude 0,2) postanu nezadovoljni i napuštaju tržište. Tako se smanjuje i broj prisutnih kupaca.

Dolazak novih učesnika. Na kraju svake iteracije na tržištu se pojavljuju novi učesnici, 50 kupaca i 25 prodavaca (podeljenih u pet jednakih grupa u skladu sa kvalitetom), sa istim karakteristikama, kao i na početku modela.

Nova iteracija izvršava se sa novim i starim akterima.

3. EKSPERIMENTI

Svaki eksperiment predstavlja izvršavanje modela sa određenim vrednostima parametra poverenja. Uvodimo da model ima sto iteracija, i u toku njihovog izvršavanja pratimo sledeće parametre:

- Ukupan broj prevarenih kupaca koji su proizvod platili više nego što vredi i napustili tržište.
- Ukupan broj zadovoljnih kupaca koji su proizvod platili onoliko koliko vredi ili manje.
- Promet svake grupe kupaca.
- Kretanje cene na tržištu.

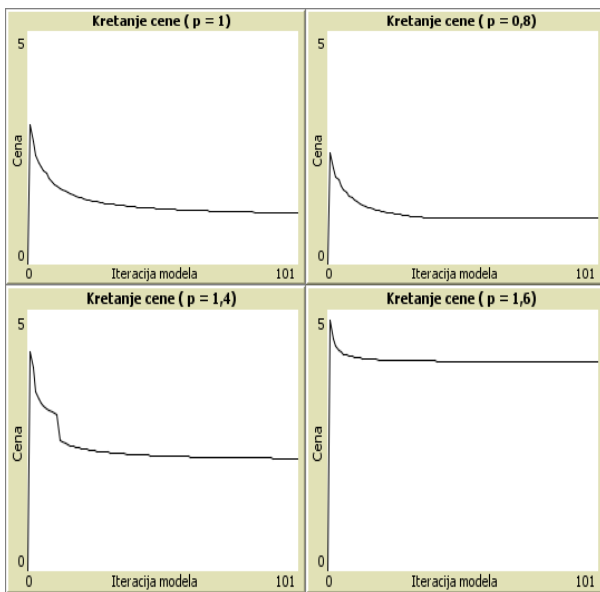
Drugim rečima, ako je kupac platio 1,2 ili manje za proizvod kvaliteta 1 smatramo da je zadovoljan. Toleranciju od 0,2 uvodimo zbog toga što je prosečna cena decimalni broj, a kvalitet ceo broj, pa se može desiti da je prosečna cena uvek drugačija od kvaliteta.

Svaki eksperiment ponavlja se 50 puta, kako bi se ispitalo da li se uočeni obrasci uvek javljaju, što je i bio slučaj. Takođe ispitujemo da li broj početnih ili novostvorenih bilo prodavaca ili kupaca igra neku ulogu u krajnjim rezultatima. Utvrđujemo da to nije slučaj i da se isti obrasci javljaju sa bilo kojim brojem agenata.

Variranje parametra poverenja. Sprovođenje eksperimenata pokazuje da što je parametar poverenja niži to se cena brže spušta na nivo 1, kada se samo najmanje kvalitetnim prodavcima isplati da izađu na tržište. Vidimo da, kao i u Akerlofovom modelu, ako kupci traže cenu jednaku prosečnom kvalitetu ($p = 1$), ona će brzo pasti na nivo najnižeg kvaliteta, odnosno 1.

Loši prodavci istisnuće dobre, jer će samo oni ostati na tržištu. Takva pojava se u literaturi naziva loš odabir, kada zbog nesavršenosti tržišta bivaju prioritizovani manje kvalitetni učesnici.

Uočavamo i da cena u uslovima visokog poverenja stalno pada, ali blažim tempom, dok se ne stabilizuje na određenom nivou.



Slika 2: Kretanje cene u zavisnosti od parametra poverenja

Interesantno je i pratiti broj zadovoljnih kupaca. On je najveći kada su cena i poverenje niski, jer tada kupci dobijaju upravo onoliko koliko plate.

Broj prevarenih kupaca raste zajedno sa parametrom poverenja, pa u određenom trenutku nadmašuje broj onih koji su zadovoljni.

	$p = 0,8$	$p = 1$	$p = 1,4$	$p = 1,6$
Broj prevarenih kupaca	800	2250	5001	5034
Broj zadovoljnih kupaca	182778	79922	2527	1585
Ukupan broj kupaca	183578	82172	7528	6619

Tabela 2: Broj prevarenih i zadovoljnih kupaca nakon 100 iteracija modela

Kada se posmatra broj preostalih tržišnih aktera, takođe uočavamo i da se u slučaju visokog poverenja i viših cena, kupci ne zadržavaju dugo na tržištu zbog visoke verovatnoće da budu prevareni. Na primer, kada je $p = 1,6$ njihov broj je, nakon sto iteracija, tek nešto veći od broja novopridošlih kupaca.

	$p = 0,8$	$p = 1$	$p = 1,4$	$p = 1,6$
Kolona1	Kolona2	Kolona3	Kolona4	Kolona5
Broj preostalih kupaca	4300	2850	96	67
Broj preostalih A		5	5	5
Broj preostalih B	5	5	5	510
Broj preostalih C	5	5	5	510
Broj preostalih D	5	5	510	510
Broj preostalih E	510	510	510	510

Tabela 3: Broj učesnika na tržištu nakon 100 iteracija

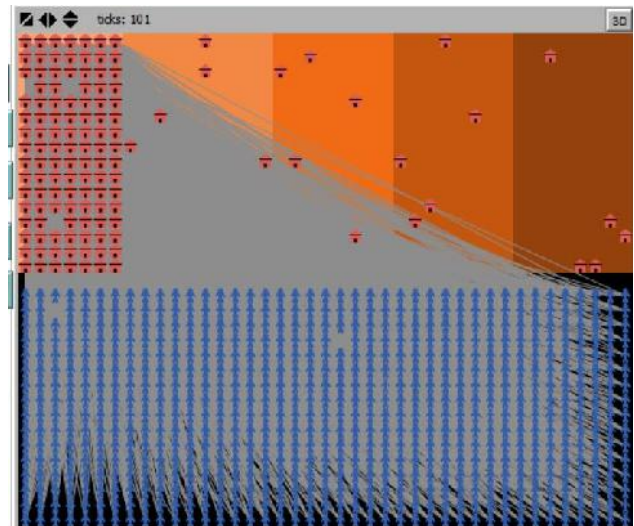
U uslovima visokog poverenja prodavcima se isplati da u svakoj iteraciji budu prisutni na tržištu, zbog dobre cene, ali ne ostvaruju veliki promet, pošto nema mnogo kupaca.

Ukupan promet prodavaca				
	$p = 0,8$	$p = 1$	$p = 1,4$	$p = 1,6$
A	0		0	0
B	0		9	82691
C	0	12	1132	83045
D	76	595	151675	83753
E	5372098	1712628	156210	84190

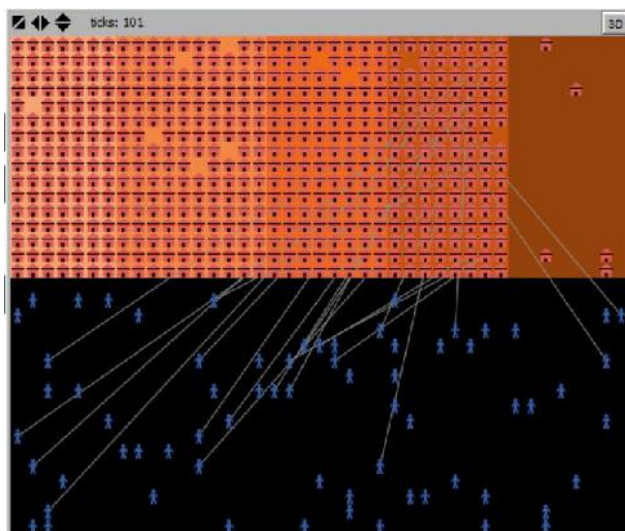
Tabela 3: Ukupan promet prodavaca nakon 100 iteracija modela

U skladu sa brojem zadovoljnih kupaca menja se i promet prodavaca. Prodavci visokog kvaliteta ne dobijaju šansu da se pokažu, dok su najmanje kvalitetni ti koji su uvek na dobitku.

U slučaju visoke cene imaće jednak promet kao i kvalitetniji prodavci, dok će u uslovima niske cene dominirati tržištem, kao što se može videti na slikama 3 i 4.



Slika 3: Vizuelni prikaz simulacija kada je $p = 0,8$



Slika 4: Vizuelni prikaz simulacije kada je $p = 1,6$.

4. ZAKLJUČAK

Analizom tržišta sa asimetričnim informacijama primenom modela zasnovanih na agentima dobijeni su isti rezultati kao i u prethodnim radovima koji su se bavili ovom temom.

Ravnoteža je moguća samo u slučaju kada kupci imaju niska očekivanja u pogledu kvaliteta robe, a na tržištu opstaju samo prodavci koji su najlošijeg kvaliteta. Štaviše kupci sa najboljim proizvodima uvek će imati visok promet, zbog mogućnosti da prevare kupca.

Što je veće verovanje kupaca u to da neće biti obmanuti, time će i kvalitetni prodavci imati podsticaja da ostanu na tržištu. Nažalost, takvo stanje nije održivo jer će, u zavisnosti od odnosa kvalitetnih i nekvalitetnih prodavaca, veliki broj kupaca biti nasamaren odnosno platiti više nego što proizvod zaista vredi.

Najkvalitetniji prodavci bivaju istisnuti odmah na početku. Ali, čak i da su prisutni na tržištu, u uslovima ekstremnog visokog poverenja, ne bi imali sa kime da trguju, jer kupci napuštaju tržište.

Naš model predstavlja ekstreman slučaj asimetričnih informacija koji bi se mogao u daljim radovima proširiti pretpostavkama da agenti mogu da uče jedni od drugih ili da su delimični informisani.

LITERATURA

[1] Akerlof, G. A. (1970). The market for "lemons": Quality uncertainty and the market mechanism. *The quarterly journal of economics*, 488-500.

[2] Brunnermeier, M. K. (2001). *Asset pricing under asymmetric information: Bubbles, crashes, technical analysis, and herding*. Oxford University Press on Demand.

[3] Cohen, A. (2005). Asymmetric information and learning: Evidence from the automobile insurance market. *Review of Economics and statistics*, 87(2), 197-207.

[4] Oswald, A. J. (1986). Unemployment insurance and labor contracts under asymmetric information: Theory and facts. *The American Economic Review*, 76(3), 365-377.

[5] Resnick, P., & Zeckhauser, R. (2002). Trust among strangers in Internet transactions: Empirical analysis of eBay's reputation system. In *The Economics of the Internet and E-commerce* (pp. 127-157). Emerald Group Publishing Limited.

[6] Wilensky, U., & Rand, W. (2015). *An introduction to agent-based modeling: modeling natural, social, and engineered complex systems with NetLogo*. MIT Press.

[7] Tisue, S., & Wilensky, U. (2004, May). Netlogo: A simple environment for modeling complexity. In *International conference on complex systems* (Vol. 21, pp. 16-21).

[4] Railsback, S., Ayllón, D., Berger, U., Grimm, V., Lytinen, S., Sheppard, C., & Thiele, J. (2017). Improving Execution Speed of Models Implemented in NetLogo. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 20(1), 1-3.

[9] Baggio, R., & Baggio, J. A. (2013). Modeling Information Asymmetries in Tourism. In M. Kozak, S. S. Lebe, L. Andreu, J. Gnoth & A. Fyall (Eds.), *Tourism Marketing: On Both Sides of the Counter* (pp. 156-174). Newcastle upon Tyne, UK: Cambridge Scholars Publishing

ОБЈЕКТИВНА ПРОЦЕНА СЛИКА СА ПОБОЉШАЊЕМ КВАЛИТЕТА OBJECTIVE QUALITY ASSESSMENT OF ENHANCED IMAGES

Бобан Бонцулић¹, Владимир Петровић², Момир Станковић¹

Универзитет одбране у Београду, Војна академија¹

Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука²

Садржај – Највећи број објективних мера процене квалитета намењен је процени квалитета слика са деградацијом (нарушавањем квалитета). У овом раду представљени су резултати могућности примене актуелних мера процене квалитета слика са деградацијом у процени квалитета слика са побољшањем квалитета. Анализирана је ефикасност изабраних мера процене квалитета у стандардном и инверзном моду рада, код кога се побољшана верзија сматра оригиналом а изворна слика сликом са деградацијом. Предложена је градијентна мера за процену квалитета слика са побољшањем квалитета. Перформансе објективних мера процене квалитета анализирани су на две базе слика.

Abstract – The most of objective image quality assessment measures are intended to assess the quality of the degraded images (with quality degradation). This paper presents the results of the possibility of applying the actual objective quality assessment measures of degraded images in the quality evaluation of enhanced images. It was analyzed the effectiveness of selected image quality assessment measures in the standard and inverse mode, in which the enhanced version of the original is considered as the original image and original image as the degraded image. Proposed is a gradient-based framework for the quality assessment of enhanced images. The performance of objective image quality assessment measures is analysed on two image datasets.

1. УВОД

Алгоритми процене квалитета слика и видеа имају бројне примене у системима њихове обраде, анализе и кодовања. Највећи број мера процене квалитета намењен је процени квалитета слика са деградацијом (нарушавањем квалитета), уз претпоставку да је слика доброг квалитета уколико је визуелно сличнија оригиналу (референтној слици). Међутим, у бројним системима се користе побољшане верзије изворних слика, и за њих је претпоставка о сличности са оригиналом мање прихватљива, а самим тим су потребне другачије тактике процене квалитета [1, 2].

Побољшање квалитета је једна од основних операција у дигиталној фотографији и дигиталној обради слике. Побољшање или ретуширање (retouching) је корак који се користи након снимања слике. Технике побољшања квалитета слике могу се поделити у три групе: (1) технике код којих се врши декомпозиција слике на нискофреквенцијске и високофреквенцијске компоненте за манипулацију, (2) трансформационе технике и (3) технике модификације хистограма [3].

Технике прве две групе често користе вишевеличинску анализу за декомпозицију у различите фреквенцијске опсеге и истичу глобалне и

локалне фреквенције. Ове технике су рачунарски сложене али се кроз трансформацију сигнала у одговарајуће опсеге и скале омогућава истовремено побољшање глобалног и локалног контраста.

Техникама треће групе се посвећује највише пажње због јасне и интуитивне имплементације побољшања квалитета. Линеарно развлачење контраста и глобална еквализација хистограма су две најчешће коришћене методе за глобалну поправку квалитета.

Потреба да се визуелни квалитет слике процени на начин који је у сагласности са субјективном импресијом квалитета је битна у бројним апликацијама, као што су компресија слике, потискивање шума или ретуширање слике. На жалост, процена квалитета побољшаних слика је изазовна због чињенице да су промене вешто унете у слику и могу утицати на субјективну импресију квалитета. Без обзира на то, у [4] је показано да је могуће проценити квалитет слика са побољшањем квалитета на основу атрибута нижег нивоа – контраста и боје. Додатно, VIF (Visual Information Fidelity) објективна мера процене квалитета [5] даје вредности веће од 1 (квалитет бољи од оригинала) уколико деградирана слика садржи линеарно побољшање контраста. Међутим, ретуширање није само ограничено на побољшање контраста јер и други фактори као што су изоштравање и корекција боје имају значајну улогу у побољшању квалитета.

У овом раду су анализирани могућности мера за објективну процену квалитета слика са деградацијом у процени квалитета слика са побољшањем квалитета. У питању су мере са потпуним референцирањем на изворни сигнал (слику), за који се може рећи да је идеалног квалитета. Од објективних мера коришћене су: вршни однос сигнал/шум (Peak Signal-to-Noise Ratio, PSNR), ивична објективна процена квалитета Q^{AB} [6], универзални индекс квалитета слике (Universal Image Quality Index, UIQI) [7], индекс структурне сличности (Structural Similarity Index, SSIM) [8] и његова мултивеличинска варијанта (Multi-Scale SSIM, MS-SSIM) [9], VIF [5], MAD (Most Apparent Distortion) [10] и VSNR (Visual Signal-to-Noise Ratio) [11].

Могућности објективних мера су представљене кроз поређење са резултатима субјективних тестова на две јавно доступне базе слика: DRIQ (Digitally Retouched Image Quality) [12] и Warwick [3]. Степен слагања субјективних и објективних скорова квалитета је дат кроз коефицијент линеарне корелације (Pearson Linear Correlation Coefficient, LCC) и корелацију рангова (Spearman Rank-Order Correlation Coefficient, SROCC) [13]. Поред објективних мера процене намењених процени квалитета слика са деградацијом, у раду је

уведена и једноставна објективна мера за процену квалитета слика са побољшањем квалитета. Мера је заснована на поређењу амплитуда градијената две слике.

2. ГРАДИЈЕНТНА МЕРА ПРОЦЕНЕ ПОБОЉШАЊА КВАЛИТЕТА СЛИКА

За потребе објективне процене квалитета слика са побољшањем квалитета потребно је изворну слику, R , и њену побољшану верзију, E , филтрирати са Собел просторним маскама (слика 1).

1	0	-1	-1	-2	-1
2	0	-2	0	0	0
1	0	-1	1	2	1

Слика 1 – Вертикална и хоризонтала Собел маска.

У спроведеној анализи слика је представљена као матрица димензија $N \times M$, где је N број колона, а M број редова. Резултате конволуције слика који дају информације о хоризонталним и вертикалним компонентама ивица (x и y оријентација) означимо са s^x и s^y , тим редом. Од ових компоненти добија се амплитуда градијента, $g(n,m)$, пиксела на позицији (n,m) (рецимо слике E):

$$g_E(n,m) = \frac{\sqrt{(s_E^x(n,m))^2 + (s_E^y(n,m))^2}}{g_{\max}}, \quad g_{\max} = 4.472 \quad (1)$$

У (1) је са g_{\max} означена максимална вредност амплитуде градијента која се може добити применом Собел маске ($g_{\max}=4.472$). Амплитуда g може бити у опсегу $[0,1]$, где минимална вредност одговара ситуацијама када нема промена нивоа сивог, а максимална вредност одговара максималном контрасту.

Градијентна процена квалитета полази од идеје да ће највећи број техника за побољшање квалитета донети повећање амплитуда градијента (кроз појачање контраста или изоштравање слике). Тако се локално побољшање квалитета одређује кроз количник амплитуде градијента слике са побољшањем квалитета и амплитуде градијента референтне слике:

$$GR(n,m) = \frac{g_E(n,m) + C}{g_R(n,m) + C} \quad (2)$$

где је са C ($C=1/256$) означена константа која се додаје због ситуација у којима су оба градијента близу нуле. Вредности GR веће од 1 говоре да је дошло до повећања амплитуде градијента слике са побољшањем квалитета, док вредности мање од 1 говоре да је дошло до смањења амплитуде градијента. Количник амплитуда градијента се користи за поуздану објективну процену квалитета слике и видеа са деградацијом у [6, 14]. Међутим, за разлику од [6] и [14], где није битна информација о томе која слика се користи као референтна, у (2) је та информација битна јер је у бројиоцу амплитуда градијента слике са побољшањем квалитета.

Крајња вредност побољшања квалитета се одређује усредњавањем локалних GR вредности:

$$MGR = \frac{1}{NM} \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M GR(n,m) \quad (3)$$

Динамички опсег мере MGR је $[0,\infty)$. Веће вредности мере говоре да се ради о тест слици са богатијим ивицама, независно од тога да ли се изворна слика пореди са њеном деградираним или побољшаном варијантом.

3. ОПИС БАЗА СЛИКА И АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА ОБЈЕКТИВНИХ МЕРА

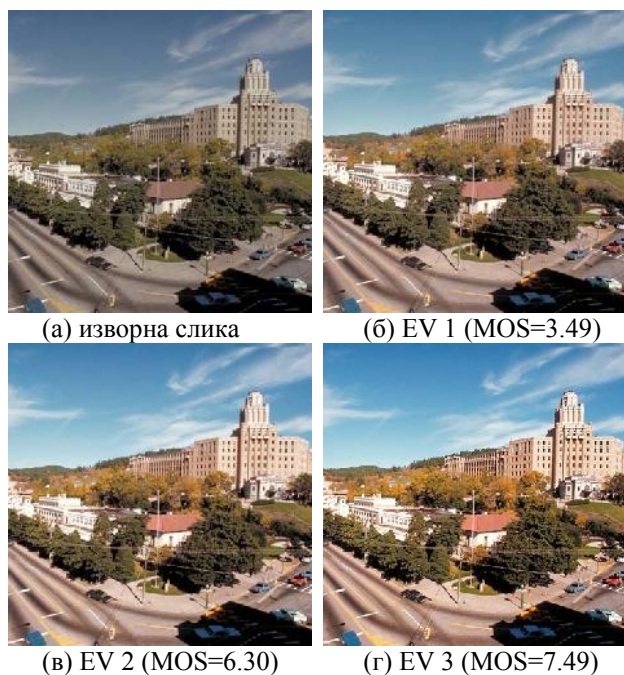
3.1. Анализа резултата на DRIQ бази слика

У овој бази, [12], користи се 26 изворних колор слика уобичајеног садржаја, димензија 512×512 пиксела. Коришћењем Adobe Photoshop-а свака од 26 изворних слика је модификована како би се добиле три побољшане верзије различитог квалитета. Побољшања су добијена променом контраста, оштрине, осветљаја, боје или њиховом комбинацијом. У оквиру базе су 104 слике (26 оригинала и $26 \times 3 = 78$ побољшаних верзија).

У субјективним тестовима учествовало је девет посматрача (од 23 до 34 године). Како би се добиле поуздане субјективне евалуације квалитета побољшаних слика, спроведена је процедура у три корака: (1) рангирање унутар групе слика од једног оригинала, (2) процена квалитета унутар групе слика са фиксирањем ранга и (3) процена квалитета између група слика. Нумеричке вредности квалитета сведене су на динамички опсег од 0 (лош квалитет) до 10 (одличан квалитет). Вредност субјективног квалитета је у раду обележена са MOS (Mean Opinion Score), где веће вредности одговарају бољем визуелном квалитету.

На слици 2 приказана је изворна слика DRIQ базе и три њене побољшане верзије (обележене са EV). На слици су дате и субјективне вредности квалитета. Посматрачи су највећу оцену дали слици под (г), која је настала изоштравањем и истицањем боје.

При поређењу оригинала и побољшаних верзија са слике 2, очигледно је да због присуства побољшаних верзија оригинал изгледа деградиранио. Због тога су у [1] и [2] анализирали процену квалитета слика применом мера процене квалитета у преиначеном односу. За овај приступ коришћене су три објективне мере са потпуним референцирањем, VIF [5], MAD [10] и VSNR [11], и то у два модалитета: (1) применом алгоритама у нормалном моду рада и (2) применом сваког алгорита у преиначеном односу, где се побољшана верзија посматра референтном, а оригинал сликом са деградацијом. Ове три технике су изабране јер захтевају информацију о томе која је од две слике које се пореде оригинал. Уколико се улога слика промени, алгоритми ће дати другачије резултате. Код мера PSNR, Q^{AB} , UIQI, SSIM и MS-SSIM редослед слика које се пореде није битан.



Слика 2 – Изворна слика из DRIQ базе ("hospital.png") и њене побољшане верзије.

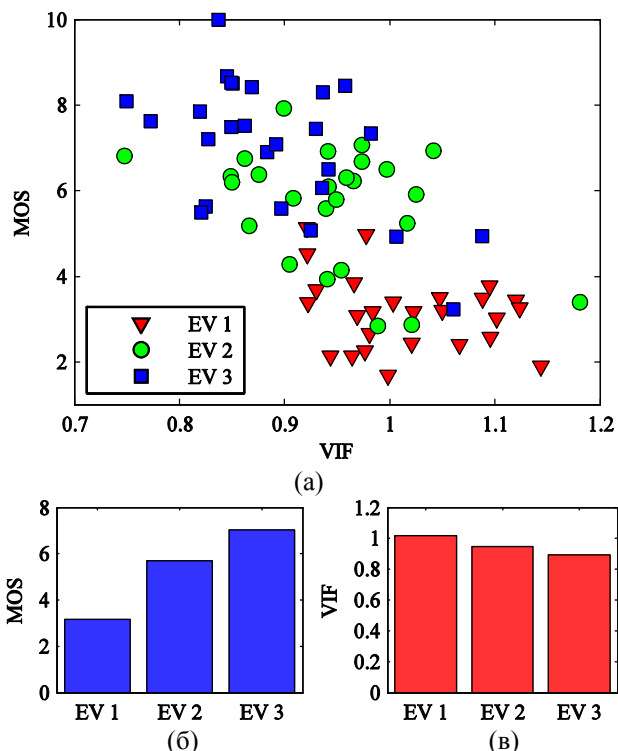
Резултати субјективних тестова су упоређени са резултатима објективних мера. У табели 1 дате су перформансе анализираних објективних мера процене квалитета кроз коефицијент линеарне корелације (LCC) и корелацију рангова (SROCC) субјективних и објективних скорова квалитета на DRIQ бази слика. Резултати објективних мера VIF, MAD и VSNR, код којих је извршена замена улога су обележени индексом inv (VIF_{inv} , MAD_{inv} и $VSNR_{inv}$).

Табела 1 – Степен слагања субјективних и објективних процена квалитета на DRIQ бази слика.

Мера	LCC	SROCC
MGR	0.7490	0.7399
PSNR	0.2981	0.2506
Q^{AB}	0.7720	0.7749
UIQI	0.6759	0.6922
SSIM	0.7505	0.7629
MS-SSIM	0.6564	0.6692
VIF	0.6603	0.6679
VIF_{inv}	0.8228	0.8078
MAD	0.7224	0.7122
MAD_{inv}	0.6958	0.6867
VSNR	0.3502	0.3617
$VSNR_{inv}$	0.3341	0.3252

Иако резултати из табеле 1 указују да су перформансе Q^{AB} , SSIM, MAD и VIF објективних мера процене квалитета задовољавајуће, потребно је нагласити да SSIM, Q^{AB} и MAD мере дају вредност квалитета тест слике у односу на оригинал (степен њиховог слагања). У применама где је потребно проценити квалитет слика са деградацијом и са побољшањем квалитета исте слике, ови алгоритми се не могу користити за идентификацију верзије која има бољи или лошији квалитет од изворне слике. Изузетак је

VIF мера, за коју је вредност квалитета већа од 1 показатељ бољег квалитета тест слике од оригинала са којим се пореди (важи за слике са побољшањем контраста). Међутим, са слике 3(а) на којој је приказан дијаграм расипања субјективних и VIF објективних скорова квалитета уочава се да побољшање квалитета увек не даје VIF вредности које су веће од 1. Такође, са слика 3(б) и 3(в) се уочава да су посматрачи најбоље оцене дали EV 3 побољшаним верзијама, док би по VIF мери могло да се закључи да једино EV 1 модификација доводи до побољшања квалитета (средња вредност објективних скорова је већа од 1). Такође, може се закључити да за EV 3 модификацију постоји највећа визуелна разлика између изворних и тест слика.

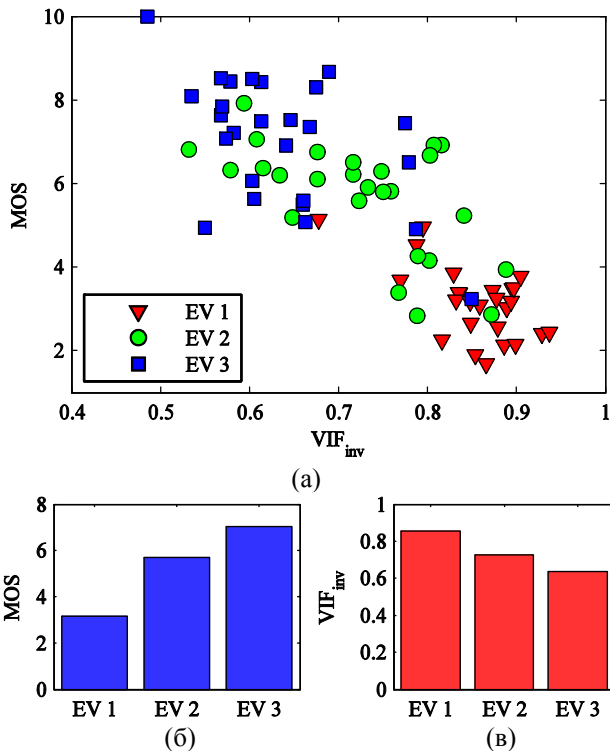


Слика 3 – (а) дијаграм расипања субјективних и VIF објективних скорова квалитета, (б) средње вредности MOS скорова квалитета и (в) средње вредности VIF објективних скорова квалитета на DRIQ бази слика.

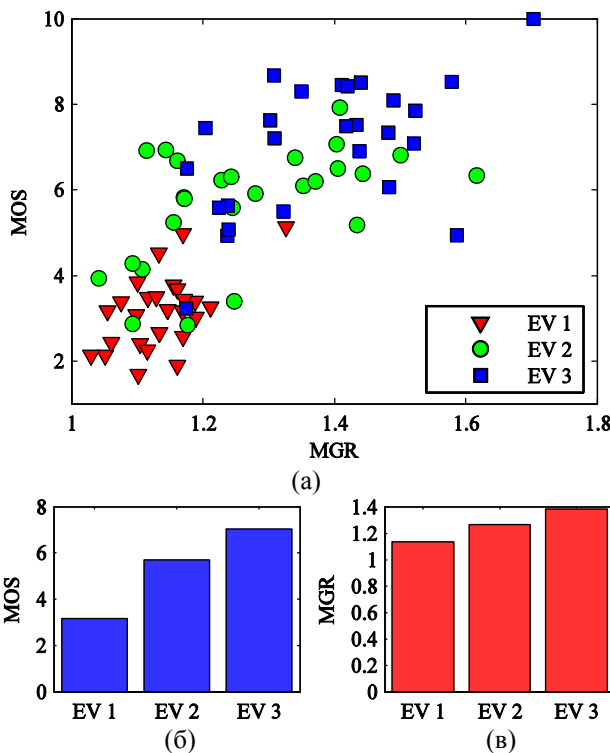
Примена VIF мере при замењеним улогама изворне и тест слике довела је до значајно већег слагања субјективних и објективних скорова квалитета (видети перформансе VIF и VIF_{inv} у табели 1), што се уочава и кроз значајно мање расипање у простору субјективно-објективних скорова на слици 4. Међутим, као и код VIF мере у стандардној примени, ниже вредности VIF_{inv} објективне мере одговарају сликама са најбоље оцењеним субјективним квалитетом (за које је највећа визуелна разлика слика које се пореди).

Резултати приказани у табели 1 говоре да VSNR и MAD технике, које користе моделе визуелног маскирања имају значајно лошије перформансе него на базама слика са деградацијом квалитета (на неким базама степен слагања је већи од 95%). Овај резултат

није неочекиван јер су модели маскирања дизајнирани за визуелну детекцију деградације.



Слика 4 – (а) дијаграм расипања субјективних и VIF_{inv} објективних скорова квалитета, (б) средње вредности MOS скорова квалитета и (в) средње вредности VIF_{inv} објективних скорова квалитета на DRIQ бази слика.



Слика 5 – (а) дијаграм расипања субјективних и MGR објективних скорова квалитета, (б) средње вредности MOS скорова квалитета и (в) средње вредности MGR објективних скорова квалитета на DRIQ бази слика.

Замена улога изворне и тест слике при примени MAD и VSNR мера довела је до погоршања њихових перформанси. Овај закључак је у супротности са резултатима из [2], а разлог томе може бити то што се у [2] за процену перформанси користе нелинеарне логистичке криве за одређивање коефицијента линеарне корелације, док се у овом раду оне не користе.

Једноставна MGR мера је остварила јако добре перформансе, које су додатно потврђене на слици 5. Веће вредности ове мере одговарају бољем субјективном утиску квалитета, што се манифестовало и кроз правилно рангирање различитих верзија изворне слике (слике 5(б) и 5(в)).

За разлику од осталих објективних мера процене квалитета, деградирани слике би се идентификовале кроз MGR вредности које су мање од 1.

3.2. Анализа резултата на Warwick бази слика

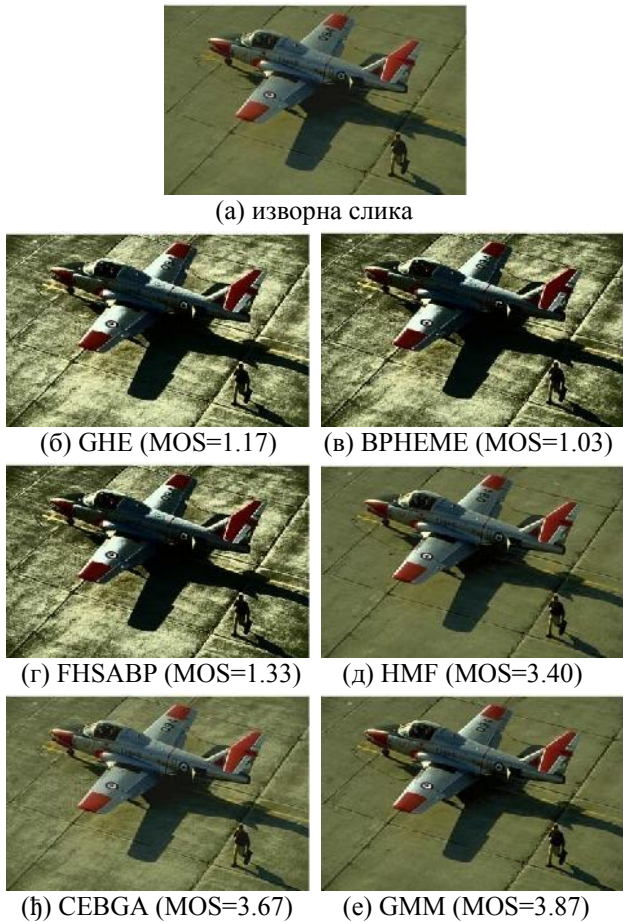
У Warwick бази, [3], се користи осам изворних слика, где је побољшање квалитета урађено коришћењем шест техника:

- GHE – Global Histogram Equalization,
- BPHEME – Brightness Preserving Histogram Equalization with Maximum Entropy,
- FHSABP – Flattest Histogram Specification with Accurate Brightness Preservation,
- HMF – Histogram Modification Framework,
- CEBGA – Contrast Enhancement based on Genetic Algorithm, и
- GMM – Gaussian Mixture Model.

Тест слике имају значајне разлике у средњој вредности нивоа сивог и контрасту, због чега су погодне за процену побољшања квалитета изворних слика у различитим околностима. Једна од изворних слика из ове базе, њене побољшане верзије и припадајући MOS скорови дати су на слици 6.

Перформансе објективних мера процене квалитета на Warwick бази слика дате су у табели 2. Уочава се да су перформансе лошије него на DRIQ бази слика, нарочито уколико се посматра корелација рангова (SROCC). Овакав резултат је последица ситуација карактеристичних за Warwick базу слика, у којима је вредност корекције контраста превелика, тако да долази до "пренаглашавања" побољшања квалитета (over-enhancement). То се уочава и на слици 6, где модификације настале применом GHE, BPHEME и FHSABP делују неприродно. Из табеле 2 се уочава да су задовољавајуће перформансе остварене применом SSIM мере, па је на слици 7 дат дијаграм расипања субјективних и SSIM објективних скорова квалитета (по врстама модификације). Додатно су на слици 7 приказане и средње вредности субјективних и SSIM објективних скорова квалитета по модификацијама изворне слике. Са слике се уочава да су посматрачи дали предност HMF, CEBGA и GMM побољшањима изворне слике. Такође, уочава се да за модификације

изворне слике које имају пренаглашавање квалитета (GHE, ВРНЕМЕ и FHSABP) постоји већа визуелна разлика анализираних парова слика.



Слика 6 – Изворна слика из Warwick базе ("Plane.bmp") и њене побољшане верзије.

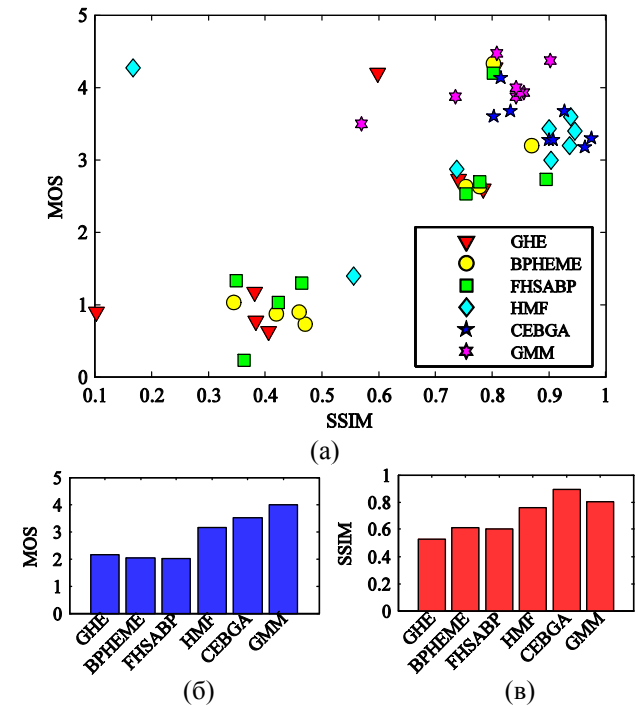
Табела 2 – Степен слагања субјективних и објективних процена на Warwick бази слика.

Мера	LCC	SROCC
MGR	0.6849	0.2980
PSNR	0.3672	0.3075
Q^{AB}	0.6582	0.5239
UIQI	0.6894	0.5463
SSIM	0.7048	0.5388
MS-SSIM	0.7050	0.4945
VIF	0.2240	0.3018
VIF_{inv}	0.3973	0.4107
MAD	0.6471	0.5446
MAD_{inv}	0.4680	0.4563
VSNR	0.1377	0.3740
$VSNR_{inv}$	0.2911	0.1866

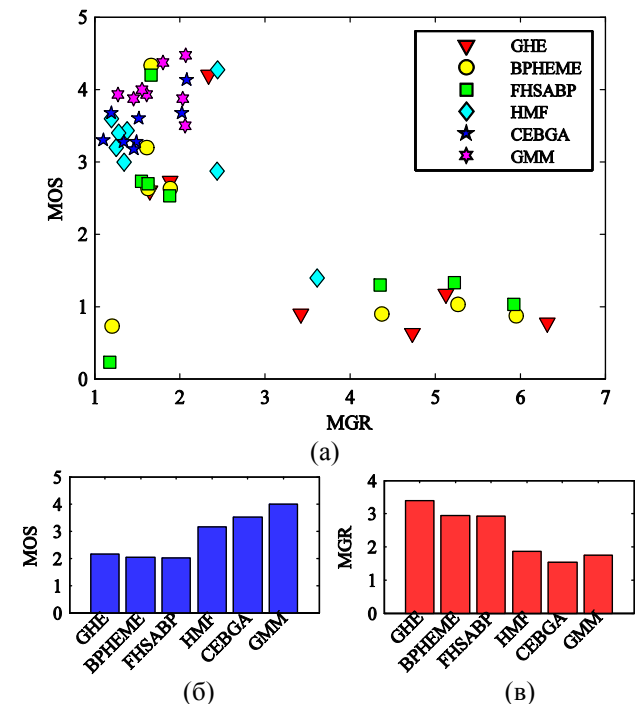
Замена улога изворне и тест слике је код VIF мере довела до побољшања перформанси, док је код MAD мере довела до погоршања перформанси. Код VSNR мере ова измена је довела до повећања линеарне корелације али и до смањења корелације рангова.

На слици 8 приказани су дијаграм расипања субјективних и MGR објективних скорова квалитета, са средњим вредностима субјективних и објективних

скорова квалитета по врстама модификације у Warwick бази.



Слика 7 – (а) дијаграм расипања субјективних и SSIM објективних скорова квалитета, (б) средње вредности MOS скорова квалитета и (в) средње вредности SSIM скорова квалитета на Warwick бази слика.

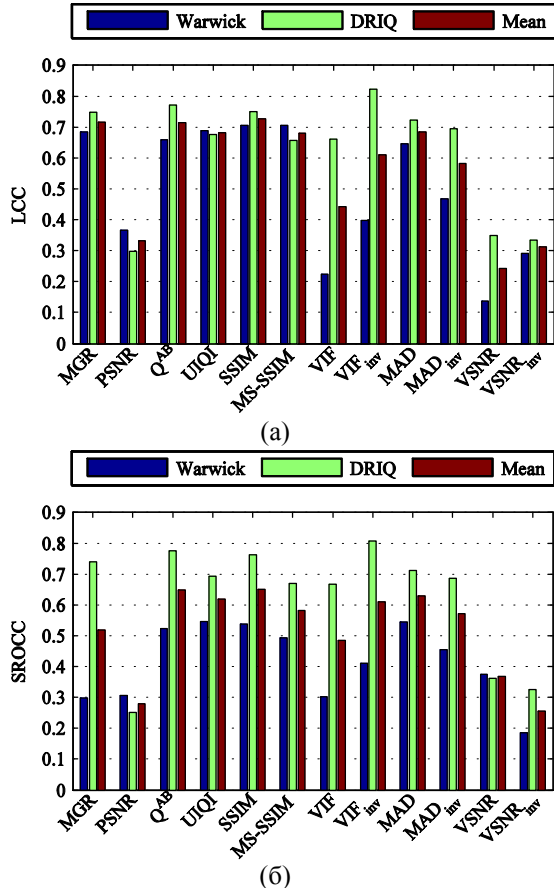


Слика 8 – (а) дијаграм расипања субјективних и MGR објективних скорова квалитета, (б) средње вредности MOS скорова квалитета и (в) средње вредности MGR скорова квалитета на Warwick бази слика.

Пренаглашавање квалитета кроз повећање контраста довело је до значајног повећања MGR вредности мера за које су посматрачи проценили да имају лошији квалитет (GHE, ВРНЕМЕ и FHSABP). Због тога је

процени квалитета применом MGR мере потребно увести неку врсту прага, изнад кога би се пренаглашавање квалитета сматрало деградацијом.

На слици 9 илустроване су перформансе објективних мера процене квалитета на обе базе слика. Изузет PSNR мере, перформансе осталих објективних мера процене квалитета су боље на DRIQ бази слика. То је последица присуства слика са пренаглашавањем контраста у Warwick бази слика.



Слика 9 – (а) коефицијент линеарне корелације и (б) корелација рангова субјективних и објективних скорова на обе базе слика и њихова средња вредност.

4. ЗАКЉУЧАК

У раду су приказани резултати анализе могућности примене објективних мера процене квалитета слика са деградацијом у процени слика са побољшањем квалитета. Резултати објективних мера процене квалитета су упоређени са резултатима субјективних тестова на две базе слика. Максимални степен корелације резултата субјективних и објективних скорова квалитета износи 82%, што је значајно мање од корелације са резултатима субјективних тестова над сликама са деградацијом квалитета (где је степен корелације углавном већи од 95%). Присуство слика са пренаглашавањем квалитета у једној од база је довело до лошијих перформанси објективних мера процене квалитета. Објективне мере нису тестиране на базама које поред слика са побољшањем квалитета садрже и слике са деградацијом квалитета. Имајући у виду да се код актуелних објективних мера посматра

визуелна разлика између две слике, побољшање квалитета је довело до објективних скорова који одговарају сликама са деградацијом. На тај начин се актуелне објективне мере процене квалитета не могу користити у идентификацији типа модификације – деградација или поправка квалитета (негативна или позитивна промена), односно њима се не може одредити пут којим треба ићи како би се дошло до побољшања квалитета. Због тога је ове мере потребно модификовати и прилагодити потребама објективне процене слика са побољшањем квалитета. Модификацију је потребно спровести кроз неколико измена: (1) увођење боје као носиоца информација, (2) увођење негативних и позитивних промена тест слике, и (3) увођење пренаглашавања квалитета као нежељене промене тест слике.

Имајући у виду да се коришћењем предложене MGR мере анализирају ефекти измене контраста и наглашавања високофреквенцијских компоненти, а у базама постоје и друге модификације изворне слике, ову меру је потребно доградити кроз анализу корекције боје, анализу средње вредности нивоа сивог,... Додатно, потребно је одредити вредност прага MGR мере, изнад кога би се пренаглашавање квалитета сматрало нежељеном променом тест слике.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Vu, C.T., Phan, T.D., Banga, P.S., Chandler, D.M., "On the quality assessment of enhanced images: A database, analysis and strategies for augmenting existing methods", IEEE Southwest Symposium on Image Analysis and Interpretation (SSIAI), Proc. of papers, pp. 181-184, 2012.
- [2] Vu, C.T., Phan, T.D., Chandler, D.M., "Can current image quality assessment algorithms predict visual quality of enhanced images?", http://vision.okstate.edu/driq/HVEL_VPC_mini_final.pdf
- [3] Celik, T., Tjahjadi, T., "Automatic image equalization and contrast enhancement using Gaussian mixture modeling", IEEE Trans. on Image Processing, Vol. 21, No. 1, pp. 145-156, 2012.
- [4] Fairchild, M.D., Johnson, G.M., "iCAM framework for image appearance, differences and quality", Journal of Electronic Imaging, Vol. 13, No. 1, pp. 126-138, 2004.
- [5] Sheikh, H.R., Bovik, A.C., "Image information and visual quality", IEEE Trans. on Image Processing, Vol. 15, No. 2, pp. 430-444, 2006.
- [6] Bondžulić, B., Petrović, V., "Edge-based objective evaluation of image quality", 18th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), Proc. of papers, pp. 3305-3308, 2011.
- [7] Wang, Z., Bovik, A.C., "A universal image quality index", IEEE Signal Processing Letters, Vol. 9, No. 3, pp. 81-84, 2002.
- [8] Wang, Z., Bovik, A.C., Sheikh, H.R., Simoncelli, E.P., "Image quality assessment: From error visibility to structural similarity", IEEE Trans. on Image Processing, Vol. 13, No. 4, pp. 600-612, 2004.
- [9] Wang, Z., Simoncelli, E.P., Bovik, A.C., "Multi-scale structural similarity for image quality assessment", Conference Record of the 37th Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers, pp. 1398-1402, 2003.
- [10] Larson, E.C., Chandler, D.M., "Most apparent distortion: Full-reference image quality assessment and the role of strategy", Journal of Electronic Imaging, Vol. 19, Paper No. 011006, 2010.
- [11] Chandler, D.M., Hemami, S.S., "VSNR: A wavelet-based visual signal-to-noise ratio for natural images", IEEE Trans. on Image Processing, Vol. 16, No. 9, pp. 2284-2298, 2007.
- [12] "The DRIQ (Digitally Retouched Image Quality) database", <http://vision.okstate.edu/index.php?loc=driq>
- [13] "Objective perceptual assessment of video quality: Full reference television", ITU-T Telecommunication Standardization Bureau, 2004.
- [14] Бонцулић, Б., "Процена квалитета слике и видеа кроз очување информација о градијенту", Докторска дисертација, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад, 2016.

SUBJEKTIVNA PROCENA USPEŠNOSTI SJEDINJAVANJA VIDEO SEKVENCI

SUBJECTIVE ASSESSMENT OF PERFORMANCE FOR VIDEO FUSION

Rade Pavlović¹, Vladimir Petrović²
Vojnotehnički institut, Ministarstvo odbrane Republike Srbije¹
Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad²

Sadržaj – U radu je prikazana analiza subjektivnih testova za procenu uspešnosti sjedinjavanja video sekvenci. Za testiranje najpre je napravljena multisenzorska baza koja sadrži više različitih scenarija, kako bi se pokrio što veći opseg primene multisenzorskih sistema. Uspešnost sjedinjavanja razmatrana je kroz dva pristupa. Prvi je pristup na kompletnoj bazi, dok drugi predstavlja razmatranje uspešnosti kroz srodne video sekvence.

Abstract -This paper presents an analysis of subjective tests for assessing the performance of video fusion sequences. Firstly, in order to cover a wide range of application for multisensor systems, database which contains many different scenarios was created. Fusion performance is discussed with two approaches. The first is access to the entire database, while the second consider the performance of the video sequences separately.

1. UVOD

Multisenzorski sistemi koriste više različitih senzora koji nadgledaju istu situaciju ili prostor. Na ovaj način daju potpunije i pouzdanije informacije od sistema koji koriste samo jedan ili više senzora istog tipa. Proširivanje senzorskog polja novim instrumentima mnogostruko povećava fizičku količinu podataka koje sistem treba da obradi. Sa druge strane, iako se u sistem unose potpunije informacije o željenom cilju, to ne znači da su one mogu koristiti bez prethodne obrade specifične za svaki senzor i bez koordinacije sa informacijama dobijenim iz drugih izvora. Ovaj problem rešava multisenzorsko sjedinjavanje (fuzija) informacija [1].

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

Za procenu uspešnosti sjedinjavanja i mogućnost primene određene metode u sistemu za sjedinjavanje slika razvijene su metode koje kao izlaz daju odgovarajući skor za testirane metode. Osnovna podela na mere je subjektivne, koje izvode ljudi kao krajnji korisnici sistema i objektivne, koje se izvršavaju na računaru [2]. Iako je razvijen veći broj objektivnih mera za procenu uspešnosti sjedinjavanja slika i dalje ne postoji mera koja je

opšteprihvaćena i pogodna za procenu u svim uslovima sjedinjavanja. Sa druge strane subjektivne mere koje su pouzdanije u smislu da je čovek krajnji korisnik sistema i da se njegova procena uzima kao relevantna, komplikovane su za izvođenje. One zahtevaju duži period planiranja, strogo kontrolisane uslove i veći broj ispitanika. Pogotovo je složeno ponavljanje mera u slučaju promena parametara na metodama za sjedinjavanje ili na samim senzorima. Sa druge objektivne metode se mogu ponavljati veći broj puta i ne zahtevaju posebne uslove za primenu.

2. SUBJEKTIVNA PROCENA USPEŠNOSTI SJEDINJAVANJA

Perceptualni ili subjektivni testovi predstavljaju najprihvaćeniji i najrasprostranjeniji način određivanja uspešnosti sjedinjavanja. U njima ljudski posmatrači (subjekti), pod kontrolisanim uslovima, procenjuju sjedinjene slike ili izvršavaju određene (merljive) aktivnosti sa sjedinjenim slikama. Subjektivne testove moguće je klasifikovati na osnovu nekoliko aspekata.

U zavisnosti od uloge subjekta u testu postoje aktivni ili testovi sa zadatkom i pasivni ili ocenjivački subjektivni testovi [3]. U aktivnim testovima subjekti obavljaju neku aktivnost ili izvršavaju određeni zadatak koristeći informacije koje dobijaju u vidu sjedinjenih slika. Uspešnost sjedinjenih slika meri se kroz uspešnost subjekata da izvrše neki zadatak (npr. testovi u kojima se očekuje da subjekti pronađu i prepoznaju određeni objekat na sjedinjenoj slici). Proteklo vreme i verovatnoće tačne identifikacije i lažnog alarma su pokazatelji uspešnosti algoritma sjedinjavanja koji proizvodi prikaz. U pasivnim testovima posmatrači nemaju aktivnu ulogu i jednostavno procenjuju prikazane sjedinjene slike i izražavaju svoje mišljenje o uspešnosti sjedinjavanja. Primer su testovi sa "obavezanim izborom" gde se subjekti odlučuju za jednu ili nijednu od ponuđenih sjedinjenih slika na osnovu svog doživljaja.

Subjektivni testovi mogu biti formalni i neformalni u zavisnosti od nivoa kontrole nad uslovima pod kojima se obavlja test. Formalni testovi strogo prate opširno definisani skup pravila i uslova koji definišu aspekte poput veličine prikaza, svetlosnih uslova, udaljenosti posmatrača od prikaza, test procedure itd. Neformalni testovi prate slabije definisanu formu i generalno se organizuju kao pasivni testovi. Formalni testovi su često aktivni testovi za procenu sjedinjavanja u specifičnim

namenama gde su uslovi i postupci zahtevani od subjekata dovoljno dobro definisani samom namenom.

Broj i iskustvo posmatrača koji učestvuju u testu je još jedan važan faktor u subjektivnom utvrđivanju uspešnosti sjedinjavanja. Opšteprihvaćeno mišljenje u vezi sa brojem posmatrača je "što više to bolje", pošto ovaj broj direktno određuje kredibilitet rezultata. Zbog relativno komplikovane postavke, formalni testovi se uglavnom prave za manji broj subjekata, do 10, u poređenju sa neformalnim čiji broj ide od 10 do 30. Sastav subjektivnog uzorka može se u zavisnosti od iskustva podeliti na ekspertan, poluekspertan i naivan. Ekspertni posmatrači su tesno vezani za oblast sjedinjavanja slika i podrobno su upoznati sa ciljevima procesa. Oni su neophodni za procenu sjedinjavanja u specifičnim namenama. Sa druge strane, naivni posmatrači nemaju prethodni kontakt sa sjedinjenim slikama, ali zadovoljavaju osnovne kriterijume ovakve vrste testiranja.

Izlaz subjektivnih eksperimenata su ocene kvaliteta posmatrača, koje se nakon testa usrednjavaju prezentuju kroz prosečnu subjektivnu ocenu (mean opinion score MOS). MOS je najčešće korišćeni metod generalizacije subjektivnih skorova datih od strane više nezavisnih posmatrača kvalitetu nekog signala – audio i/ili video signala i koristi se kao polazna osnova za razvoj objektivnih mera procene. To je prosta aritmetička sredina skorova posmatrača (učesnika testa) datih nekom signalu:

$$MOS_i = \frac{1}{N_s} \sum_{i=1}^{N_s} SQ(n, i) \quad (1)$$

gde su:

i – indeks sjedinjenog videa u subjektivnom testu,

$SQ(n, i)$ – subjektivni kvalitet dat od n -tog posmatrača i -toj sekvenci i

N_s – broj posmatrača u subjektivnom testu.

3. IZVOĐENJE SUBJEKTIVNIH TESTOVA

Za potrebe istraživanja napravljen je multisenzorski sistem za fuziju video signala. Sistem se sastoji od glave sa televizijskom i termovizijskom kamerom i motorizovanog nosača za usmeravanje multisenzorske glave. Termovizijska kamera je nehladna FLIR tau2 rezolucije 640x480 piksela. Termovizijska kamera je analogna sa USB kontrolom i napajanjem. Optika na kameri je 100mm sa jednim vidnim uglom bez zuma. Televizijska kamera je firme The Imaging Source, maksimalne rezolucije 5 mega piksela i maksimalnih 115 frejmova u sekundi. Optika je integrisana sa kontinualnim zumom do 30 puta. Motorizovani nosač senzora (PAN-TILT) je nosivosti do 15kg sa pomeranjem po azimutu od 0 do 359° i po elevaciji ±45°. Brzina kretanja je do 320%/s.

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

povezana preko LAN priključka na PXI platformu sa POE napajanjem.

Baza od 8 video sekvenci rezolucije 640x480 piksela sa televizijske i termovizijske kamere napravljena je za potrebe istraživanja i analize metoda i mera za sjedinjavanje video sekvenci (slika 1). Različiti vremenski uslovi (sunčano, oblačno, smanjena vidljivost) uzeti su u obzir pri izboru video sekvenci. Takođe, osmatrana je bliža (sekvence 1 i 2), srednja (sekvence 3, 5 i 6) i dalja (sekvence 7 i 8) scena, urbano i ruralno područje, kao i objekti koji se nalaze u vazduhu (sekvence 4).

Sekvenca 1 predstavlja blisku scenu vojnika koji je jasno vidljiv na termovizijskoj slici, dok na televizijskoj zbog maskirnosti se slabije uočava. Pozadina slike je drveće i svi objekti su u krupnom planu (vojnici i drveće).

Sekvenca 2 predstavlja čoveka ispred zgrade sa upaljenom cigaretom koja je jasno vidljiva na termovizijskoj slici zbog razlike u temperaturi sa pozadinom. Na sceni se nalaze i automobili koji zbog sunčanog dana i visoke temperature su većeg kontrasta u odnosu na pozadinu. Sekvenca 3 je iz gradskog okruženja i prikazuje parking ispred marketa i deo prometnog puta. Na sceni se kreću vozila i pešaci na parking, kao i vozila na puta većom brzinom.

Sekvenca 4 predstavlja daleko scenu sa objektima (zgradama) i avionom u vazduhu. Scena je statična i jedino je avion pokretan. Sekvenca 5 je iz gradskog okruženja. Na slici su zgrade i automobili na ulici parkirani i u pokretu. Sekvenca 6 je iz seoskog okruženja na kojoj se nalazi seosko domaćinstvo sa okolinom. Od objekata na scenu uočljive su domaće životinje u pokretu i seoske zgrade. Sekvenca je nestabilisana i sa malim je pomerajima multisenzorskog sistema.

Na sekvenci 7 je daleka scena regionalnog puta. Pored zgrada na većoj daljini uočljivi su motorna sredstva različitih veličina u pokretu. Sekvenca 8 je nestabilisana sa značajnim poremećajima i predstavlja vangradsku sredinu sa lokalnim putem. Uočljivi su objekti - zgrade i vozila u pokretu.



Slika 1. Baza multisenzorskih video sekvenci za procenu uspešnosti sjedinjavanja.

Rezultati sjedinjavanja na bazi sa slike sa metodama HSV[4,5], beta [6] i beta poboljšanom [7,8] sa redosledom po kolonama dati su na slikama. Zbog uspešnijeg prikaza sjedinjavanja razdvojeno je na dve slike i na slici 2 prikazani su rezultati sjedinjavanja prve četiri sekvence, dok je na slici 3 druge četiri sekvence. Redosled sekvenci će se koristiti i u daljoj analizi prema redosledu na slikama.

Sekvence koje pokazuju blisku scenu do nekoliko desetina metara (sekvence 1 i 2) sjedinjavanjem u sve tri tehnike daju veoma dobre rezultate. Kod prve sekvence čovek koji je maskiran u odnosu na okolinu vide se u sve tri sjedinjene slike. U HSV i beta unapređenoj metodi on je uočljiviji nego kod beta metode jer je većeg nivoa osvetljenosti u odnosu na okolinu. U beta metodi sjedinjavanja iako je manje uočljiviji u odnosu na ostale tehnike on je crvene boje i vidi se da je to moguć cilj koji dolazi sa termovizijske kamere. Očuvanost prirodnosti boja iz televizijske slike je kod svih metoda velika. Slično važi i za drugu sekvencu samo što je u ovom slučaju nešto manja očuvanost kolor informacija televizijske slike.

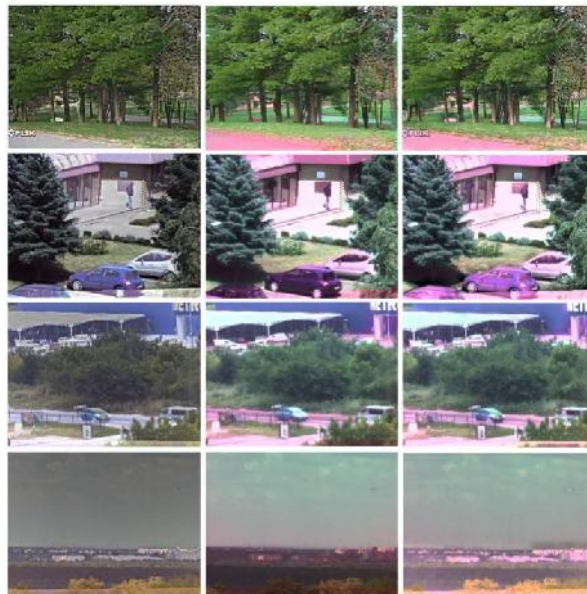
Sekvence srednje udaljenosti do oko 1km (sekvence 3,5 i 6) i dalje prikazuju jasno objekte koje su od interesa (automobili, ljudi). Jasno se svi objekti i visoke frekvencije uočavaju na svim sjedinjenim slikama. Kod šeste sekvence scena je nešto svetlija i objekti koji se prenose sa termovizijske slike koje treba preneti u sjedinjenu su manje uočljivi. Kod HSV metode sjedinjavanja pozadina je nešto tamnija pa su preneti objekti uočljiviji nego kod druge dve metode.

Sekvence dalje scene od preko 1km (sekvence 4, 7 i 8) prikazuju objekte koji su veoma slabo uočljivi na obe ulazne slike. Kod sekvence 4 ako posmatramo avion kao objekat od interesa na sjedinjenim slikama je jasno uočljiv kod HSV i beta poboljšane tehnike. Kod beta metode sjedinjavanja avion se vidi kao i na televizijskoj slici i slabo su prenesene informacije iz termovizijske slike. Prirodnost sjedinjavanja je međutim kod beta metode najviše zadržana u odnosu na ostale dve tehnike. Kod beta unapređene metode uočljivi su i artefakti oko zgrada.

U toku istraživanja izvršena je subjektivna procena uspešnosti sjedinjavanja kolor metoda. Za realizaciju subjektivnih testova korišćen je softver specijalno napravljen za subjektivnu procenu uspešnosti sjedinjavanja video sekvenci. Softver istovremeno može da prikaže 5 video sekvenci od kojih su dve ulazne i sjedinjene različitim metodama sjedinjavanja. Softver može da obezbedi testiranje i više od tri sjedinjene video sekvence, stim što u tom slučaju se porede 3 po 3 na svakoj stranici. Ponavljanje video sekvenci može se vršiti neograničen broj puta, sve dok posmatrač se ne odluči o uspešnosti sjedinjavanja za svaku.

Rezultati sjedinjavanja za metodu unose se pomoću klizača ispod svake sjedinjene sekvence od vrednosti 0 do 5 sa korakom od 0,1. Vrednost 0 predstavlja totalan gubitak podataka iz ulaznih u sjedinjenu sekvencu, dok 5 označava idealno sjedinjavanje. Redosled pojavljivanja

sjedinjenih sekvenci je slučajna, kako bi se izbeglo pristrasno ocenjivanje metoda. Nakon završetka jedne sekvence, prelazi se na sledeću, a rezultati se upisuju u txt fajl.



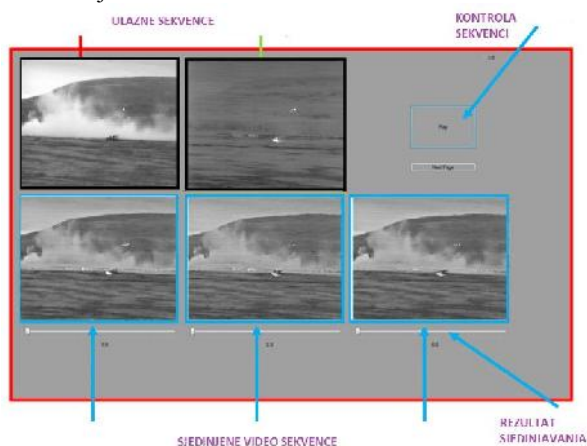
Slika 2. kolor metode sjedinjavanja za prve 4 video sekvence.



Slika 3. kolor metode sjedinjavanja za druge 4 video sekvence.

Svim subjektima je najpre objašnjen cilj sjedinjavanja i dobijene su odštampane instrukcije sa informacijama šta se očekuje od njih tokom testiranja. Definisane su procedure testova, skrenuta pažnja na izobličenja koja treba da uoče prilikom sjedinjavanja, gubitak informacija iz ulaznih u sjedinjenu sekvencu, prisustvo šuma u sekvencama i drugo. Posebna pažnja kod video

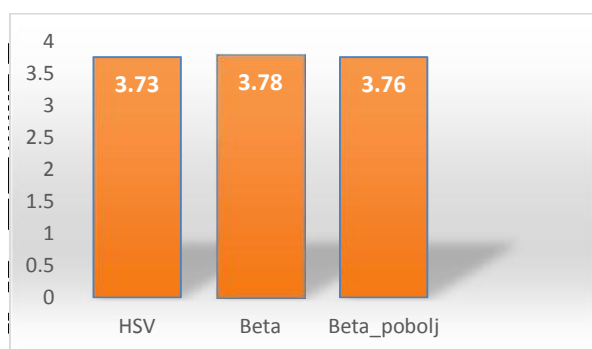
sjedinjavanje je na očuvanju prirodnosti kolor informacija iz televizijske ulazne sekvence.



Slika 4. Vizuelni prikaz stranice za subjektivnu procenu uspešnosti sjedinjavanja.

Test je rađen na Vojnotehničkom institutu u kancelarijskim uslovima i sa dnevnim svetlom. Subjekti (14 lica) su imali zadatak da na bazi od 8 sekvenci koje pokrivaju više različitih scena i scenarija tako da je moguće odrediti primenu metoda na svim scenarijima. Zadatak subjekata je bio da ocene procenu uspešnosti informacija iz ulaznih u sjedinjenu sekvencu. Subjektima su date instrukcije pre pristupa testiranju. Veličina monitora za prikaz je 27" i rezolucije 1920x1080 (full HD). Vreme testa je neograničeno, dok položaj monitora, rastojanje do posmatrača biraju sami posmatrači. Broj ponavljanja svake sekvence je neograničen. Ocena za svaku metodu je od 0 do 5, gde nula znači totalan gubitak, a ocena 5 prenete sve informacije iz obe ulazne sekvence (idealni slučaj).

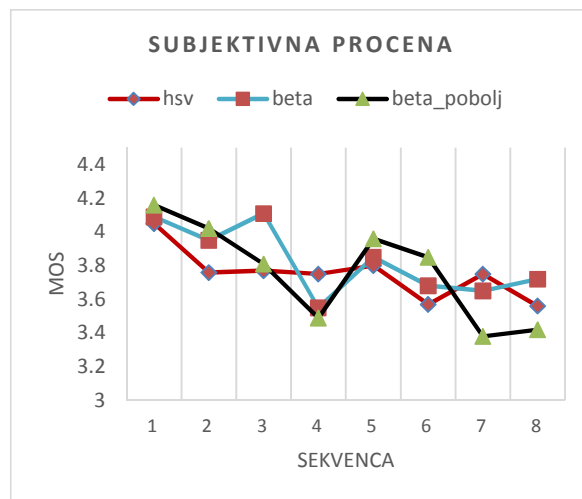
Rezultati subjektivnih testova za kolor bazu sa slike 1 prikazani su na slici 5. Uočava se veoma mala razlika u vrednostima svih mera i teško je na osnovu ukupne vrednosti proceniti koja je metoda uspešnija. Prema tome, potrebno je izvršiti analizu po scenarijima kako bi dobili objektivnije rezultate i primenu pojedinih kolor metoda za sjedinjavanje.



Slika 5. Rezultati subjektivnih testova za video sjedinjavanje.

Prikaz srednje vrednosti ocene subjekata po sekvencama dat je na slici 6. Kod prve sekvence najbolje rezultate daje

beta unapređena metoda, zatim beta sjedinjavanje i na kraju HSV metoda, ali je veoma mala razlika u u proceni uspešnosti sjedinjavanja. Kod druge sekvence je približno ista vrednost kod beta i beta unapređene metode, ali HSV je nešto slabija po ceni subjekata. Treća sekvencija pokazuje najbolje rezultate po subjektima beta metodom sjedinjavanja, dok su druge dve približno iste. U četvrtoj sekvenci HSV sjedinjavanje je najuspešnije, dok su beta metode približno iste. Beta unapređena metoda je najuspešnija na petoj i šestoj sekvenci, ali zato na sedmoj i osmoj sekvenci daje najlošije rezultate. Metode beta sjedinjavanja i HSV metoda od pete do osme sekvence daju približne rezultate.



Slika 6. Rezultati subjektivnih testova za sjedinjavanje prikazani po sekvencama.

4. ZAKLJUČAK

Pristup procene uspešnosti sjedinjavanja subjektivnim testovima na kompletnoj bazi koja sadrži širi spektar primena multisenzorskih sistema nije se pokazao kao najbolje rešenje. Usrednjavanjem rezultata testova došlo se do rezultata koji pokazuju da su testirane metode podjednako dobre za primenu u sistemu. Međutim, razmatrajući sekvence sa različitim scenarijima posebno može se zaključiti da se metode sjedinjavanja smenjuju u njihovom poređenju po pitanju uspešnosti.

Beta poboljšana metoda daje veoma dobre rezultate u sekvencama bliže i srednje udaljenosti, odnosno do oko jednog kilometra. Na daljim sekvencama ova metoda je najlošija u poređenju sa ostale dve metode. HSV tradicionalno sjedinjavanje daje najbolje rezultate kada se radi o sekvencama dalje scene i na mestima gde su informacije slabije vidljive. Beta sjedinjavanje predstavlja kompromis ako se uzme ceo spektar scenarija.

LITERATURA

- [1] Petrović V., Zrnčić B., "Multisenzorsko sjedinjavanje informacija za otkrivanje, praćenje i identifikaciju ciljeva", TELFOR 2001, Beograd

- [2] Petrović V., Xydeas C., "Objective evaluation of signal-level image fusion performance," *Optical Engineering* 44(8), August 2005
- [3] Petrović V., "Subjective tests for image fusion evaluation and objective metric validation." *Information Fusion* 8.2 (2007): 208-216.
- [4] TuT. M., Su S. C., Shyn H. C., Huang P. S., "A new look at IHS-like image fusion methods", *Information Fusion* 2001, vol. 2, 177-186.
- [5] Choi M., "A New Intensity-Hue-Saturation Fusion Approach to Image Fusion with a Tradeoff Parameter", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote sensing* 2006, 44, 1672-1682.
- [6] Pavlović R., Petrović V., "Sjedinjavanje kolor i monohromatskih slika uz isticanje ivica", *Vojnotehnički glasnik*, 3/2013.
- [7] Pavlovic, R., Petrovic, V., Bondzalic, B., "Fusion of colour and monochromatic images with chromacity preservation", *Information Fusion (FUSION)*, 2012 15th International Conference on Publication Year: 2012 , Page(s): 1963 – 1969.
- [8] Pavlović R., Petrović V., "Kolor sjedinjavanje monohromatskih slika uz isticanje toplih objekata", *ETTRAN* 2013, Zlatibor, 03-06. Jun 2013. godine.

MODELOVANJE SIMETRIČNOG FAZNOG USKLADNIKA U MATLAB PROGRAMSKOM OKRUŽENJU

MODEL OF SIMETRIC PHASE REGULATOR IN MATLAB PROGRAM ENVIRONMENT

Jelena Janković¹, Goran Dikić¹, Stojadin Manojlović¹
Vojna akademija, Univerzitet odbrane¹

Sadržaj – U ovom radu analiziran je uticaj promene parametara na karakteristike simetričnog faznog uskladnika koji obezbeđuje neophodne fazne odnose unutar sistema vođenja i upravljanja poluautomatski vođene protiv oklopne rakete. Odgovarajuće simulacije i analiza karakteristika ostvareni su u MATLAB® programskom okruženju.

Abstract – In this paper the influence of parameters change on symmetric phase regulator characteristics that provide appropriate phase relations inside of a guidance and control system of semiautomatic anti-armour missile are analysed. The appropriate simulations and analyses were realised in MATLAB® software package.

1. UVOD

Imajući u vidu da električna kola za obradu signala unose fazna kašnjenja, u cilju ostvarenja neophodnih karakteristika sistema automatskog upravljanja, neizbežno se nameće problem projektovanja odgovarajućeg faznog uskladnika. Najčešće se na ovaj način podešavaju dinamičke karakteristike sistema. Međutim, u konkretnom slučaju, ovim električnim kolom treba da se vremenski uskladi pojava osnovnog signala sa pomoćnim signalima koordinatora sistema vođenja i upravljanja poluautomatski vođene rakete kako bi se dobili odgovarajući signali koji predstavljaju informacije o njenom odstupanju od nišanske linije u vertikalnoj i horizontalnoj ravni.

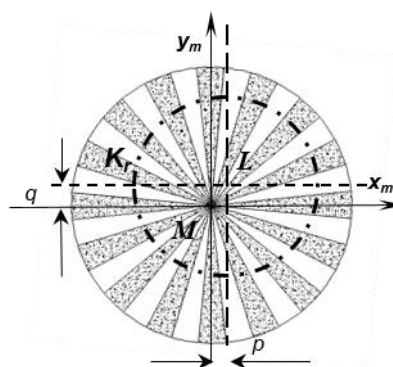
U slučaju vremenske neusklađenosti osnovnog i pomoćnih signala nastaje greška koja se manifestuje, kao na primer u slučaju kada su ova odstupanja u obe ravni jednaka, u vidu nejednakih odgovarajućih signala informacija u kanalima vođenja i upravljanja rakete.

U radu je analiziran uticaj promene parametara na karakteristike uskladnika kako bi se obezbedili neophodni fazni odnosi unutar bloka koordinatora za generisanje adekvatnog signala vođenja i upravljanja, odnosno eliminisanje odstupanja rakete od nišanske linije u vertikalnoj i horizontalnoj ravni. Odgovarajuće simulacije i analiza karakteristika uskladnika ostvareni su u MATLAB® programskom okruženju.

2. PRINCIP RADA KOORDINATORA

Koordinator obezbeđuje informaciju o veličini i smeru odstupanja rakete od pravca koji spaja končanicu i centar lika cilja, odnosno nišanske linije optičkog sistema uređaja za vođenje. Konkretno rešenje se zasniva na frekventnoj modulaciji (FM) zračenja infra crvenog (IC) fara smeštenog u zadnjem delu rakete [1, 2].

Modulacioni proces se ostvaruje na komandnom mestu, odnosno unutar uređaja za vođenje, promenom fluksa IC zračenja usled prolaska kroz šrafuru modulacionog diska prikazanog na slici 1. Pri tome površina na kojoj je smeštena šara modulacionog diska ostvaruje planparalelno kretanje tako što svojim centrom opisuje kružnicu čiji se centar (označen slovom M na sl. 1) poklapa sa nišanskom linijom optičkog sistema.

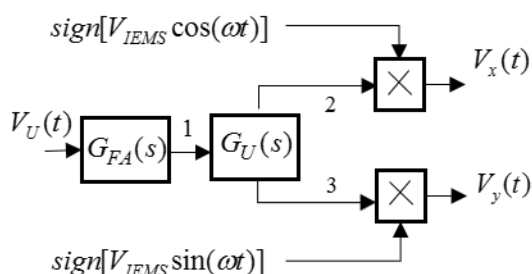


Slika 1. Prikaz modulacione šare i kružnice koju opisuje IC far rakete

Modulaciona šara je formirana u vidu kruga sa uniformno raspoređenim prozračnim i neprozračnim sektorima. Presecanjem fluksa IC fara na izlazu detektora IC zračenja smeštenog iza modulacione šare dobija se frekventno modulirani (FM) signal sa frekvencijom koja se menja u zavisnosti od položaja rakete u odnosu na nišansku liniju optičkog sistema. U slučaju kada se raketa nalazi na nišanskoj liniji odraz IC fara opisuje kružnicu K , koja je smeštena koncentrično u odnosu na centar modulacione šare pa se frekvencija FM signala ne menja i zavisi od brzine planparalelnog rotacionog kretanja rama nosača modulacione šare kao i broja prozračnih i neprozračnih polja. U slučaju odstupanja rakete od nišanske linije odraz IC fara će formirati kružnicu, u ravni modulacione šare, sa centrom (označen slovom L na sl. 1) koji je pomeren u smeru odstupanja usled čega na izlazu detektora nastaje povorka impulsa promenljive širine. Imajući u vidu da je ugaona brzina planparalelnog rotacionog kretanja nosača modulacione šare konstantna promena frekvencije FM signala zavisi samo od veličine pomenutog odstupanja. Tokom kretanja nosača modulacione šare istovremeno se odvija obrtanje permanentnog magneta koji indukuje elektromotornu silu u namotajima raspoređenim paralelno sa vertikalnom i horizontalnom osom koordinatnog sistema uređaja za vođenje. Indukovane elektromotorne sile (IEMS) predstavljaju referentne harmonijske signale pomoću

kojih se signal greške razdvaja na komponente u vertikalnoj i horizontalnoj ravni, odnosno određuje smer odstupanja rakete.

Slika 2 prikazuje povezanost faznog uskladnika sa ostalim elementima sistema za izdvajanje informacije o odstupanju rakete od nišanske linije. Proces obrade registrovanog FM signala otpočinje njegovom konverzijom u amplitudno modulisan (AM) signal (funkcija prenosa $G_{FA}(s)$ na slici 2). U realnom sistemu ovaj postupak je realizovan propuštanjem FM signala kroz pojačavač sa frekventno zavisnom povratnom spregom. Dobijeni AM signal se ispravlja koristeći diodni detektor, a zatim propušta kroz odgovarajući filter kako bi se dobio naizmenični signal sa amplitudom koja je proporcionalna odstupanju rakete od nišanske linije uređaja za vođenje. Njegova faza je određena smerom odstupanja rakete od nišanske linije, a frekvencija odgovara frekvenciji planparalelnog rotacionog kretanja nosača modulacione šare.



Slika 2. Povezanost uskladnika sa ostalim elementima sistema

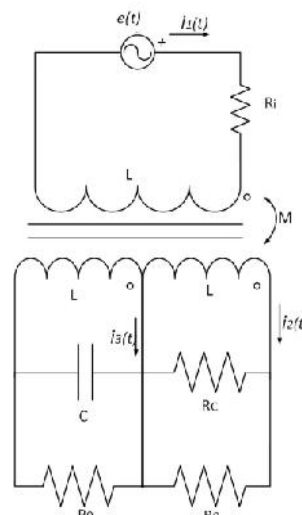
U cilju potiskivanja viših harmonika dobijeni signal se dalje obrađuje primenom odgovarajuće pojasne brane i niskopropusnog filtra, a zatim razdvaja pomoću faznog detektora na signale koji su proporcionalni odstupanjima rakete od nišanske linije u horizontalnoj i vertikalnoj ravni ($V_x(t)$ i $V_y(t)$ na slici 2). Pri tome se u faznom detektoru koriste i referentni IEMS signali koji su međusobno pomereni za 90° .

3. MODEL FAZNOG USKLADNIKA

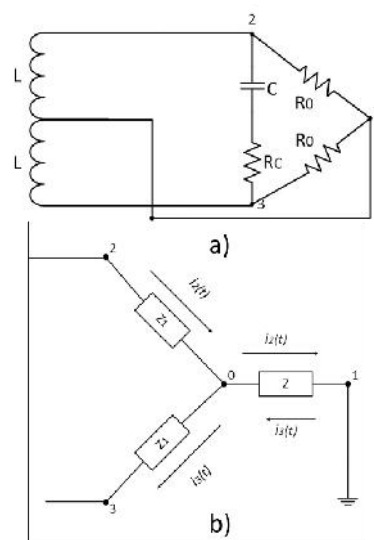
Model simetričnog faznog uskladnika, formiran je u vidu funkcije prenosa dobijene na osnovu jednačina strujnih kola koji odgovaraju električnoj šemi prikazanoj na slici 3. Na slici 4a prikazano je sekundarno kolo uskladnika. Elementi kojim se podešava fazno kašnjenje, kondenzator C i otpornik R_c formiraju trougao sa otporima opterećenja R_0 u izlaznim granama uskladnika.

Nakon transformacije trougla u zvezdu (slika 4b) elementi za podešavanje faznog kašnjenja pojavljuju se u obe pomenute grane tako da je u slučaju idealne simetrije sekundarnog namotaja transformatora obezbeđeno jednako kašnjenje signala na oba izlaza (označeni brojevima 2 i 3 na slici 2).

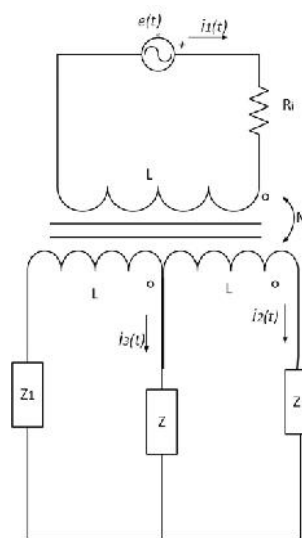
Slika 5 prikazuje električnu šemu faznog uskladnika nakon uvođenja transformacije odgovarajućih impedansi, u sekundarnom kolu transformatora, iz trougla u zvezdu.



Slika 3. Šema simetričnog faznog uskladnika



Slika 4. Sekundarno kolo uskladnika i transformacija odgovarajućih imedansi iz trougla u zvezdu



Slika 5. Šema faznog uskladnika nakon transformacije odgovarajućih imedansi iz trougla u zvezdu

Na osnovu slike 5, uvažavajući orijentaciju namotaja definisanu pozicijom kružnih markera, dobijaju se jednačine:

$$e_1(t) = L \frac{di_1(t)}{dt} + R_i i_1(t) - M_{21} \frac{di_2(t)}{dt} - M_{31} \frac{di_3(t)}{dt} \quad (1)$$

$$0 = -M_{21} \frac{di_1(t)}{dt} + L \frac{di_2(t)}{dt} + (Z + Z_1) i_2(t) + M_{23} \frac{di_3(t)}{dt} \quad (2)$$

$$0 = -M_{31} \frac{di_1(t)}{dt} + M_{23} \frac{di_2(t)}{dt} + L \frac{di_3(t)}{dt} + (Z + Z_1) i_3(t) \quad (3)$$

Imajući u vidu da su, u konkretnom slučaju, induktivnosti svih namotaja transformatora jednake možemo usvojiti pretpostavku da su odgovarajuće međuinduktivnosti takođe jednake, odnosno važi $M_{21} = M_{23} = M_{31} = M$.

Primenjujući Laplasovu transformaciju, uz nulte početne uslove, ove jednačine se opisuju u matricnom obliku:

$$\begin{bmatrix} e \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Ls + R_i & -Ms & -Ms \\ -Ms & Ls + (Z + Z_1) & Ms \\ -Ms & Ms & Ls + (Z + Z_1) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Pri tome su impedanse

$$Z_1 = R_0 \frac{sCR_C + 1}{sC(2R_0 + R_C) + 1} \quad (5)$$

$$Z = R_0 \frac{sCR_0}{sC(2R_0 + R_C) + 1} \quad (6)$$

Ukoliko se međuinduktivnosti definišu na osnovu induktivnosti L i koeficijenta sprege k , odnosno kao $M = kL$ dobija se funkcija prenosa:

$$\frac{V_2}{e} = \frac{k \frac{L}{R_i} s(sCR_C + 1) \left\{ (1-k) \frac{L}{R_0} s(T_2s + 1) + T_1s + 1 \right\}}{a_3 \frac{L}{R_i} \frac{L^2}{R_0^2} (T_2s + 1)^2 s^3 + \dots} \quad (7)$$

$$(1-k^2)(T_2s + 1)^2 \left\{ 1 + \frac{2R_0}{R_i} \frac{(T_1s + 1)}{(T_2s + 1)} \right\} \frac{L^2}{R_0^2} s^2 + \dots$$

$$(T_1s + 1)^2 \left\{ 2 \frac{(T_2s + 1)}{(T_1s + 1)} + \frac{R_0}{R_i} \right\} \frac{L}{R_0} s + (T_1s + 1)^2$$

Pri tome su V_2 napon u tački 2 trougla kojeg čine impedanse na slici 4a, e signal na ulazu faznog uskladnika, konstanta $a_3 = (1 - 3k^2 + 2k^3)$, a vremenske konstante $T_1 = C(R_0 + R_C)$ i $T_2 = C(2R_0 + R_C)$. Uočimo da je, pod pretpostavkom da je koeficijent sprege $k < 1$, dobijena funkcija prenosa petog reda

Ukoliko se pretpostavi idealna sprega, odnosno da je $k = 1$ dobija se značajno jednostavnija funkcija prenosa drugog reda

$$\frac{V_2}{e} = \frac{\frac{L}{R_i} s(sCR_C + 1)}{[2(T_2s + 1) + \frac{R_0}{R_i} (T_1s + 1)] \frac{L}{R_0} s + T_1s + 1} \quad (8)$$

Smenom konstanti T_1 i T_2 konačno se dobija

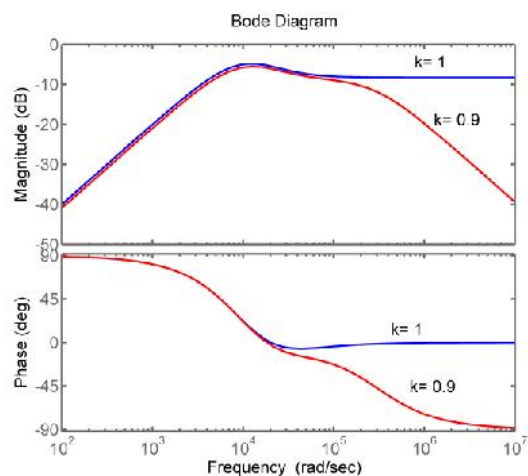
$$\frac{V_2}{e} = \frac{\frac{L}{R_i} s(sCR_C + 1)}{\left[2 \frac{2R_0 + R_C}{R_0} + \frac{R_0 + R_C}{R_i} \right] CLs^2 + \dots} \left[\frac{2R_i + R_0}{R_0} \frac{L}{R_i} + C(R_0 + R_C) \right] s + 1 \quad (9)$$

U skladu sa obradom signala prikazanom na slici 2 (na osnovu napona V_2 u tački 2), generiše se signal $V_x(t)$ koji omogućava dobijanje informacije o odstupanju rakete od nišanske linije u horizontalnoj ravni. S obzirom na simetriju električnog kola istovetan signal, suprotnog polariteta dobija se u tački 3 (Sl. 2) i koristi za generisanje signala $V_y(t)$ na osnovu kojeg se dobija informacija o odstupanju rakete u odnosu na nišansku liniju u vertikalnoj ravni.

4. REZULTATI SIMULACIJA

Pri analizi faznih karakteristika simetričnog faznog uskladnika pretpostavlja se da njegova radna frekvencija ima vrednost $\omega_u = 150\pi$. U daljem tekstu prikazane su karakteristike dobijene u zavisnosti od vrednosti pojedinih parametara. Pri tome se menja vrednost otpora R_C .

Slika 6 prikazuje Bodeove karakteristike simetričnog faznog uskladnika u slučaju da je sprega odgovarajućih induktivnosti idealna ($k = 1$) i pod pretpostavkom da postoje izvesni gubici, odnosno kada je koeficijent sprege $k = 0,9$.

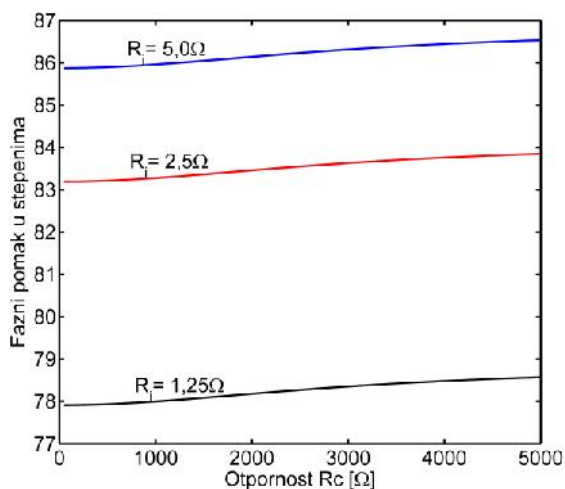


Slika 6. Bodeove karakteristike simetričnog faznog uskladnika; k - koeficijent sprege.

Funkcija prenosa uskladnika poseduje četiri nule i pet polova. Pri tome je jedna nula smeštena u centar

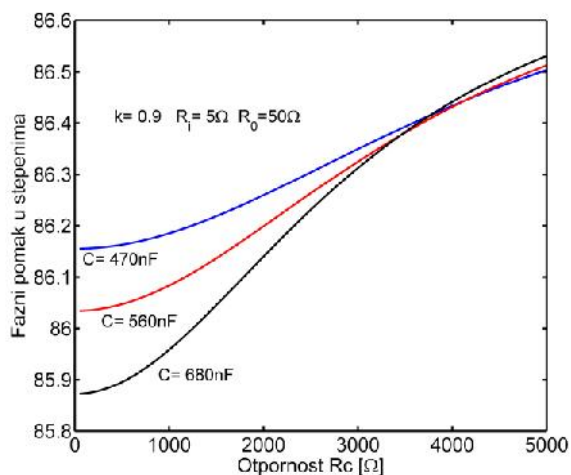
koordinatnog sistema pa odgovarajuća fazna karakteristika počinje sa vrednošću 90° . Vidi se da na radnoj frekvenciji uskladnika $\omega_u = 150\pi$ nema bitnih razlika pa se pri analizi njegovih karakteristika, sasvim opravdano, može koristiti funkcija prenosa drugog reda.

Slika 7 prikazuje fazne karakteristike uskladnika pri različitim vrednostima ulaznog otpora R_i . Pri tome su usvojene vrednosti $C = 680\text{nF}$ i $R_0 = 50\Omega$. Oblici faznih karakteristika su istovetni u slučaju promene otpornosti R_C . Promena ulazne impedanse R_i utiče na promenu vremenske konstante L/R_i tako da se, u zavisnosti od njene vrednosti cela fazna karakteristika pomera ka višim ili nižim vrednostima.



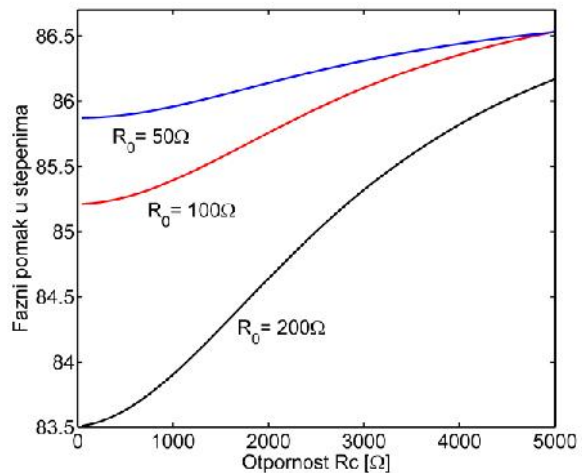
Slika 7. Fazne karakteristike uskladnika pri različitim vrednostima ulaznog otpora R_i . ($C = 680\text{nF}$ i $R_0 = 50\Omega$)

Slika 8 prikazuje promenu fazne karakteristike uskladnika za različite vrednosti kapacitivnosti C , kada se menja otpornost R_C , a ostali parametri ne menjaju svoje vrednosti. Primećuje se da povećanjem kapacitivnosti dijapazon promene faze postaje veći.



Slika 8. Promena fazne karakteristike uskladnika pri različitim vrednostima kapacitivnosti C .

Slika 9 prikazuje promenu faznih karakteristika uskladnika u zavisnosti od vrednosti otpora opterećenja R_0 kada su $C = 680\text{nF}$ i $R_i = 5\Omega$. Dobijeni dijagrami ukazuju na činjenicu da se povećanjem otpora opterećenja R_0 povećava opseg promene faznih karakteristika pri istovetnoj promeni otpornosti R_C .



Slika 9. Promena faznih karakteristika uskladnika u zavisnosti od vrednosti otpora R_0 i R_C kada su $C = 680\text{nF}$ i $R_i = 5\Omega$.

5. ZAKLJUČAK

Bodeovi dijagrami ukazuju na opravdanost usvajanja funkcije prenosa nižeg reda pri analizi uticaja pojedinih parametara na fazne karakteristike uskladnika. Preostali dijagrami jasno ukazuju na mogućnosti podešavanja faznih karakteristika uskladnika u zavisnosti od promene pojedinih parametara. Pri modelovanju odgovarajuće funkcije prenosa usvojene su jednake vrednosti svih induktivnosti. S obzirom da je osnovna namena ovog kola da obezbedi vremensku usklađenost osnovnog i pomoćnih signala na ovaj način su zanemareni uobičajeni zahtevi u pogledu prilagođenja impedansi na ulazu i izlazu uskladnika. U tom smislu, pri simulaciji funkcionisanja kompletnog sistema, u nekom od narednih radova uzeće se u obzir i ova mogućnost.

ZAHVALNICA

Rad je nastao kao rezultat projekta „Rentabilni izbornovih tehnologija i koncepcija odbrane kroz društvene promene i strateške orijentacije Srbije u 21. veku“, III 47029, kojeg finansira Ministarstvo za obrazovanje i tehnološki razvoj Republike Srbije

LITERATURA

[1] Dikić, G., Kojić S.: “Simulacija bloka koordinatora sistema vođenja protivoklopnoh raketa druge generacije“ OTEH 2005, Beograd.

[2] Dikić G., Mitrović S., Antonić M.: “Deigitalna realizacija koordinatora Sistema vođenja raketa druge generacije”, ETRAN 2011, Banja Vrućica.

SQL SERVER 2016 ALATI ZA POBOLJŠAVANJE PERFORMANSI UPITA SQL SERVER 2016 QUERY PERFORMANCE ENHANCEMENT TOOLS

Ivan Tot¹, Komlen Lalović², Miodrag Brzaković², Dušan Bogićević³

Vojna akademija Univerzitet Odbrane¹

Fakultet za primenjeni menadžment, ekonomiju i finansije²

Vojska Srbije³

Sadržaj – U ovom radu prikazani su novi alati Microsoft SQL Server Management Studio 2016 koji omogućavaju poboljšavanje performansi upita.

Abstract - This paper presents new Microsoft SQL Server Management Studio 2016 tools used for query performance enhancement.

1. UVOD

Microsoft SQL Server Management Studio 2016 pruža mogućnost gledanja plana izvršenja aktivnog upita uživo (alat *Live Query Statistics*) kao i uvid u izbor plana izvršenja upita i performansi upita (alat *Query Store*). Na taj način projektant ima mogućnost da u realnom vremenu prati proces izvršenja upita, tj. vizuelni prikaz koraka izvršenja upita. *Live Query Statistics* alat prikazuje podatke vezane za ukupan napredak upita i statistiku izvršenja upita u realnom vremenu, kao što su:

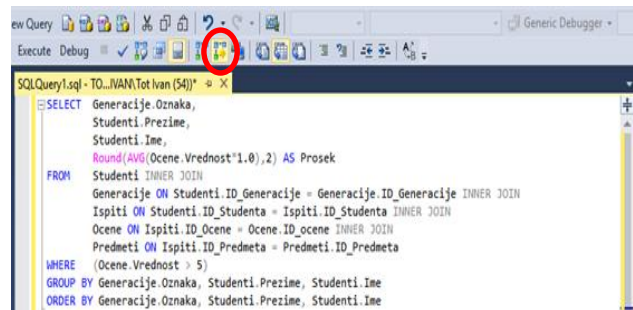
1. broj obrađenih zapisa,
2. procena završetka izvršenja upita,
3. napredak operatora (proteklo vreme i procenat izvršenja svakog operatora),
4. proteklo vreme i procenat izvršenja celog upita.

S obzirom da su tako dobijeni podaci dostupni u realnom vremenu, bez čekanja da se upit u potpunosti izvrši, generisane statistike su vrlo korisne za ispravljanje grešaka vezanih za problema s performansama upita [1].

Prednost korišćenja ove opcije je da je za spore upite, umesto da se čekaju da se u potpunosti izvrše da bi plan izvršenja upita bio dostupan, moguće videti plan izvršenja u realnom vremenu. U nekim slučajevima planovi izvršenja upita mogu biti veliki te se povećava potrebno vreme za otkrivanje delova upita koji uslovljavaju lošije performanse upita. Uključenjem ove opcije prilikom izvršenja upita, dobijena statistika u realnom vremenu pomaže projektantu da pronađe uzroke slabije performanse upita.

2. PRIMENA ALATA LIVE QUERY STATISTICS

Da bi se koristio alat *Live Query Statistics*, potrebno je uključiti ga za odgovarajući upit kao što je prikazano na slici 1 [2].

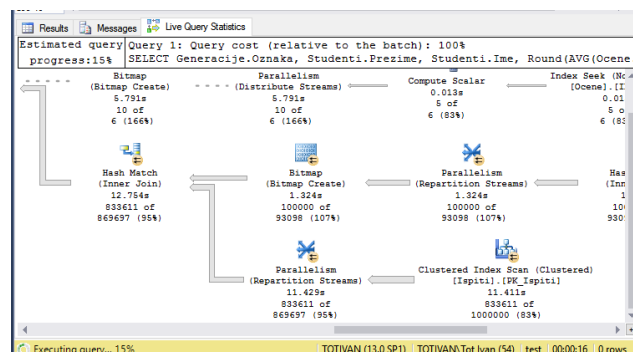


Slika 1. Uključivanje alata *Live Query Statistics*

Upit koji je analiziran u ovom radu računa i prikazuje prosek pozitivnih ocena studenata ostvarenih prilikom polaganja ispita:

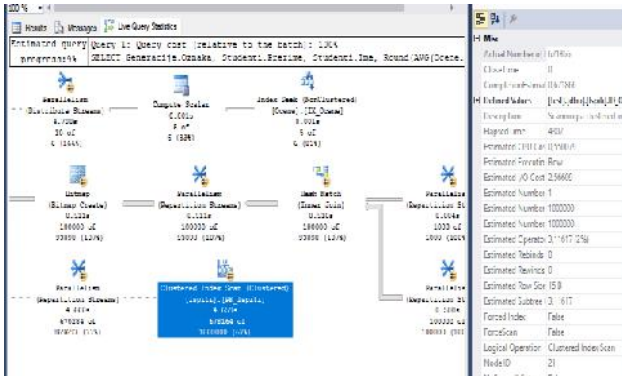
```
SELECT Generacije.Oznaka,
       Studenti.Prezime,
       Studenti.Ime,
       Round(AVG(Ocene.Vrednost*1.0),2) AS Prosek
FROM   Studenti INNER JOIN
       Generacije ON Studenti.ID_Generacije = Generacije.ID_Generacije INNER JOIN
       Ispiti ON Studenti.ID_Studenta = Ispiti.ID_Studenta INNER JOIN
       Ocene ON Ispiti.ID_Ocene = Ocene.ID_ocene INNER JOIN
       Predmeti ON Ispiti.ID_Predmeta = Predmeti.ID_Predmeta
WHERE  (Ocene.Vrednost > 5)
GROUP BY Generacije.Oznaka, Studenti.Prezime, Studenti.Ime
ORDER BY Generacije.Oznaka, Studenti.Prezime, Studenti.Ime
```

Prilikom izvršenja upita pojaviće se nova kartica u prozoru rezultata koja prikazuje plan izvršenja aktivnog upita uživo kao što je prikazano na slici 2.



Slika 2. Prikaz kartice *Live Query Statistics*

Može se odmah uočiti razlika u odnosu na normalno izvršenje po isprekidanim linijama umesto punih strelica. Kao što se može videti na slici 2, svaki operater ima pokazatelj koliko je posla već učinjeno i koliko je vremena potrošeno za izvršavanje odgovarajućeg dela upita. Na dnu se prikazuje ukupan naredak izvršenja upita u procentima. Takođe, moguće je videti i broj obrađenih zapisa kad se otvori prozor svojstava (slika 3). Ovaj prozor će se stalno osvežiti kad se upit izvršava.



Slika 3. Prozor svojstava alata *Live Query Statistics*

Po izvršenju upita, strelice će se vratiti u normalni oblik, pri čemu plan onda podseća na procenjeni plan izvršenja (estimated execution plan).

3. PRIMENA ALATA *QUERY STORE*

Planovi izvršenja upita za bilo koji upit se obično menjaju tokom vremena zbog različitih razloga kao što su statističke promene, promene šeme baze podataka, kreiranje/brisanje indeksa itd.. Kao rezultat, performanse upita opadaju uzrokovane promenom plana izvršenja upita.

Microsoft SQL Server 2016 Query Store alat omogućava uvid u izbor plana izvršenja upita i performansi [3]. Pojednostavljuje ispravljanje grešaka tako što omogućava brzo pronalaženje razlika u izvršavanju upita nastalih prilikom promene plana upita. Alat automatski beleži istoriju upita, planova i statistike za kasniju analizu. Takođe, alat razdvaja podatke po vremenskim prozorima, tako da se mogu uočiti šabloni korišćenja baze podataka i razumeti kada se dešavaju promene planiranja upita na serveru.

Osnovni scenariji upotrebe ovog alata su:

1. sprovođenje analize i rešavanja problema na nivou sistema ili baze podataka,
2. pristup potpunoj istoriji izvršavanja upita,
3. brzo pronalaženje „najsкупljih“ upita (vreme izvršenja, potrošnja memorije itd.),
4. prikaz svih upita čije performanse opadaju s vremenom,
5. izbor boljeg plana izvršavanja upita na osnovu istorije,
6. identifikacija problema prilikom nadogradnja.

Na slici 4 prikazan je način primene alata *Query Store*.



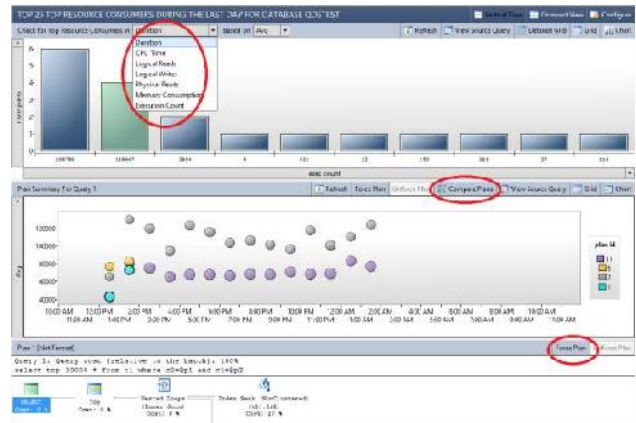
Slika 4. Način primene alata

S obzirom da ovaj alat čuva više planova izvršenja po upitu, onda može obezbediti da procesor koristiti određeni plan izvršavanja za određeni upit (plana forsiranja).

Svi podaci do kojih je alat došao dostupni su u pogledima:

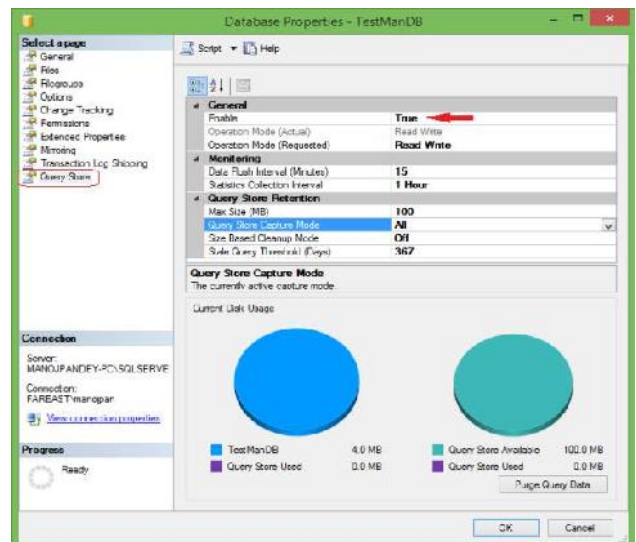
- sys.query_store_query_text
- sys.query_store_query
- sys.query_store_plan
- sys.query_context_settings
- sys.query_store_runtime_stats_interval
- sys.query_store_runtime_stats

Kombinacijom ovih pogleda na različite upite, moguće je dobiti potrebne detalje vezane za performanse upita od trenutka kada ja alat aktiviran. Alat ima i bogat interfejs kao što je prikazano na slici 5.



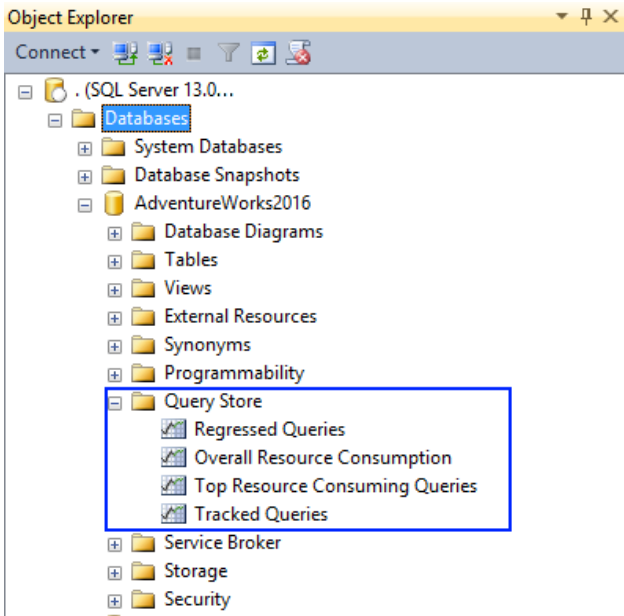
Slika 5. Interfejs alata

Da bi se aktivirao ovaj alat, potrebno je u prozoru svojstava odgovarajuće baze podataka izabrati opciju *Query Store*, a zatim podesiti opciju *Operation Mode (Requested)* na *On* kao što je prikazano na slici 6.



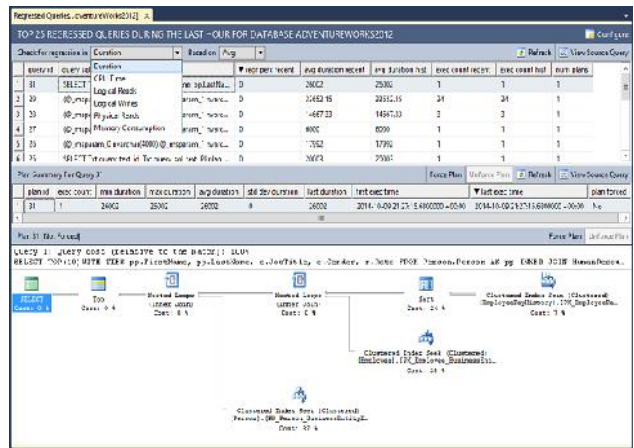
Slika 6. Uključivanje alata

Nakon uključivanja alata, u prozoru *Object Explorer* pojaviće se nova stavka *Query Store* sa 4 izveštaja kao što je prikazano na slici 7.



Slika 7. Izveštaji alata *Query Store*

Izborom opcije *Regressed Queries* otvoriće se prozor koji prikazuje upite i planove *Query store* alatu. U gornjem delu prozora korišćenjem combo box-ova moguće je odabrati upite na osnovu različitih kriterijuma. Zatim je potrebno odaberati plan da bi se prikazao grafički plana upita. Takođe, postoje komandna dugmad za prikaz izvornog koda upita, forsiranje ili isključivanje forsiranja plana upita i osvežavanje prikaza (slika 8). Za forsiranje odgovarajućeg plana, potrebno je odabrati upit i plan, a zatim kliknuti na dugme *Force*.



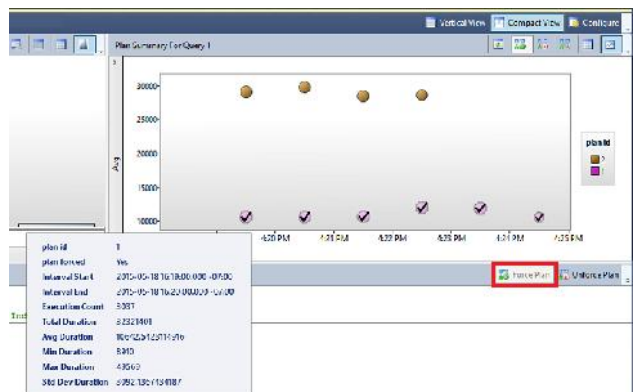
Slika 8. Izgled prozora *Regressed Queries*

U sledećoj tabeli prikazana je namena pogleda alata *Query Store* [4].

Pogled	Scenario
Regressed Queries	Otkrivanje upita kojima se metrika izvršenja promenila (npr., vreme izvršenja upita se povećalo). Ovaj pogled se koristi da bi se otkrila korelacija između uočenih probleme vezanih za performanse u odgovarajućoj aplikaciji sa stvarnim upitima koje treba poboljšati.
Top Resource Consuming Queries	Određivanje upita koji imaju najviše ekstremne vrednosti za predviđeno vremensko razdoblje na osnovu izabrane metrike od interesa. Ovaj pogled se koristi da bi se usmerila pažnja na najrelevantnije upite koji imaju najveći utecaj na performanse baze podataka.
Tracked Queries	Praćenje izvršenja najvažnijih upita u realnom vremenu. Ovaj pogled se koristi kada postoje upiti sa forsiranim planovima, a potrebno je obezbediti sigurnost u stabilnost performanse upita.
Overall Resource Consumption	Analiza ukupne potrošnje resursa baze podataka za bilo koji od parametara metrike izvršavanja. Ovaj pogled se koristi za identifikaciju šablona korišćenja resursa (npr., dnevno vs. noćno opterećenje) i optimizaciju ukupne potrošnje za bazu podataka.

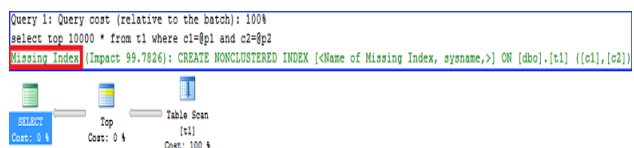
Kada se uoči upit sa lošijim performansama, akcija zavisi od prirode problema.

Ako je upit bio izvršen sa višestrukim planovima i poslednji plan je znatno lošiji od prethodnog plana, moguće je koristiti forsiranje planova tako da *Microsoft SQL Server* uvek koristi optimalni plan pri budućem izvršavanju upita (slika 9).



Slika 9. Izbor optimalnog plana

Takođe, moguće je zaključiti da upitu nedostaje indeks za optimalno izvršavanje. Ova informacija se pojavljuje u okviru plana izvršenja upita (slika 10).



Slika 10. Nedostatak indeksa

4. ZAKLJUČAK

Alati *Live Query Statistics* i *Query Store* predstavljaju vrlo korisnu novu opciju namenjen T-SQL projektantima. Dobijeni plan izvršenja upita obezbeđuje direktan uvid u način izvršenja upita pri čemu je moguće uočiti „uska grla“ prilikom njegovog izvršenja.

Za razliku od alata *Query Store* koji radi sa podacima upita koji su već izvršeni, alat *Live Query Statistics* se može koristiti za otkrivanje problema vezanih za performanse upita koji se u datom trenutku izvršavaju što može biti od koristi kada se radi sa upitima koji se nikad ne izvrše, prekinu sa radom nakon dugog vremenskog perioda ili im je potreban veliki vremenski period za izvršenje.

LITERATURA

- [1] Nevarez, B., High Performance SQL Server, Apress, 2016.
- [2] Russo, E., Performance troubleshooting with SQL Server 2016 Live Query Statistics, <https://www.datavail.com/blog/performance-troubleshooting-with-sql-server-2016-live-query-statistics/>
- [3] Syverson, B., Murach, J., Murach's SQL Server 2016 for Developers, Mike Murach & Associates, 2016.
- [4] Best Practice with the Query Store, <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/mt604821.aspx>

Daljinsko upravljanje i nadzor uređajima preko interneta

Remote Control and Supervision of the Devices through Internet

Božanić Stefan¹, Antičić Mladen¹
Vojna akademija¹

Sadržaj – Razmena informacija između različitih uređaja i upravljanje istim preko interneta teži da postane neophodna stvar savremenog čoveka. U radu je predstavljena jedna praktična realizacija sistema za daljinsko upravljanje i nadzor uređajima preko interneta. Upotrebom mikrokontrolera sa ETH click modulom i senzora temperature prikazana je kontrola i nadzor nad osvetljenjem kao i očitavanje trenutne temperature u prostoriji. U prvom delu je predstavljen koncept rada ovakvog sistema i njegova funkcionalnost kao i praktična realizacija hardvera za upravljanje preko interneta. Drugi deo rada opisuje realizaciju Windows aplikacije pisane u programskom jeziku C# kojim se upravlja, kontroliše i vrši nadzor uređaja u nekom objektu (npr. firma) i svaku promenu vrednosti beleži u bazi podataka. Aplikacija je namenjena za mrežno okruženje sa podrškom baze SQL Server 2008.

Abstract – Exchange of information among different devices and controlling them through Internet is becoming necessity to modern humanity. This article is presenting practical realisation of system for remote control and supervising devices through Internet. Light and current temperature in the room is shown by using microcontroller with ETH module and temperature sensor. The first part of this paper shows system working concept, its functionality and practical implementation of hardware for control of the devices through Internet. The second part of this paper describes Windows application written in C# which is used for control and supervising devices in some facilities (for example in a company) and every change of value is recorded in database. Application is designed for network surrounding which supports SQL Server 2008.

1. UVOD

U progresivnom razvoju civilizacije, koji se svakodnevno dešava, neizbežan je scenario u kojem će računari i internet evoluirati u kompleksniji vid mreže, koji uključuje i učešće ljudi kao objekata sistema. Takvu situaciju može prirediti pojam, koji i danas, kada je razvoj interneta tek u jeku, poseduje svoj naziv i klasifikaciju – Internet stvari.

Termin Internet stvari (*Internet of Things*, IoT) podrazumeva opšti model povezanosti neživih objekata, životinja i ljudi u ogroman sistem čiji će elementi biti apstrakcija istih i preko kojeg će komunicirati jedni sa

drugima. Bežična komunikacija predstavlja budućnost, jer se sve može kontrolisati preko interneta [1].

Daljinska kontrola uređaja je koncept koji olakšava pristup i kretanje u objektu. Kontrola osvetljenja, audio/video uređaja, klimatizacije su samo neke od opcija koje su sada dostupne korisniku preko računarske aplikacije. Kontrola osvetljenosti prostorija za korisnika je jednostavna, na klik na aplikaciji isključuju se i uključuju sijalice. Uz temperaturni senzor, informacija o temperaturi u objektu je dostupna na bilo kojem mestu. Dodeljivanje privilegija je još jedna prednost ovog sistema. Svaki korisnik ima svoj nivo privilegija i kao takav ne može da kontroliše, a ni da vrši nadzor nad objektima, prostorijama, mašinama, uređajima za koje nema ovlašćenja. Svaka promena stanja koje korisnik, u uradi, npr. isključivanje svetla u objektu biće zabeležena u bazi koja se na nalazi na serveru. U bazi se popunjava ime radnika koji je uključilo uređaj, tačno vreme, ime radnika koji je isključio uređaj, tačno vreme tog događaja i vreme trajanja koliko je bilo uređaj uključeno, itd. Vreme rada ili trajanja nekog uređaja je korisna za razne optimizacije i planiranja kao na primer ušteda električne kroz vremensku optimizaciju rada uređaja ili uvid u stvarni rad korisnika na opluživanju date mašine itd.

Sistem koji će biti opisan u nastavku je namenjen za upravljanje i nadzor uređaja isključivo daljinski preko aplikacije. Međutim, zbog mogućih neželjenih problema sa aplikacijom, internetom ili serverom, preporuka je instalacija rezervnog upravljanja fizičkim prekidačima. U slučaju upotrebe fizičkih prekidača gubi se informacija ko je uključio, odnosno isključio uređaj, a samim tim i vreme rada mašine koje je pohranjeno u bazi više nije validno.

2. BLOK ŠEMA SISTEMA

Blok šema sistem predstavljena je na Slici 1.

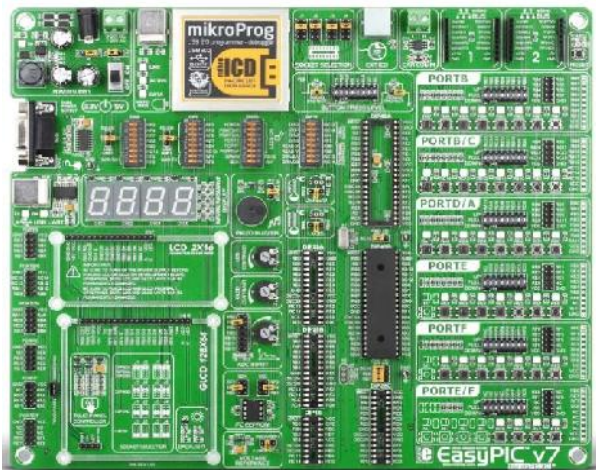


Slika 1. Blok šema sistema

Aplikacija je u mrežno okruženju povezana sa serverom gde se nalazi baza i preko interneta komunicira sa mikrokontrolerom. Kada korisnik pošalje komandu da isključivanje svetla aplikacija prvo pošalje komandu mikrokontroleru za to izvršenje, pa popunjava bazu potrebnim podacima. U nastavku rada biće detaljno opisana svaka komponenta ovog sistema kao i funkcionalnost sistema kao celine.

2.1 RAZVOJNA PLATFORMA EASYAVR V7

Mikrokontrolerska platforma EasyAVR v7 (Slika 2.) domaće firme Mikroelektronika, predstavlja razvojno okruženje za programiranje i testiranje programa za AVR mikrokontrolere. Brojni eksterni moduli (*click module*) pružaju mogućnost proširenja funkcionalnosti samog mikrokontrolera dodavanjem različitih senzora, aktuatora ili komunikacionih interfejsa.



Slika 1. EasyAVR v7

Ova razvojna platforma je korišćena prilikom programiranja i testiranja sistema za daljinsko upravljanje i nadzor uređajima preko interneta. Na njoj se nalazi mikrokontroler ATmega32 kompanije Atmel [2]. Radi se o osmobjinom kontroleru iz familije AVR (Advanced RISC), sa naprednom arhitekturom procesora i smanjenim brojem instrukcija. AVR jezgro poseduje 32 registra opšte namene. Svi registri su direktno povezani sa ALU (Aritmetic Logic Unit). Svaki od registara može imati ulogu ACC-a (acumulatora) pri obavljanju aritmetičko-logičkih operacija. Podržan je od strane mnoštva paketskih programa, sistema, razvojnih alata kao na primer C kompajler i programa za otklanjanje grešaka odnosno simulatora. Memorijske performanse su znatno poboljšane kombinovanim korišćenjem fleš i EEPROM memorije. AVR mikroprocesore odlikuje velika brzina izvršenja, oko 1 MIPS po MHz, odnosno 16 MIPS-a, ako radi na 16 MHz, što je oko 12 puta više nego kod standardnih osmobjitnih mikroprocesora.

U ovom projektu iskorišćena su dva pina PORT-a D preko kojih se upravlja radom sijalica, pin PORT-a A7 za komunikaciju mikrokontrolera sa temperaturnim senzorom, i tri pina PORT-a B za SPI komunikaciju mikrokontrolera i ETH Click modula.

2.2 ETH CLICK MODUL

ETH click modul (Slika 3.) koristi se za povezivanje mikrokontrolera na ethernet [3]. Ploča sadrži ENC28J60 ethernet čip koji za razmenu podataka koristi SPI (Serial Peripheral Interface), 8 Kbytes bafer, MAC & PHY (Media Access Control and Physical Layer), kao i 10 pinova preko kojih se click modul povezuje na razvojnu ploču. ENC28J60 je 28-pinski 10Base-T ethernet kontroler, koji karakteriše brzina od 10 Mbit/s, UTP kategorije 3/5 tip kabla sa maksimalnim mogućim rastojanjem od 100m.

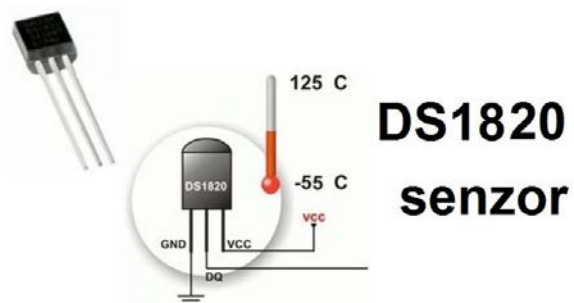


Slika 2. ETH click modul

2.3 TEMPERATURNI SENZOR DS1820

Digitalni senzor temperature DS1820 (Slika 4.) pruža 9-bitno merenje temperature [4]. Jednožična je komunikacija između DS1820 temperaturnog senzora i mikrokontrolera.

Opseg temperature merenja je od -55°C do $+125^{\circ}\text{C}$. Tačnost merenja je $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ za temperature od -10°C do $+85^{\circ}\text{C}$. Rezulucija senzora je 9-bitna. Napaja se naponom od 3.0V do 5.5V i to ili preko specijalnog pina 3(Vcc) ili preko linije podataka DQ. Senzor je postavljen u prostoriju u kojoj se meri temperatura.



Slika 4. Temperaturni senzor DS1820

3. PROTOKOLI I KOMUNIKACIJA

U računarskom svetu protokol označava skup pravila koja određuju kako dva programa mogu da komuniciraju. Računari komuniciraju tako što razmenjuju određeni set poruka, a protokol određuje formate tih poruka. Protokoli omogućuju i razmenu podataka između različitih vrsta računara, npr. PC-a i Mac-a, i to bez obzira na njihove različitosti.

Kada se misli na internet protokole postoji nekoliko protokola koji se koriste:

- 1) Modemski protokoli, tj standardi koji određuju način i brzinu povezivanja modema.
- 2) Protokoli za serijsku komunikaciju između vašeg računara i internet posrednika (SLIP-serial line internet protocol, PPP-point to point protocol). Danas se načešće koristi PPP protokol [5].
- 3) TCP/IP protokol koji omogućava komunikaciju između dva ili više računara.
- 4) Protokoli za svaku od internet usluga i to:
 - HTTP - (eng. Hyper-Text Transfer Protocol) za World Wide Web.
 - FTP - (eng. File Transfer Protocol) za prenos datoteka.
 - SMTP - (eng. Small Mail Transfer Protocol) za prenos email poruka.
 - NNTP - (eng. Network News Transfer Protocol) za prenos news poruka.
 - Telnet - za rad na udaljenim serverima / računarima.

3.1 TCP/IP PROTOKOL

TCP/IP je set protokola razvijen da omogući umreženim računarima da dele resurse putem mreže. Nastaje iz eksperimentalne *packet-switching* mreže agencije ARPA, (Advanced Research Projects Agency), nazvane ARPAnet, napravljene radi proučavanja tehnika slanja pouzdanih podataka. ARPAnet postaje veoma uspešna mreža, toliko da su mnogobrojne organizacije povezane na nju počele da je koriste u svakodnevnoj komunikaciji. Mreža iz eksperimentalne postaje operativna 1975. godine i tada kontrolu administracije mreže preuzima DCA, (Defense Communications Agency) kasnije DISA, odnosno Americko ministarstvo odbrane. Posle toga TCP/IP postaje vojni standard i svi *hostovi* spojeni na mrežu morali su preći na novi protokol. Daljim razvojem mreže u ono što danas znamo kao Internet, TCP/IP ostaje jedan od najrasprostranjenijih protokola za komunikaciju u mreži i između mreža. Komunikacija u mreži i između njih se obavlja preko čvorova, TCP/IP *hostova*, gde je svakom čvoru u mreži dodeljena jedinstvena IP adresa. TCP/IP *gateway* čvorovi povezuju jedan tip mreže sa drugim tipom mreže, pomoću hardvera i softvera za konverziju sa iz jednog formata u drugi.

Svaki racunar na internetu ima svoju IP adresu, koja je u IPv4 standardu predstavljena u formatu x.y.z.q, gde su x,y,z,q brojevi iz skupa od 0 do 255 što ovu adresu čini 32-bitnom. Kako je slobodnih IPv4 adresa sve manje, uveden je novi standard IPv6 koji podržava rad sa 128-bitnim adresama. IP protokol prima informaciju od

transportnog sloja, dodaje joj zaglavlje (*Header*) i time dobija rezultantni paket koji se naziva *Internet Datagram*. *Header* sadrži informacije o izvorišnoj i odredišnoj IP adresi, verziju IP protokola i ostale podatke bitne za funkcionisanje.

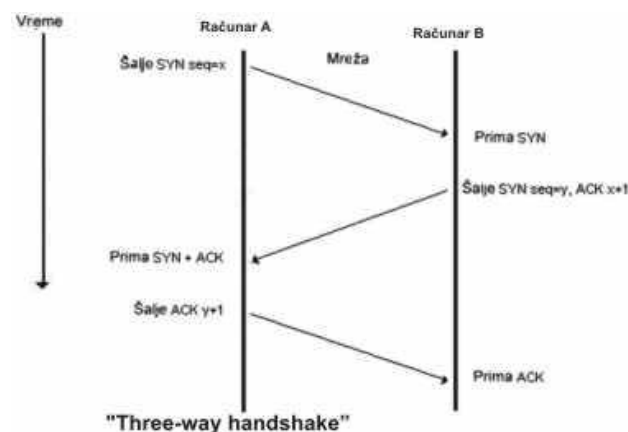
Kako IPv6 protokol prelazi u sve širu upotrebu, time postaje i značajniji za razumevanje. Kao što je rečeno, adrese IPv6 protokola su 128-bitne, sa heksadecimalnim zapisom u osam kolona, odvojenih dvotackom, npr. 3ffe:1900:4545:3:200:f8ff:fe21:67cf.

3.2 TCP PROTOKOL

Osnovni protokoli na transportnom sloju su TCP i UDP. TCP (Transmission Control Protocol) je obostrani spojni protokol koji spaja dva računara. On je odgovoran za podelu poruku *datagrama*, osnovno slanje *datagrama* koji nisu stigli i sastavljanje poruke na drugom kraju. Razlika između TCP i UDP protokola je što će TCP tražiti ponovno slanje paketa ukoliko dođe do gubitka, te je pogodan za sigurniju razmenu podataka gde brzina nije toliko bitna. UDP protokoli nema mogućnost ponovnog zahtevanja izgubljenog paketa.

Osnovna jedinica TCP protokola je segment, koji se pakuje u IP pakete i šalje preko mreže. Dozvoljava dvosmerni prenos podataka, kao i multipleksiranje, odnosno demultipleksiranje podataka. Multipleksiranje je proces u kome su paketi pristigli iz višerazličitih izvora, ukombinovani i poslani kao jedan tok. Demultipleksiranje je suprotan proces, gde se kombinovani tok deli na originalne tokove podataka.

Kako bi TCP funkcionisao, neophodno je obaviti proces uspostavljanja veze. Uspostavljanje veze u TCP protokolu funkcioniše po klijent – server principu, odnosno neophodno je izvršiti proces na jednom racunaru radi uspostavljanja veze sa drugim. Prilikom uspostavljanja veze, razmenjuju se tri specijalna segmenta (three way handshake) (Slika 5.). Kada klijent šalje serveru prvi specijalni TCP segment, na šta server odgovara drugim specijalnim segmentom, nakon čega klijent odgovara trećim specijalnim TCP segmentom.



Slika 5. Uspostavljanje komunikacije

Ako dva programa žele da komuniciraju preko mreže, moraju obrazovati po jedan soket (*socket*). Soket se definiše kao jedan kraj komunikacijskog kanala. Za komunikaciju para procesa potreban je par soketa. Soket je određen IP adresom i brojem porta. Soketi se uglavnom koriste u klijent – server arhitekturi. Server čeka zahteve klijenata tako da sluša na određenom portu soketa. Serveri obično implementiraju specifične servise na određenom portu. Svi brojevi ispod 1024 su uglavnom korišteni od strane poznatih aplikacija.

Kako bi komunikacija bila uspešna, klijent mora znati kako IP adresu servera, tako i broj porta na kome server očekuje zahtev. Klijent je aplikacija pisana u programskom jeziku C# u softverskom paketu Visual Studio Ultimate 2013. Kod da bi aplikaciju realizovali kao klijent u sistemu je:

```
private TcpClient client = new TcpClient();
string IP_adresa = "192.168.58.1"; // ip adresa
mikrokontrolera
string Port = "80"; // port na kojem osluškuje
mikrokontroler
IPENDPOINT IP_END = NEW
IPENDPOINT(IPADDRESS.PARSE(IP_ADRESA),
INT.PARSE(PORT));
```

IP adresa mreže u kojoj se računar nalazi dodeljena je metodi `TcpClient` zajedno sa brojem porta. U serveru, koristimo konstruktor `TcpListener` koji „osluškuje“ definisan port (80) i klasu `TcpClient` koja omogućava prihvatanje i povezivanje klijenta na server. Nakon prihvatanja i uspostavljanja konekcije, preko te konekcije se konstruišu ulazni i izlazni tok, `StreamWriter` i `StreamReader`, koji zapisuju i čitaju poslate podatke.

Server se nalazi na mikrokontroleru. Za programiranje korišćen je programski paket `MicroC PRO for AVR`. Na početku se postavljaju parametri mreže (inicijalizacija `ETH click` modula):

```
// parametri mreže
char myMacAddr[6] = {0x00, 0x14, 0xA5, 0x76, 0x19,
0x3f} // MAC adresa ETH click modula
char myIpAddr[4] = {192, 168, 1, 2}; // IP adresa
ETH click modula
char gwIpAddr[4] = {192, 168, 1, 1}; // gateway IP
adresa
char dnsIpAddr[4] = {192, 168, 1, 1}; // dns IP
adresa
char ipMask[4] = {255, 255, 255, 0}; // subnet
mask
```

U glavnom delu program se postavlja da mikrokontroler prestane osluškivati na portu kojem je prethodno definisano. Na željani zahtev od klijenta, mikrokontroler „odgovori“ porukom koje su predefinisane u programu, na taj način postoji neprestana komunikacija između mikrokontrolera (servera) i aplikacije na Windows računarima (klijenta).

U ovom projektu aplikacija šalje zahteve u vidu string promenljive, tu promenljivu prihvata server tj. mikrokontroler i obrađuje zahtev. U suprotnom smeru je slična situacija. Kada mikrokontroler šalje vrednosti

temperaturnog senzora ili vrednosti stanja pina, mikrokontroler brojčanu vrednost konvertuje u string pa takvu string promenljivu šalje kroz intenter do aplikacije. Aplikacija prihvata i obrađuje podatke po predefinisanim situacijama.

4. SOFTVERSKO REŠENJE

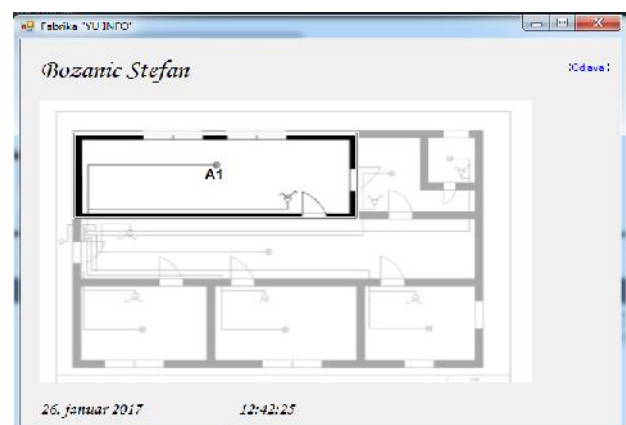
Prva forma aplikacije je „LogIn“ forma gde je korisnik aplikacije upisuje *username* i *password* (Slika 6.).



Slika 6. LogIn forma aplikacije

Svaki korisnik ima određene privilegije i sa tim privilegijama nastavlja dalji rad na aplikaciji. Radnik koji npr. radi u objektu A1, ne bi smeo da kontroliše i vidi stanja senzora u drugim objektima firme. O tome je zaslužena login forma koja komunicira sa bazom na serveru i prvo ispituje da li je *username* i *password* unete na formi validna. Ako je validna, ispituje koje su privilegije datog radnika i sa tim privilegijama nastavlja dalji rad aplikacije.

Korisnik u zavisnosti od privilegija može da pristupi određenim prostorijama, u ovom slučaju objektima. Korisnik *Bozanic Stefan* može da pristupi samo objektu A1 (Slika 7.).

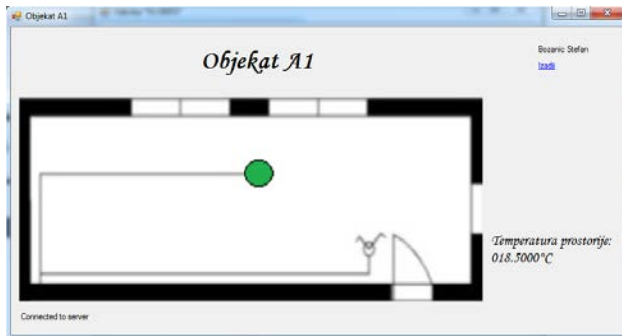


Slika 7. Početna forma aplikacije

Kada korisnik pristupi formi za kontrolisanje i nadzor objekta A1 aplikacija pri učitavanju forme šalje zahtev mikrokontroleru gde se ispituje vrednost napona pina na kojoj se nalazi sijalice u prostoriji i u zavisnosti od te

vrednosti koju dobije aplikacija postavlja zelenu sličicu za sijalicu za uključeno ili crvenu sličicu, ako je vrednost 0.

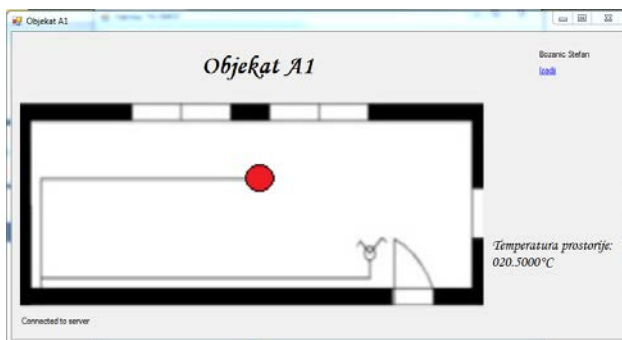
Na formi se još nalazi trenutna temperatura prostorije. U pozadini aplikacije, svake sekunde šalje se zahtevi i traži vrednost sa digitalnog temperaturnog senzora DS1820. Mikrokontroler prepoznaje zahteve i na određene zahteve šalje predefinisane odgovore (Slika 8.).



Slika 8. Forma za nadzor i kontrolu objekta A1

Korisnik se vizuelno prikazuje da li je svetlo uključeno i kolika je temperatura u prostoriji.

Klikom sa sličicu koja simulira rad sijalice menja se vrednost napona, i sijalica se isključuje/uključuje, jer u tom trenutku aplikacija šalje zahtev za njeno isključivanje/uključivanje. Takođe se menja i boja sličice na aplikaciji kako se menja vrednost napona tako da korisnik vizualno može da vidi vrednost napona na sijalici. Za sve to vreme temperatura prostorije se aktivno ažurira na svaku sekundu (Slika 9.).



Slika 9. Promena stanja vrednosti sijalice u objektu A1

Svaka promenu koju želi radnik da izvrši pamti se u bazi na serveru gde je instaliran SQL Server 2008, tako da aplikacija neprestano komunicira sa mikrokontrolerom i SQL Server-om.

Nadzor o svim tim promena koje su zapisane u bazi ima operater. Operater ima svoju jedinstvenu *username* i *password* kao i svaki drugi korisnik, ali pri prijavi na pocetnoj stanici „LogIn“ ne pojavljuje se forma gde može da vidi objekte firme, već posebna forma za operatera se pojavljuje gde tačno može da vidi koji je radnik kada uključio određeni uređaj, koji radnik je isključio taj uređaj

i koliko je vreme u minuta rada tog uređaja. Takođe može se videti i ukupnu potrošnju svakog uređaja, jer kada postoji vreme rada mašine, može se proširiti funkcionalnost u zavisnosti od potreba (Slika 10.).

Evidencija:

	Ko je uključio	Uključeno	Naziv_uređaja	Isključeno	Ko je isključio	Trajanje
▶	Tot Ivan	26.1.2017 12:47:...	Sijalica_A1	26.1.2017 12:50:...	Bozanic Stefan	3
	Bozanic Stefan	26.1.2017 12:48:...	Sijalica_A1	26.1.2017 12:58:...	Bozanic Stefan	10
*						

Slika 10. Evidencija rada uređaja

Radnici odlaze, dolaze u firmu, menjaju mesto rada u fabrici, samim tim menjaju se i njihove privilegije. O svemu tome vodi računa admin, koji takođe kada se prijavi na aplikaciju sa svojim jedinstvenim username i password-om ne prikazuje šema fabrike kao za radnike nego se otvara posebna forma za admina. Admin sada može da briše korisnike, da menja podatke, od username, password-a, a najvažnije da menja privilegije. Ako se u fabricu zaposlio novi radnik admin je taj koji će da kreira profil za radnika, dodeli privilegije (Slika 11).

Prezime:

Bozanic

Ime:

Stefan

UserName:

boza1

Šifra:

boza

Privilegije:

Radnik_A1

Slika 11. Pregled profila radnika

Admin je osoba koja radi sa profilima, takođe je odgovoran za profil operatera, jer je to jedna od vrsta privilegija radnika.

5. ZAKLJUČAK

Probna verzija ovog projekta je realizovana na Vojnoj akademiji u laboratoriji za mikroprocesorske sisteme, kabinetu 123. Radila je neprekidnih 7 dana, a u tom periodu nije bilo problema pa je pakazano da je ovakav sistem stabilan.

Ovim sistemom dobija se neprekidan nadzor i upravljanje uređaja preko interneta. Optimizacija i bezbednost celog sistema je bitna stavka, jer sa privilegijama korisnika zabranjuje se rad uređaja korisnicima koji nisu obučeni za

taj uređaj. Sve zajedno sistem je bezbedan, optimalan sa neprekidnim nadzor i ujedno ekonomičan.

Sobzirom da je sistem hardverski i softverski otvoren, moguće su brojne nadogradnje kao na primer sa dodavanjem RFid click modula (čitač kartice) može se imati uvid prisutnih osoba u prostoriji, može se proveravati da li određeni radnik ima privilegiju pristupa prostoriji itd.

Cilj ovog rada je bio daljinsko upravljanje i nadzor uređajima preko interneta, što je i pokazano preko jedne praktične realizacije sistema.

6. LITERATURA

- [1] Ibrahim D. Internet stvari, InfoElektronika, Beograd, 2016.
- [2] <https://shop.mikroe.com/development-boards/full-featured/easy-boards/easyavr>
- [3] <https://shop.mikroe.com/click/interface/eth>
- [4] <http://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temp/DS18B20.pdf>
- [5] <http://help.drenik.net/internet/arhitektura/>

SIMULACIJA KONVERGENCIJE AD HOC ALGORITAMA RUTIRANJA U MANET MREŽAMA UPOTREBOM RIVERBED MODELERA

AD HOC ROUTING ALGORITHM CONVERGENTION SIMULATION IN MANET NETWORK USING RIVERBED MODELER

Vladimir Suša¹, Boban Pavlović¹, Olja Jerkić¹
 Vojna akademija Univerziteta odbrane u Beogradu¹

Sadržaj – U radu je izvršena evaluacija i poređenje dva ad hoc reaktivna protokola rutiranja: DSR (Dynamic Source Routing) i AODV (Ad hoc On-demand Distance vector). Simulacija je urađena u Riverbed modeler-u koji predstavlja napredan simulacioni softver za simulaciju rada mrežnih elemenata i za analizu mrežnog saobraćaja. U ovom radu je posmatrana brzina konvergencije oba protokola rutiranja, pri čemu je promena vršena preko broja mrežnih elemenata uključenih u simulaciju. Prema definisanim simulacionim scenarijima, pokazano je da primena DSR protokola rutiranja daje kraće vreme konvergencije od AODV protokola.

Abstract – This paper evaluates and compares two ad hoc reactive routing protocols, DSR (Dynamic Source Routing) and AODV (Ad hoc On-demand Distance Vector). Simulation was made in Riverbed modeler which is powerful network simulation tool both for network elements and traffic demands. Convergence time for both protocols within variation of number of network elements include in simulation were tracked. It is concluded that DSR protocol gives shorter time of convergence than AODV protocol.

1. UVOD

MANET mreže su vrsta *ad hoc* mreža koje imaju zadatak da uspostave komunikaciju i rutiranje unutar jedne takve mreže bez upotrebe posredničkih uređaja [1]. Sami krajnji uređaji u isto vreme su i predajnici i prijemnici, a i posrednički uređaji koji realizuju prosleđivanje paketa. Ovakva mreža je privremenog karaktera (*ad hoc*) i ograničena je sledećim činiocima: napajanjem uređaja, mobilnošću, dometom i dr [2,3]. *Ad hoc* mreže mogu da se koriste u situacijama kada nije moguće, ili nije isplativo, postaviti odgovarajuću mrežnu infrastrukturu, kao što je slučaj poplave, požara ili neke druge vanredne situacije. Svrha ovakve mreže je da se može postaviti u proizvoljnom fizičkom okruženju i da ima mogućnost brzog prilagođavanja na topološke promene [4].

MANET je *peer-to-peer* mreža koja omogućava direktnu ili indirektnu komunikaciju bilo koja dva čvorova koja imaju implementirane *ad hoc* protokole rutiranja, imaju bežični pristup radi mobilnosti i zadovoljavaju uslove kao što su domet, napajanje uređaja i slično. Domet uređaja je uslovljen jačinom predajnika i primenjenom modulacijom u zavisnosti od upotrebljenog pristupnog protokola. Većina mobilnih uređaja ima ograničeno napajanje koje uslovljava autonomiju rada. Takođe, u zavisnosti od vrste mobilnosti čvorova (trajektorije, brzine), tabele rutiranja *ad hoc* protokola rutiranja vrlo brzo mogu da postanu

nepouzdana. Rekonfiguracija mreže može uzrokovati čestu i količinski veliku razmenu kontrolnih informacija.

Zbog svega navedenog MANET mreže moraju da imaju robustne i adaptivne algoritme rutiranja kako bi se brzo i optimizovano prilagodili novonastalim promenama mrežne topologije. S obzirom da su u MANET mrežama krajnji uređaji u isto vreme i posrednički uređaji namenjeni za prosleđivanje paketa, u njima nije svrsishodno primeniti klasične ruting protokole koje pronalaze najbolju putanju od izvorišta do destinacije. Izborom samo najbolje putanje kao jedine, došlo bi do zagušenja čvorova koji se nalaze na izabranim putanjama sa najboljom metrikom. Iz tog razloga, *ad hoc* algoritmi moraju da imaju mogućnost da rasporede opterećenje linkova kako bi se saobraćaj ravnomernije rasporedio u mreži.

U drugom poglavlju je data opšta analiza *ad hoc* algoritama rutiranja, njihova podela i mogućnosti. Zatim je izvršeno poređenje različitih algoritama rutiranja zasnovanih na teorijskim razmatranjima (DSR i AODV). Odgovarajući simulacioni model za komparaciju ova dva *ad hoc* protokola rutiranja formiran je u Riverbed Modeler Academic Edition 17.5 softverskom paketu.

2. AD HOC ALGORITMI RUTIRANJA

Ad hoc protokoli rutiranja imaju sledeće dve najvažnije funkcije. Prvo, pronalaženje svih mogućih odgovarajućih ruta od izvora do odredišta, poređenje takvih ruta i njihova implementacija u tabeli rutiranja. Drugi zadatak je razmena tabela rutiranja potrebnih za usmeravanje paketa, otkrivanje nedostupnih mreža, uspostavljanje novih ruta i optimizacija iskorišćenog propusnog opsega kako ne bi došlo do zagušenja pojedinih čvorova u mreži.

Algoritme rutiranja možemo podeliti na [5]:

- proaktivne protokole rutiranja,
- reaktivne protokole rutiranja,
- hibridne protokole.

Proaktivni protokoli rutiranja funkcionišu na osnovu konzistentnih i redovno ažuriranih tabela rutiranja. Čvorovi u redovnim vremenskim intervalima razmenjuju kontrolne poruke kako bi rute bile validne zbog česte promene topologije mreže. Tabele rutiranja se ne osvežavaju na zahtev već permanentno. Proaktivni protokoli zbog ažurnih ruta u tabeli rutiranja više su primenjivi za *real-time* aplikacije jer omogućavaju manje kašnjenje i manju varijaciju kašnjenja s obzirom da se ne pronalaze nove rute, već se postojeće redovno održavaju. Negativna osobina ovakvih protokola je što oni

razmenjuju veliku količinu kontrolnih poruka koje mogu da opterete medijum prenosa i zaguše mrežu.

Reaktivni protokoli rutiranja su poznati i kao protokoli rutiranja na zahtev. Dakle, putanja od izvora do odredišta se ne održava u permanentnim tabelama rutiranja već se uspostavlja na zahtev kada pošiljalac ima potrebu da pošalje odgovarajući sadržaj prema odredištu. Njihova suštinska razlika u odnosu na klasične protokole rutiranja je što oni ne prate permanentno promene topologije nego samo u periodu kada je tok slanja podataka aktivan. Koncept reaktivnih protokola je zasnovan sa ciljem smanjenja količine podataka potrebnih za ispravku ruta koje nisu više aktivne, a uslovljene su čestim promenama topologije mreže. Rute se pronalaze samo onda kada se za to ukaže potreba (reaktivni pristup). Negativna osobina reaktivnih protokola rutiranja je kašnjenje uslovljeno pronalazanjem rute na osnovu zahteva (ne održava se permanentno u tabelama rutiranja). Time ovakav protokol postaje neupotrebljiv za određene, pretežno *real-time* aplikacije koje imaju striktno određene potrebe vezane za kvalitet servisa u realnom vremenu (kašnjenje, varijacija kašnjenja itd).

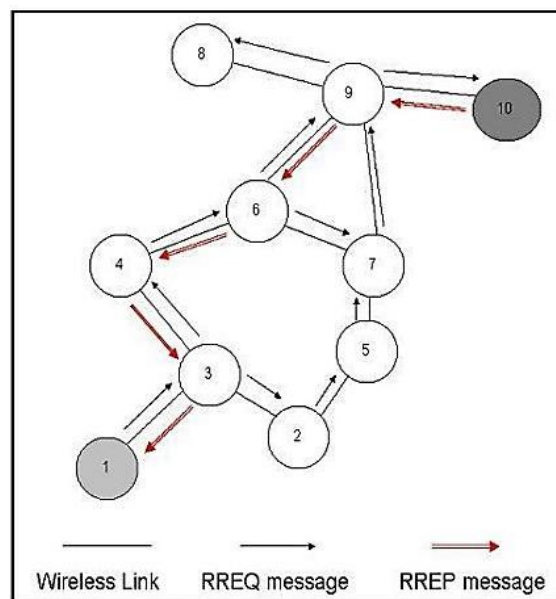
Hibridni protokoli rutiranja pokušavaju da kombinuju najbolje osobine od obe, prethodno navedene vrste *ad hoc* protokola rutiranja.

U ovom radu je izvršena komparacija dva reaktivna protokola rutiranja jer je saobraćaj u simulacionom modelu bio zasnovan na TCP konekcijama, dakle nisu korišćene *real-time* aplikacije i u tim okolnostima opravdana je primena reaktivnih protokola rutiranja. Korišćeni su DSR (*Dynamic Source Routing*) i AODV (*Ad hoc On-demand Distance Vector*) reaktivni rutirajući protokoli.

DSR protokol rutiranja koristi dva glavna mehanizma *route discovery* (otkrivanje rute) i *route maintenance* (održavanje rute) [6]. *Route discovery* je mehanizam koji protokol koristi kada jedan čvor pokušava da pošalje neku poruku drugom čvoru. Tada prvi čvor pristupa pronalazanju ruta do drugog čvora, njihovom poređenju i izboru ruta koje će da koristi. *Route maintenance* je postupak kojim se izabrane rute u toku konekcije osvežavaju jer se promena topologije odigrava i u samom toku konekcije. Oba mehanizma (*route discovery* i *route maintenance*) se realizuju na zahtev, dakle samo onda kada se ukaže potreba za povezivanjem jednog čvora sa drugim. DSR je baziran na konceptu navođenja tačne rute, odnosno sekvence čvorova kroz koje će paket da prođe na putu prema odredištu. Pošiljalac inicira otkrivanje rute slanjem paketa zahteva za rutom RREQ (*Route REQuest*) preko suseda u mrežu. Odredišni čvor prima RREQ poruku preko jednog ili više čvorova u mreži u zavisnosti od broja mogućih putanja. Svaki čvor u okviru RREQ poruke ubacuje svoju sekvencu kako bi se markirala putanja. Nakon toga odredište generiše RREP (*Route REply*) poruku kojom obaveštava izvorište o datim rutama. Pošiljalac dobija jednu ili više RREP poruka u zavisnosti od broja mogućih putanja. Prednosti DSR protokola su njegova veoma laka implementacija,

mogućnost rada sa asimetričnim linkovima, ušteda propusnog opsega i napajanja, podržava višestruke putanje i omogućava usmeravanje bez petlji. Njegov najveći nedostatak je ograničena skalabilnost jer je primenjiv samo na mreže sa manjim brojem čvorova.

AODV je reaktivni protokol rutiranja koji uspostavlja putanju do odredišta na zahtev [7]. Kao i DSR protokol sastoji se od dva procesa, otkrivanja rute na zahtev i održavanje rute u toku slanja podataka. Razlika AODV protokola u odnosu na DSR je u tome što on pri otkrivanju rute ne radi mapiranje celokupne putanje do odredišta, već korak po korak. Čvor koji želi da aktivira konekciju šalje RREQ paket susednom čvoru (ili čvorovima), koji mu odgovaraju sa RREP porukom. Ako oni imaju putanju do odredišta, informaciju o *next-hop* čvoru će da ugrade u odgovor, a ako nemaju posledice RREQ poruku dalje u mrežu. Nakon procesa otkrivanja rute, susednim ruterima se povremeno šalju *hello* poruke u diskretnim vremenskim intervalima kako bi se putanja ka odredištu održavala dostupnom. AODV ne održava višestruke putanje do odredišta jer ne mapira celokupne putanje, nego samo susedne čvorove, što predstavlja i osnovnu prednost u odnosu na DSR protokol. Proces određivanja putanje kod reaktivnih protokola rutiranja, prikazan je na slici 1.



Slika 1. Primer konvergencije reaktivnih protokola rutiranja

3. SIMULACIONI MODEL

Simulacioni model za komparaciju DSR i AODV protokola rutiranja formiran je u *Riverbed Modeler Academic Edition 17.5* verziji softvera. Ova aplikacija omogućava kreiranje odgovarajućeg simulacionog mrežnog okruženja, definisanje saobraćaja i analizu različitih tipova performansi.

Simulacija je izvedena preko sledećih etapa:

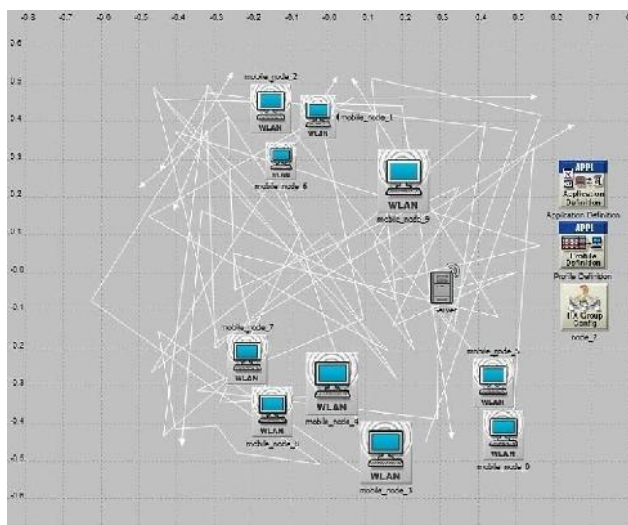
- kreiranje topologije mrežnih čvorova i definisanje trajektorija njihovog kretanja kako bi se stvorili

identični uslovi za merenje vremena konvergencije kod oba protokola rutiranja,

- definisanje aplikacija koje će da se izvršavaju u modelu i na osnovi kojih će se i inicirati pronalazjenje putanje s obzirom da je osnovni zadatak određivanje vremena konvergencije reaktivnih protokola rutiranja (*on-demand*),
- definisanje profila korisnika koji će da koriste datu aplikaciju u definisanim vremenskim intervalima,
- dodeljivanje profila korisnicima,
- određivanje parametara čije će vrednosti da se prate u simulacionom modelu,
- iniciranje simulacije u unapred definisanom vremenskom periodu.

Cilj kreiranja simulacionog modela je, kao što je prethodno navedeno, poređenje performansi dva reaktivna *ad hoc* protokola rutiranja, odnosno određivanje brzine konvergencije kao kriterijuma izbora. U simulacionom modelu su definisana tri scenarija sa po 10, 15 i 20 mrežnih čvorova, odnosno računara, respektivno. Svaki računar sadrži 802.11g WiFi mrežnu karticu putem koje je definisana *ad hoc* mreža i preko koje je obezbeđena konektivnost sa ostalim mrežnim čvorovima. U sva tri scenarija računari su mobilni i kreću se identičnim trajektorijama radi poređenja vremena konvergencije oba protokola u identičnim mrežnim uslovima.

Na slici 2. je prikazan simulacioni model sa 10 čvorova i njihovim trajektorijama. Na istom modelu je analizirano vreme konvergencije kod oba protokola rutiranja. U drugim simulacionim scenarijima, promenjen je samo broj mrežnih čvorova (20, odnosno 30 računara). Brzina kretanja svakog mobilnog čvora je 10m/s. Mrežni čvorovi imaju definisanu površinu kretanja veličine 1000x1000 metara.



Slika 2. Topologija simulacionog modela sa 10 čvorova sa prikazanim trajektorijama

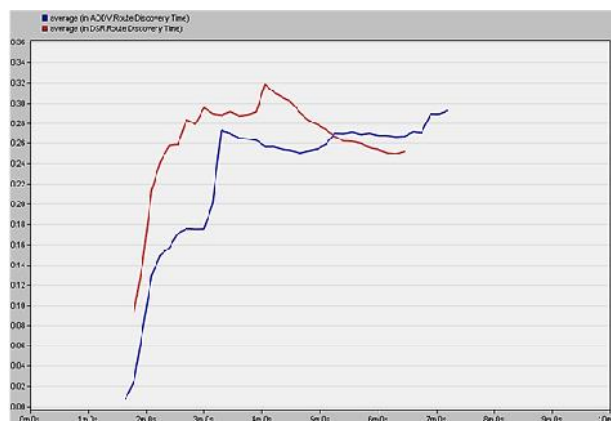
U simulacionom modelu su definisana dva tipa aplikacija *e-mail (high load)* i *FTP (File Transfer Protocol)*. Svi mrežni računari su klijenti koji su povezani sa serverom u centralnom delu topologije. Server je takođe definisan kao mobilni čvor, odnosno ima sopstvenu trajektoriju kretanja koja je identična u svim scenarijima bez obzira na broj čvorova koji je obuhvaćen u analiziranom scenariju. Definisane aplikacije su dodeljene odgovarajućem profilu koji je povezan sa mrežnim čvorovima, odnosno računarima. Vreme simulacije u svim scenarijima je ograničeno na 15 minuta (900 sekundi).

U simulacionom modelu praćeno je vreme konvergencije DSR i AODV protokola rutiranja radi njihovog poređenja i određivanje protokola rutiranja koji zahteva kraće vreme konvergencije.

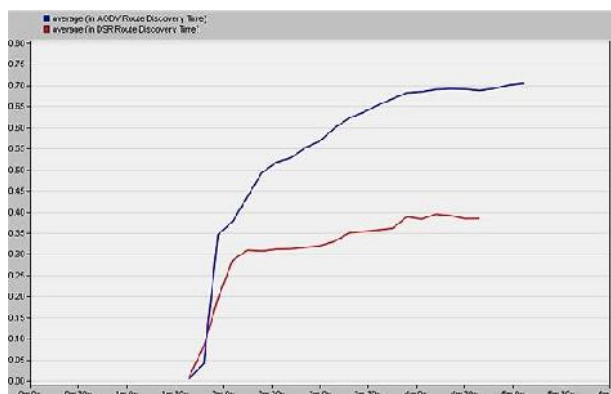
4. ANALIZA PERFORMANSI DSR I AODV PROTOKOLA RUTIRANJA

U ovom delu su prikazani dobijeni simulacioni rezultati brzine konvergencije za sva tri scenarija koja podrazumevaju prisustvo 10, 15 i 20 mrežnih čvorova, respektivno. Svi mrežni čvorovi se kreću po unapred definisanim, istim trajektorijama.

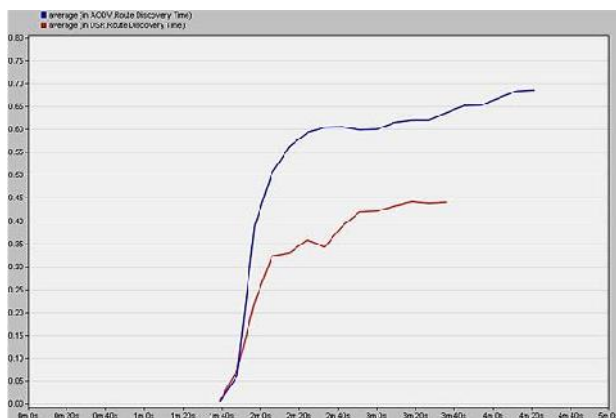
Na slici 3. je prikazano vreme konvergencije (vreme pronalaska putanje) za model sa 10 čvorova, na slici 4. za mrežu sa 15 čvorova, a na slici 5. za simulacioni model sa 20 čvorova.



Slika 3. Vreme pronalazjenja putanje za 10 čvorova



Slika 4. Vreme pronalazjenja putanje za 15 čvorova



Slika 5. Vreme pronalazjenja putanje za 20 čvorova

Na osnovu dobijenih vremena konvergencije za sva tri scenarija u toku trajanja simulacije, u tabeli 1 su prikazane srednje vrednosti vremena pronalaska rute kod oba protokola rutiranja za sva tri analizirana scenarija.

Tabela 1. Srednje vreme konvergencije

Protokol rutiranja	Prosečno vreme konvergencije (s)		
	10 čvorova	15 čvorova	20 čvorova
DSR	0,25	0,38	0,44
AODV	0,29	0,49	0,68

Na bazi sprovedene analize i poređenjem dobijenih vremena konvergencije primenjenih algoritama rutiranja, može se zaključiti da vreme konvergencije kod DSR protokola rutiranja u svim simulacionim scenarijima ima manju vrednost u odnosu na AODV protokol. Pri definisanju simulacione analize, izabrano je da fiksni parametri budu definisane trajektorije, upotrebljeni protokoli i aplikacije sa osnovnim ciljem da reaktivno iniciraju pronalazjenje najbolje putanje. U analiziranim scenarijima, promenljivi parametar je bio broj čvorova u mreži.

5. ZAKLJUČAK

DSR algoritam rutiranja obezbeđuje kraće vreme konvergencije (ovo je omogućeno mapiranjem celokupne putanje) u odnosu na AODV protokol rutiranja. Nedostatak DSR protokola predstavlja povećanje *overhead*-a jer je za mapiranje celokupne putanje potrebno veće zaglavlje (*header*). AODV protokol rutiranja, suprotno DSR protokolu, zahteva manji *overhead* jer mapira samo susedne (*next-hop*) čvorove. Sa druge strane, AODV za svaku poslatu poruku zahteva (RREQ), očekuje odgovarajuću poruku odgovora (RREP). Ovim principom je omogućen manji *overhead*, ali se istovremeno produžava vreme konvergencije AODV protokola rutiranja, što je potvrđeno u ovom radu za sve definisane mrežne scenarije.

Na osnovu dobijenih vrednosti vremena konvergencije možemo zaključiti da reaktivni protokoli rutiranja nisu pogodni za vremenski osetljive aplikacije jer se njihovom primenom može pojaviti veliko kašnjenje u mreži (uzrokovano velikim vremenom konvergencije). Ovi protokoli rutiranja su pogodni za TCP konekcije koje se ne realizuju u realnom vremenu i gde nije potrebno zadovoljiti striktno parametre kvaliteta servisa kao što su kašnjenje, varijacija kašnjenja i gubitak paketa. Primena reaktivnih protokola rutiranja je opravdana u situacijama kada je na, relativno malom prostoru, potrebno uspostaviti razmenu podataka bez postavljanja stalne mrežne infrastrukture. Ovi protokoli rutiranja ne zauzimaju previše resursa u smislu procesorskih mogućnosti i ne zahtevaju veliku potrošnju izvora napajanja čime povećavaju njihovu autonomiju rada u situacijama kada je to neophodno.

ZAHVALNICA

Rad je nastao kao rezultat rada na naučnoistraživačkom projektu pod nazivom „Primena različitih kodeka audio signala kod VoIP komunikacije u paketskim telekomunikacionim mrežama“, evidencioni broj VA-TT/1-17-19, u periodu 2017-2019. godine, finansiran od strane Ministarstva odbrane Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] S. Corson, J. Macker, RFC 2501: Mobile Ad Hoc Networking (MANET): routing protocol issues performance and evaluation consideration, dostupno <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-issues-01.txt>
- [2] Baraković S., Kasapović S., Baraković J. „Analiza performansi protokola usmeravanja u mobilnim ad hoc mrežama“, 17. telekomunikacioni forum TELFOR 2009, Beograd, novembar 24.-26., 2009.
- [3] Mitrović M., Jevtović M. „Mobilna ad hoc mreža kao podrška za informacioni sistem“, INFOTEH, str. 79-82, Jahorina, 2005.
- [4] Stefanović R., Pavlović B. „Sigurnost protokola rutiranja u adhoc MANET mrežama i mogući napadi u mreži“, Vojnotehnički glasnik, Vol. LXI, No. 2, str. 200-217, 2013.
- [5] Tepšić, D., Veinović M., „Klasifikacija MANET protokola rutiranja“, Vojnotehnički glasnik, Vol. LXIII, No. 1, str. 84-101, 2015.
- [6] D.B. Johnson, D.A. Maltz, Y.C. Hu, J.G. Jetcheva, The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks (DSR), IETF Manet Working Group, dostupno na <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-dsr-07.txt>
- [7] C. Perkins, E.B. Royer, S. Das, Ad hoc On Demand Distance Vector (AODV) Routing, RFC 3561, July 2003.

PREDIKCIJA PROPAGACIJE I SIMULACIJA FIZIČKOG SLOJA DVB-T2 STANDARDA ZA PRENOS DIGITALNE TELEVIZIJE

PROPAGATION PREDICTION AND SIMULATION OF THE PHYSICAL LAYER OF THE DVB-T2 STANDARD FOR DIGITAL TELEVISION TRANSMISSION

Sima Kerešević¹, Danilo Lazović¹, Jovan Bajčetić²
204.vbr, Vojska Srbije¹
Vojna akademija²

Sadržaj – U radu je predstavljena analiza pojedinih parametara DVB-T2 sistema i prednosti datog standarda u odnosu na standarde ranije generacije. Izvršeno je merenje prijemnog signala na 27. i 28. UVF kanalu na prostoru oko Beograda. Sprovedeni mereni scenarij je simuliran i analiziran sa aspekta predikcije propagacije u simulacionom softverskom paketu. Obradom i analizom rezultata u programskom paketu HTZ warfare, izvršena je korelacija izmerenih vrednosti sa vrednostima dobijenim predikcijom propagacije. Predstavljene su rezultati dobijeni simulacijom fizičkog sloja DVB-T2 i korelacija sa rezultatima dobijenim simulacijom DVB-T sistema.

Abstract - This paper presents the analysis of certain parameters of the DVB-T2 system and the advantages of the given standard in comparison with the standards of earlier generations. We conducted receiving signal measurement at the 27th and 28th UHF channel within the area around Belgrade. Conducted measurement scenario is simulated and analysed in terms of propagation prediction using an adequate software package. Results processing and analysis was done using the HTZ warfare software package. The correlation between the measured values and the values obtained by propagation prediction is depicted. Presented results are obtained by simulating the physical layer DVB-T2 and the correlation with the results obtained by simulating the DVB-T system.

1. UVOD

Pojam televizije podrazumeva prenos slike na daljinu. Tehnološki sistem koji to omogućava obuhvata više celina, od kojih su najznačajnije proizvodnja TV slike (programa), emitovanje i prijem. Proizvodnja TV programa podrazumeva snimanje jednom ili sa više kamera nekog događaja, scene, osobe, objekta. Takva slika se ili direktno šalje u formi video signala do gledaoca ili se snimak obrađuje i arhivira za kasnije slanje (emitovanje).

Kompletan proces snimanja, obrade i arhiviranja TV programa je uglavnom digitalizovan, jer TV stanice odavno koriste digitalne kamere i ostalu studijsku opremu, ali sve do nedavno emitovanje TV slike (programa) nije bilo digitalno u našoj zemlji. U Americi i Zapadnoj Evropi proces digitalizacije TV mreže je započeo još pre više od deset godina i danas većina razvijenih zemalja operativno koristi sisteme digitalne TV radio-difuzije. Evolucijom tehnologije tokom proteklog

vremenskog perioda izdvojili su se različiti tehnički standardi za digitalnu zemaljsku televiziju (DTT – Digital Terrestrial Television). Danas se u svetu primenjuju četiri različita standarda za digitalno emitovanje TV slike i tona. Ti standardi su:

- **DTMB** (Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting);
- **ISDB-T** (Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial);
- **ATSC** (Advanced Television System Committee);
- **DVB-T** (Digital Video Broadcasting-Terrestrial).

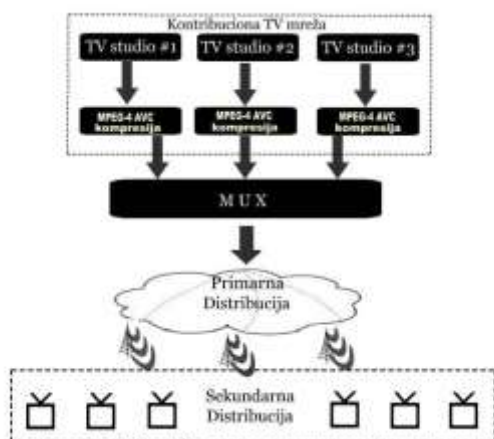
Kod nas je prihvaćen standard DVB-T2 (Digital Video Broadcasting-Terrestrial 2).

U našoj državi se strategijom utvrđuju osnovne strateške smernice za uvođenje digitalnog i gašenje analognog televizijskog i radio programa. Pri tome je u postupku utvrđivanja smernica postupano u skladu sa zaključcima Regionalne konferencije o radio-komunikacijama Međunarodne unije za telekomunikacije održane u maju i junu 2006. godine u Ženevi, po kojima je predviđeno da uvođenje digitalne i potpuno gašenje analogne televizije u Evropi bude okončano najkasnije do 17. juna 2015. godine, što je i urađeno.[1]

2. DVB-T2 STANDARD

Za razliku od analogne TV radio-difuzije u kojoj se difuzija određenog TV sadržaja obavlja zauzimanjem odgovarajućih resursa u radiofrekvencijskom spektru, te tako svaka TV stanica na određenom geografskom području ekskluzivno koristi sopstveni VVF/UVF radio kanal, u DTT (Digital Terrestrial Television) sistemima se emituje digitalni multipleks većeg broja TV kanala u okviru istog VVF/UVF radio kanala. U tehničkom smislu, u DTT lancu se izdvajaju sledeće četiri celine koje su predstavljene na slici 1. [2]:

- **Kontribuciona TV mreža**, kojom se prikupljaju TV sadržaji iz različitih produkcijskih kuća;
- **DVB multiplekseri**, oprema kojom se od prikupljenih TV sadržaja formira jedan ili više DVB multipleksa;
- **Mreža za primarnu TV distribuciju**, kojom se oformljeni multipleksi transportuju do geografski udaljenih lokacija sa digitalnim TV predajnicima;
- **Mreža za sekundarnu TV distribuciju**, sistem digitalnih TV predajnika posredstvom kojih se TV sadržaji emituju ka gledaocima, radiodifuznim putem, po nekom od DTT standarda.



Slika 1. DTT (Digital Terrestrial Television) lanac

DVB-T2 (Digital Video Broadcasting-Terrestrial 2) je standard koji predstavlja drugu generaciju sistema DVB-T standarda, osmišljen za prenos digitalne zemaljske televizije. Osnovni tehnički podaci DVB-T2 standarda predstavljeni su u Tabeli 1. [3]

Parametar	DVB-T2	
Unutrašnje kodovanje (FEC)	LDPC+BHC	
Kodni količnici	1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6	
Modulacione šeme	QPSK, 16QAM, 64-QAM, 256-QAM	
Zaštitni interval	1/4=64/256, 19/256, 1/8=32/256, 38/256	
FFT mod rada	1K, 2K, 4K, 8K, 16K, 32K 8K, 16K, 32K	
VHF/UHF opsezi rada	III, IV, V, L	
Nominalna širina kanala	1,75MHz, 5MHz, 6MHz, 7MHz, 8MHz, 10MHz	
Zauzeta širina kanala N	Normal	1,54MHz, 4,76MHz, 5,71MHz, 6,66MHz, 7,61MHz, 9,51MHz
	Expanded	1,57MHz, 4,86MHz, 5,83MHz, 6,8MHz, 7,77MHz, 9,71MHz
Broj pilot šema OFDM nosilaca	8(PP1-PP8)	
Proširenje koda za korekciju grešaka	PP1 identic to ДВБ-T	
Diverziteti rad	Bit + Frequency + Time + Cell	
Maksimalni mogući bitski protok u kanalu 8 MHz	50,3 Mbit/s za 256-QAM, 32K+, k=5/6, 32K A=1/128, PP7	
Konstelacije	Rotirane ili fiksne	
Max. separacija Tx(km)	159,36 _{32K} , 134,4 _{16K} , 8MHz	

Tabela 1. Osnovni tehnički podaci DVB-T2 standarda

3. SCENARIO PREDIKCIJE PROPAGACIJE I SIMULACIJE FIZIČKOG SLOJA DVB-T2 STANDARDA

U daljem radu su predstavljeni rezultati merenja radio komponente DVB-T2 standarda. Vršeno je merenje snage signala na 27. i 28. UHF kanalu i na kraju korelacija sa rezultatima dobijenim simulacijom sistema u HTZ warfare softveru. U programskom paketu izvršena je simulacija fizičkog sloja DVB-T2 sistema i korelacija sa rezultatima dobijenim simulacijom DVB-T sistema. [4] HTZ warfare je softver koji poseduje sveobuhvatne mogućnosti radio planiranja koje omogućavaju projektovanje i optimizaciju kako vojnih, tako i civilnih komunikacionih mreža u frekvencijskim opsezima od nekoliko kHz do 450 GHz. Jedinствене funkcije elektronskog ratovanja i taktičkih komunikacija omogućavaju tačnu simulaciju ratišta za napredno planiranje misija. Sadrži kartografsku bazu podataka za ceo svet, uključujući slojeve digitalnog modela terena (DTM), klatera (pokrivke zemljišta) i geografske karte. Glavne funkcije HTZ warfare softvera su:

- Elektronski rat
- Upravljanje spektrom
- Taktičke komunikacije
- Radio planiranje

3.1. Simulacija i merenje radio komponente DVB-T2 sistema

Simulacija inicijalne mreže pilot predajnika DVB-T2 sistema na 27. UHF kanalu je izvršena u HTZ warfare softveru. Polazni elementi za formiranje projekta u HTZ warfare softveru su digitalna 3D karta terena (.geo datoteka), topografska ili geografska karta u digitalnom formatu (.img datoteka) i klateri, odnosno pokrivke terena (.sol datoteka). Prilikom simuliranja pokrivenosti terena signalom u HTZ warfare softveru, korišćena je preporuka ITU-R P.1546-3. Preporuka je predviđena za point-to-multipoint predikciju u frekvencijskom opsegu od 30 MHz do 3000 MHz i za rastojanja od 1 km do 1000 km. Za analizu rada DVB-T2 sistema upotrebljen je inicijalno definisani scenario u HTZ warfare simulatoru. Definisani standard u okviru softvera podrazumeva frekvencijski opseg od 470 MHz do 862 MHz, sa širinom kanala od 8 MHz. U softveru je simuliran jedan predajnik i dva repetitora koja se nalaze na prostoru Beograda i čiji tehnički podaci emitovanja su predstavljeni u Tabeli 2. [5]

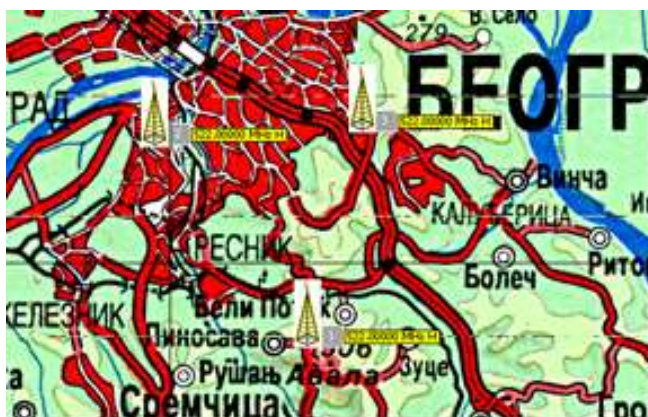
Modulaciona šema	64-QAM
Mod rada	32K
Nominalna širina kanala	8 MHz
Zaštitni interval	1/16
Kodni količnik	3/4
Pilot šema	PP4
Tip mreže	MFN/SFN
Vrsta prijema	Stationary

Ulazni mod	A
Antenski mod	SISO
PLP mod	Single
Frekvencijski mod	Normal
Zauzeta širina opsega	7.61 MHz
Trajanje zaštitnog intervala	224 μ s
Procenjen bitski protok	40.58/41.43 Mbps

Tabela 2. Tehnički podaci emitovanja

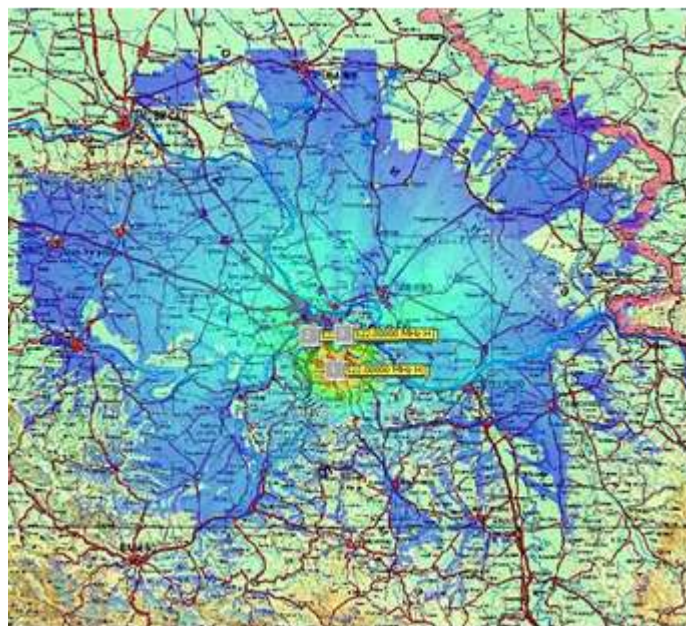
Izabrana je modulaciona šema 64-QAM koja predstavlja modulacionu tehniku sa više nosilaca. Mod rada predstavlja odabrani FFT mod rada, odnosno broj nosilaca brze Furijeove transformacije. Zaštitni interval predstavlja odnos iz kojih slede različiti vremenski intervali, čime se se omogućava pokrivanje različitih veličina servisne zone, odnosno obezbeđuje separaciju DVB-T2 predajnika. Tip mreže MFN/SFN (Multi/Single Frequency Network) označava kombinovanu mrežu, a antenski mod SISO (Single Input Single Output) označava klasičan antenski sistem sa jednom primopredajnom antenom. U simulaciji je korišćena omnidirekciona antena.

U simulatoru je postavljen jedan predajnik i dva repetitora sa svim prethodno navedenim podacima što je predstavljeno na slici 2. Brojem 1 predstavljen je predajnik na Avali, brojem 2 repetitor na Košutnjaku, a brojem 3 repetitor na Stojčinom brdu. [5]



Slika 2. Raspored predajnika i repetitora

Nakon postavljanja predajnika i repetitora izvršena je simulacija pokrivenosti terena digitalnim televizijskim signalom što je prikazano na slici 3. Plavom bojom je prikazana pokrivenost terena signalom gde postoji dovoljan nivo prijemnog signala za prijem televizijskog programa. Potreban nivo signala za adekvatnu obradu u procesu demodulacije televizijskog programa na mestu prijema je propisan u samom standardu i iznosi najmanje -137 dBm.



Slika 3. Pokrivenost terena televizijskim signalom

Da bi se verifikovao rad softvera, simuliran je krajnji korisnik na prostoru Vojne akademije, u Beogradu i simuliralan je prijem digitalnog televizijskog signala sa predajnika i sa oba repetitora. Dobijene rezultate smo kasnije uporedili sa merenim vrednostima. Merenje je izvršeno na koordinatama koje se u potpunosti poklapaju sa koordinatama korisnika u simulatoru. Za sprovedeno merenje je korišćen Tektronix Spectrum Analyzer SA2600, kojim je meren nivo prijemnog signala na svakih 180 sekundi, u periodu od 24 časa. Na slici 4. je grafički prikazana promena snage kanala u periodu od 24 časa. Na grafiku se jasno može uočiti da nivo snage kanala na prijemu nije konstantan u periodu od 24 časa. Kao relevantna veličina za korelaciju sa simuliranim vrednostima uzeta je srednja vrednost snage kanala u periodu od 24 časa. [6]



Slika 4. Grafički prikaz promene snage kanala

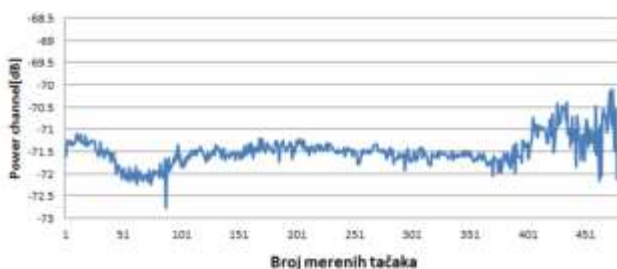
U tabeli 3. su predstavljene vrednosti snage kanala na prijemu. Prvo su predstavljene snage kanala dobijene simulacijom. Pri simulaciji je moguće proceniti nivo snage kanala koju čini signal koji potiče sa svakog od predajnika, odnosno repetitora. Nakon toga je predstavljena srednja vrednost snage kanala dobijena merenjem snage kanala u realnom vremenu.

R.B.	Lokacija predajnika(prijemnika)	Snaga kanala na prijemu [dBm]
Podaci dobijeni simulacijom		
1.	Avala	-77.85
2.	Košutnjak	-74.48
3.	Stojčino brdo	-101.23
Podaci dobijeni merenjem na mestu prijema		
1.	Vojna akademija	-75.64

Tabela 3. Snaga kanala na prijemu

S obzirom na to da nivo signala nije bio konstantan u toku 24 časa, za vreme emitovanja pilot predajnika na 27. UHF kanalu, meranja su vršena i nakon prelaska predajnika na Avali na 28. UHF kanal. Na 28. UHF kanal se prešlo zbog toga što je planom raspodele kanala u Republici Srbiji (po zonama), teritoriji oko Beograda dodeljen 28. UHF kanal, a 27. UHF kanal se koristio zbog zauzeća 28. UHF kanala.

Nakon tih merenja je utvrđeno da je snaga signala u kanalu ne varira, nego je relativno konstantna, što se može videti na slici 5. [7]



Slika 5. Grafički prikaz promene snage kanala na 28. UHF kanalu

3.2. SIMULACIJA DVB-T2 STANDARDA U MATLAB SOFTVERSKOM PAKETU

MATLAB je okruženje za numeričke proračune i programski jezik koji proizvodi firma MathWorks. MATLAB omogućava lako manipulisanje matricama, prikazivanje funkcija i fitovanje, implementaciju algoritama, stvaranje grafičkog korisničkog interfejsa, kao i povezivanje sa programima pisanim u drugim jezicima. Korišćeni model primopredajnika modelovan je prema ETSI EN 302 755 standardu. Standard propisuje dizajn predajnika i postavlja uslove minimalnih performansi za prijemnik. Model se sastoji od sledećih komponenti, odnosno blokova:

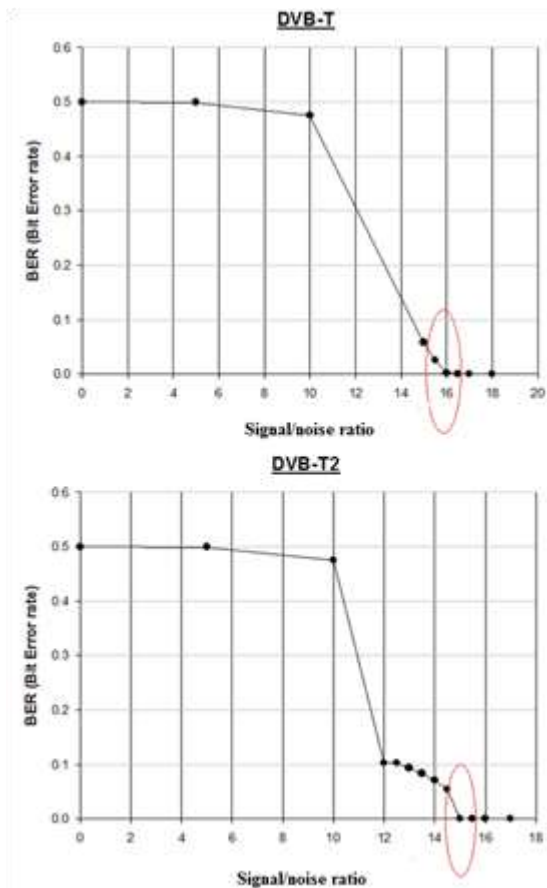
- „Random integer generator“ bloka, koji generiše slučajno ravnomerno (uniformno) raspoređene cele brojeve u opsegu $[0, M-1]$;
- „LDPC (Low Density Parity Check) blok kodera“ – u teoriji informacija poznat kao kod za proveru parnosti sa niskom koncentracijom. To je jedna od metoda za prenos signala u prisustvu šuma. LDPC ne može da garantuje savršen prenos, ali je verovatnoća gubitka podataka značajno smanjena;

- „BHC blok kodera“ – namenjen za ispravljanje cikličnih grešaka kodova koji su izgrađeni korišćenjem konačnih polja;
- „Convolutional interleaver“ bloka, koji se sastoji od konvolucionarnog interlivera i bloka za konverziju celog broja u njegovu bitsku vrednost;
- „Rate punctured convolutional code“ bloka, koji vrši kodovanje svakog kodovanog bloka kodnim količnikom koji je moguće odabrati prilikom simulacije testiranja primopredajnika;
- „DVB-T inner interleaver“ bloka, koji vrši unutrašnje učešljavanje bita;
- „DVB-T mapper“ bloka, koji vrši modulaciju dobijenog signala, modulacijom koju korisnik može da odabere unutar postojećeg modela i
- „OFDM transmitter“ bloka.

U toku simulacije moguće je odabrati FFT (Fast Fourier transformation) mod rada koji predstavlja broj nosilaca diskretne Furijeove transformacije. Ovaj model predstavlja nehijerarhijski način prenosa, pošto mogućnost hijerarhijskog načina prenosa predstavlja prenos dva nezavisna DVB-T2 multipleksa na jednoj frekvenciji. U daljoj analizi odabran je FFT 2K mod rada. FFT 2K mod rada predstavlja 1705 nosilaca koji su približno 4 kHz odvojeni jedan od drugog. Nakon predajnika u simulacionom modelu nalazi se kanal sa aditivnim belim gausovim šumom (AWGN-Additive white Gaussian noise). AWGN predstavlja osnovni model šuma u teoriji informacija koji oponaša slučajne procese iz prirode. Tokom simulacije vršene su promene odnosa signal/šum u kanalu. U prijemnom delu simulacionog modela vrši se analiza signala nakon prolaska kroz kanal, odnosno vrši se merenje BER-a.

Prilikom simulacije odabrana je 64-QAM modulacija, odnosno kvadratna amplitudska modulacija. Odabran je FFT mod rada 2k i kodni količnik $\frac{3}{4}$. Ovi parametri su odabrani kako bi se izvršila korelacija sa simulacionim modelom DVB-T, kod koga su prilikom simulacije postavljeni isti parametri kao i kod simulatora DVB-T2. Razlika ova dva standarda je u tome što DVB-T2 simulator vrši kodovanje pomoću LDPC i BCH kodova, dok DVB-T simulator primopredajnog sistema vrši kodovanje pomoću RS konvolucionog koda. S obzirom na to da se radi o dva različita standarda, merenja nisu vršena za svaki odnos signal/šum, za svaki standard, pošto se prilikom uzastopnih merenja uvidelo da su različite granice odnosa signal/šum pri kojima nema greške na prijemu.

Na osnovu dobijenih rezultata merenja u programskom paketu SigmaPlot izrađeni su grafici zavisnosti BER i odnosa signal/šum i prikazani na slici 6.

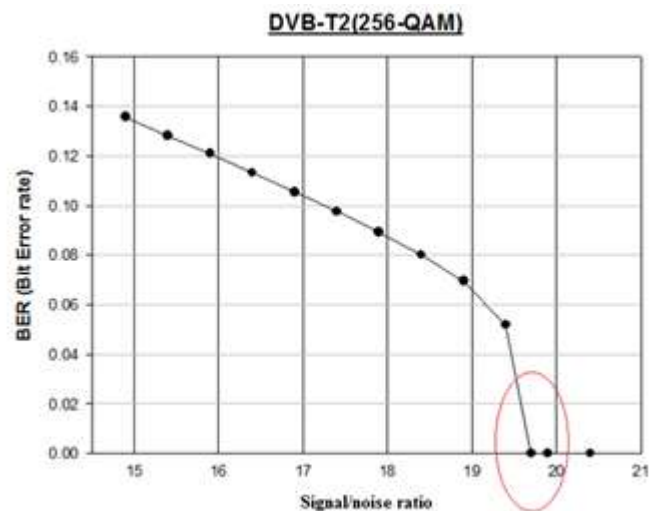


Slika 6. Zavisnost BER-a od odnosa signal/šum DVB-T i DVB-T2 standarda

Na osnovu grafika jasno se može videti da je BER za DVB-T2 standard jednak nuli za odnos signal/šum 14.5 dB, dok je BER za DVB-T standard jednak nuli za odnos signal/šum 16 dB, čime se pokazuje unapređenje standarda DVB-T2 u odnosu na DVB-T standard.

S obzirom na to da se poboljšanje DVB-T2 standarda ogleda i u tome što u odnosu na DVB-T standard ima modulacionu šemu 256-QAM, izvršeno je i merenje BER-a korišćenjem ove modulacije i FFT moda rada 32k, pošto je i to modifikacija u odnosu na predhodni standard.

Modulaciona šema 256-QAM je manje otporna na smetnje u odnosu na 64-QAM modulacionu šemu, pa je odnos signal/šum menjan u opsegu 14.9 do 19.9 dB sa korakom od 0.5 dB kako bi se tokom merenja ranije došlo do trenutka kada je BER jednak nuli. Na grafiku koji je prikazan na slici 15., crvenim krugom je označeno mesto gde je BER jednak nuli.



Slika 7. Merenje BER-a od odnosa signal/šum za modulacionu šemu 256-QAM

4. ZAKLJUČAK

Prilikom korelacije, odnosno upoređivanja rezultata dobijenih simulacijom u HTZ warfare softveru i rezultata dobijenih merenjem snage signala, može se uočiti da prijemnik demoduliše signal sa onog predajnika, odnosno repetitora sa kojeg u datom momentu potiče signal najvišeg inteziteta. Određene razlike između rezultata dobijenih merenjem i rezultata dobijenih simulacijom javljaju se jer se prijemna antena u toku sprovedenog merenja nalazila u zatvorenom prostoru, a prilikom simulacije nalazila se na otvorenom prostoru na visini od 10 m, tako da određena slabljenja unosi sama građevina. Kao preporuka JP Emisiona Tehnika i Veze, koje je sprovelo integraciju ovog sistema u našoj zemlji, navodi se da bi prijemna antena trebalo da se nalazi na visini od bar 10 m.

Prilikom analize rezultata dobijenih simulacijom fizičkog sloja DVB-T2 standarda, može se zaključiti da je granična vrednost odnosa signal/šum u kanalu sa Aditivnim belim Gausovim šumom $S/N=15$ dB, pri kojem nema BER-a na prijemu, dok je za DVB-T standard odnos signal/šum $S/N=16.5$ dB, prilikom korišćenja istih emisionih parametara. Sa predočenih grafika jasno se može uočiti napredak, odnosno poboljšanje DVB-T standarda druge generacije, u pogledu smanjenja osetljivosti prijemnika prilikom modelovanja istog. Takođe je pokazano da se upotrebom 256-QAM modulacije povećava odnos signal/šum, odnosno jednak je $S/N=19.7$ dB. Ovim merenjem pokazano je da što je kompleksnija modulaciona šema, potrebni je veći odnos signal/šum, kako na prijemu ne bi bilo greške u prenosu. Cilj ove simulacije je bio da se utvrdi poboljšanje standarda u odnosu na predhodnu generaciju, što je i pokazano.

Rezultati ove simulacije su značajni iz razloga što je prema standardu ETSI EN 302 755 ostavljena otvorena mogućnost za različita implementacijska rešenja za obradu signala na prijemu. Prijemnici se modeluju tako da mogu da obrađuju signale nezavisno od emisionih parametara, odnosno modulacionih šema, nego za

kompletan standard, tako da se osetljivost prijemnika prilagođava najkompleksnijoj modulaciji, odnosno najvećem potrebnom odnosu signal/šum. Jedno od rešenja bi svakako bilo i to da se obrada signala na prijemu razvrsta na više celina, odnosno da se obrada signala vrši za svaku modulacionu šemu posebno, za šta bi bilo potrebno da u jednom prijemnom uređaju postoji više prijemnika.

Pored toga, rezultati ove simulacije mogu se upotrebiti i za neka sledeća ispitivanja postojećeg modela kao što je na primer uticaj pojedinih blokova na poboljšanje osetljivosti prijemnika, kao i analizu sistema u slučaju korišćenja različitih propagacionih kanala.

LITERATURA

- [1] Strategija za prelazak sa analognog na digitalno emitovanje radio i televizijskog programa u republici Srbiji ("Sl. glasnik RS", br. 52/2009, 18/2012 i 26/2013).
- [2] D. Marković, „Šta treba da znate o digitalnoj televiziji“, časopis “Radio amater“, br. 4, Srbija, 2012.
- [3] M. Mijatović, “Prvo eksperimentalno DVB-T2 emitovanje u Srbiji“, TELFOR, Beograd, 2009.
- [4] D. Marković, „DVB-T (Terestička Digitalna Televizija)“, Akademska misao, Beograd 2008.
- [5] ATDI Training Resource- HTZ warfare nG
- [6] S. Kerešević, D. Lazović, J. Bajčetić, B. Mihailov, Lj. Reljin, „Simulacija i merenje pojedinih parametara DVB-T2 sistema na 27. UHF kanalu“, YUINFO 2015.
- [7] D. Lazović, S. Kerešević, J. Bajčetić, B. Mihailov, Lj. Reljin, „Upotreba HTZ warfare softvera za planiranje TETRA radio mreže“, YUINFO 2015.

Analiza estimacije obeležja ciljeva višekomponentnog modelovanog radarskog signala primenom čestičnog filtera i metoda digitalne obrade slike

Analysis of the multicomponent modeled radar signal target features estimation using particle filters and digital image processing methods

Davorin Mikluc¹, Milenko Andrić¹, Dimitrije Bujaković¹
Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu¹

Sadržaj – Estimacija obeležja ciljeva zasnovana na modelovanom radarskom signalu je analizirana u ovom radu. Upoređene su tri transformacije za vremensko-frekvencijsku raspodelu energije signala. Tehnikama za određivanje praga na osnovu histograma (Otsu i Tsai metoda), primenjenim na opisanim transformacijama, izdvojene su komponente signala. Estimacija obeležja ciljeva je izvršena čestičnim filterom sa nelinearnim modelom estimacije energije signala u jednom vremenskom binu. Dobijeni rezultati pokazuju da primena Otsu metode na spektrogramu i čestičnog filtera obezbeđuje kvalitetno izdvajanje i procenu obeležja ciljeva.

Abstract – Target feature estimation based on a modelled radar signal is analysed in this paper. Three transformations for time-frequency distribution of signal energy were compared. The signal components were extracted using histogram based technics (Otsu and Tsai methods) applied on the described time-frequency distributions. The target feature estimation was conducted by particle filter with nonlinear estimation model for one time bin. The obtained results show that using the combination of Otsu method and particle filter provides high quality of extraction and estimation of target features.

1. UVOD

Problem procene trenutnih frekvencija višekomponentnog signala je veoma složen. U prethodnim godinama, različiti pristupi i rešenja ovog problema su predloženi. U [1-6] su primenjene različite metode i algoritmi za procenu trenutne frekvencije. Jedna od osnovnih tehnika za procenu trenutne frekvencije je tehnika koja se zasniva na maksimumu raspodeljene energije signala u vremensko-frekvencijskoj ravni. Osim trenutne frekvencije, mogu se izdvojiti i druga obeležja signala, kao što su amplituda, faza, broj komponenti i dr. Procena svakog od navedenih obeležja podrazumeva proširen estimator stanja i uvećan matematički aparat koji opterećuje rad procesora i memorijski kapacitet. Jedan od načina kojim bi se procenjivala obeležja u okviru jednog nelinearnog modela opisan je u [7,8]. U ovim istraživanjima je upotrebljena vremensko-frekvencijska raspodela energije (VFRE) signala, čijom filtracijom su izdvojena i procenjena obeležja signala. Na ovaj način se može klasifikovati različiti broj i vrsta ciljeva. U [7,8] je estimacija obeležja ciljeva izvršena bez predprocesuiranja. Jedan od mogućih filtriranja VFRE je primenom tehnika za obradu slike, pre svega metoda za segmentaciju slike na osnovu

histograma, čime bi se povećao kvalitet estimacije, [5]. Upotreba vremensko-frekvencijske raspodele energije signala je posebno značajna u analizi višekomponentnih signala. U [9-12] dat je pregled najčešće korišćenih transformacija kojima se izračunavaju VFRE signala. Tehnike za filtriranje VFRE, kojima bi se unapredio kvalitet procene nelinearnih procesa se uglavnom zasnivaju na primeni čestičnog filtera. Različiti primeri čestičnog filtera su obrađeni u [13-16].

Ideja ovog rada je izdvajanje i procena obeležja signala, odnosno ciljeva na osnovu vremensko-frekvencijske raspodele energije sa predobradom. U toku predobrade korišćene su tehnike za segmentaciju slike na osnovu histograma, [17,18]. Estimacija parametara višekomponentnog signala je urađena primenom čestičnog filtra sa nelinearnim modelom estimacije.

2. VREMENSKO-FREKVENCIJSKE RASPODELE SIGNALA

Vremensko-frekvencijske raspodele energije koje su primenjene u ovom radu su: spektrogram, Wigner-Ville-ova (WVR) transformacija i modifikovana B raspodela (MBR). Izbor ovih raspodela je uslovljen njihovom čestom upotrebom pri obradi različitih vremenski nestacionarnih signala. Matematički opis ovih raspodela dat je sledećim izrazima:

Spektrogram, [4]

$$S(n, k) = \left| \sum_{l=-N_w/2}^{N_w/2} w(l)z(n+l)e^{-j\frac{2\pi}{N_w}lk} \right|^2 \quad (1)$$

Modifikovana B raspodela, [4]

$$MBR(n, k) = \sum_{l=-N_w/2}^{N_w/2} \frac{\cosh^{-2\beta}(n-l)}{\sum_n \cosh^{-2\beta} n} z(n+l)z^*(n-l)e^{-j\frac{4\pi}{N_w}lk} \quad (2)$$

Wigner-Ville raspodela, [4]

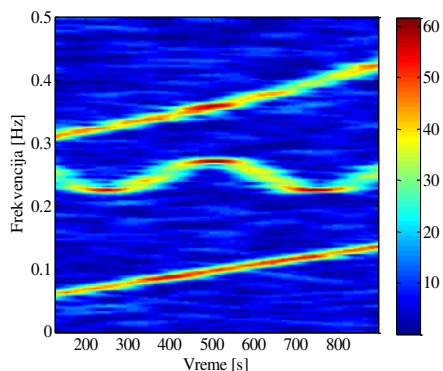
$$WVR(n, k) = \sum_{l=-N_w/2}^{N_w/2} w(l)w^*(-l)z(n+l)z^*(n-l)e^{-j\frac{4\pi}{N_w}lk} \quad (3)$$

Analiza prednosti i nedostataka svake od razmatranih metoda biće sprovedena na modelovanom trokomponentnom signalu. Signal je konstante amplitude 1 V, trajanja 1024 sekunde sa periodom odabiranja od 1 s, pri čemu su frekvencijske komponente:

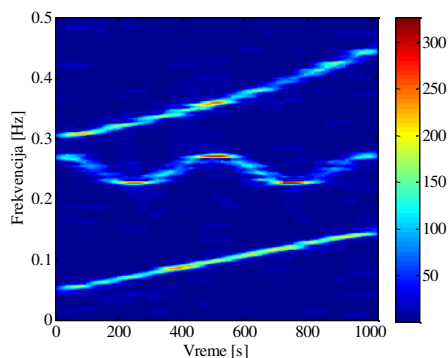
$$f_1(n) = 9.8 \cdot 10^{-2.5} n + 0.05, \quad (4)$$

$$f_2(n) = 12.5 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cos(2\pi \cdot 2 \cdot 10^{-3} n) + 0.25, \quad (5)$$

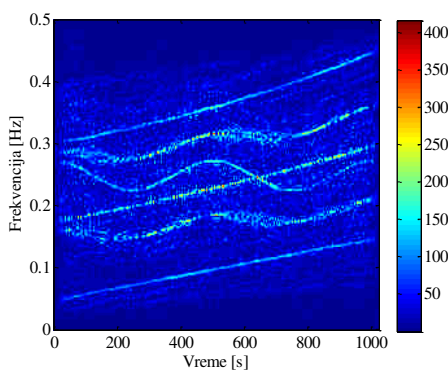
$$f_3(n) = 0.3 / (1 - 3.3 \cdot 10^{-4} n). \quad (6)$$



a)



b)



c)

Slika 1. Vremensko-frekvencijska raspodela energije modelovanog signala računata primenom: a) spektrograma, b) modifikovane B raspodele, c) Wigner-Ville raspodele

Ovako generisan signal može odgovarati radarskom signalu sa tri cilja od kojih prvi konstantno ubrzava, drugi menja brzinu kretanja prema kosinusnom zakonu i treći ubrzava kretanje recipročno s vremenom. Na slici 1 su prikazane razmatrane tehnike raspodele energije analiziranog signala. Za računanje ovih raspodela korišćen je pravougaoni prozor dužine 256 odbiraka, pri čemu je preklapanje susednih prozora 255, dok je broj tačaka u kojima se računa diskretna Furijeova transformacija 2048. Analizom slike 1 uočava se da je visina energije VFRE na istim frekvencijskim komponentama za spektrogram manja od druge dve

razmatrane raspodele. Pored ovoga, sa slike 1c) može se primetiti da primenom Wigner-Ville raspodele dolazi do pojave interferencija komponenti što dovodi do pojave frekvencijskih komponenti koje se ne nalaze u originalnom signalu.

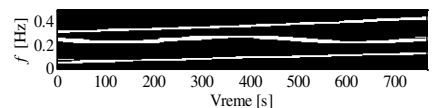
3. PRIMENA METODA ZA SEGMENTACIJU SLIKE ZA IZDVAJANJE KOMPONENTI

Jedan od načina za automatsko određivanje broja ciljeva u jednom vremenskom binu VFRE signala je uvođenje praga energije. Međutim, usled nejednake raspodele energije usvajanjem fiksne vrednosti praga ne može se odrediti ukupan broj frekvencijskih komponenti. Usled toga, u ovom istraživanju korišćene su metode segmentacije slike na osnovu histograma. Kako vremensko-frekvencijska raspodela energije signala predstavlja dvodimenzionalni signal, korišćene su metode koje su predložili Otsu [18] i Tsai [19]. Nakon normiranja vrednosti analiziranih VFRE modelovanog signala, rezultati praga I_T svake od razmatranih tehnika prikazani su u tabeli 1.

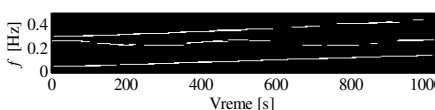
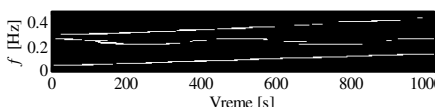
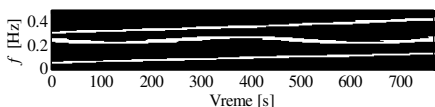
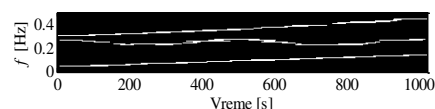
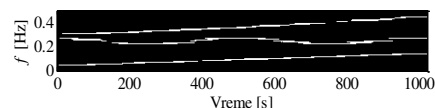
	Spektrogram	MBD	WVD
Otsu	0.3294	0.1961	0.1647
Tsai	0.3020	0.2275	0.2196

Tabela 1. Vrednosti praga I_T za primenjene VFRE modelovanog signala

Na osnovu određenih vrednosti pragova I_T korišćenjem obe analizirane metode, izvršena je segmentacija vremensko-frekvencijske raspodele energije signala. Na slici 2 prikazani su rezultati segmentacije.



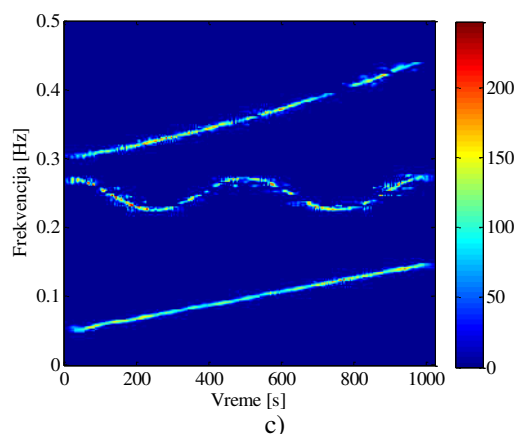
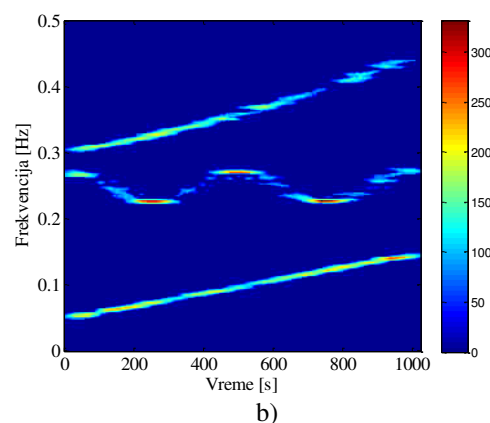
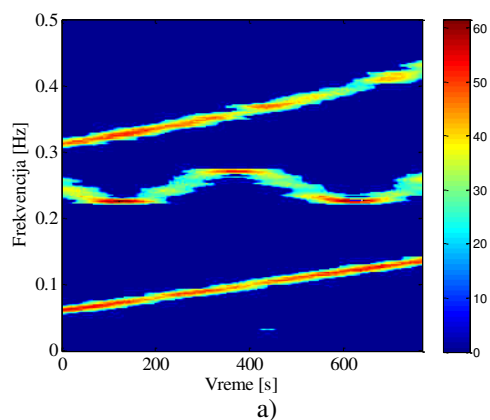
a)



b)

Slika 2. Rezultati segmentacije VFRE na osnovu praga dobijenog primenom: a) Otsu metode, b) Tsai metode

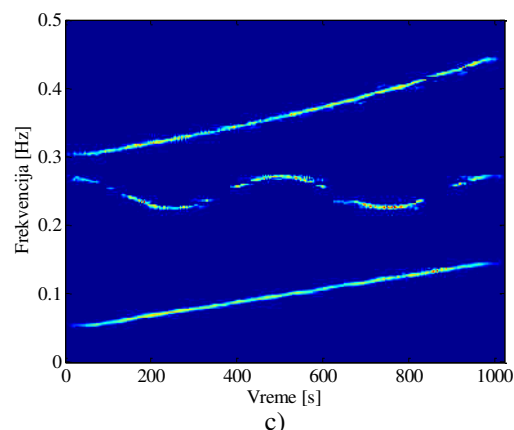
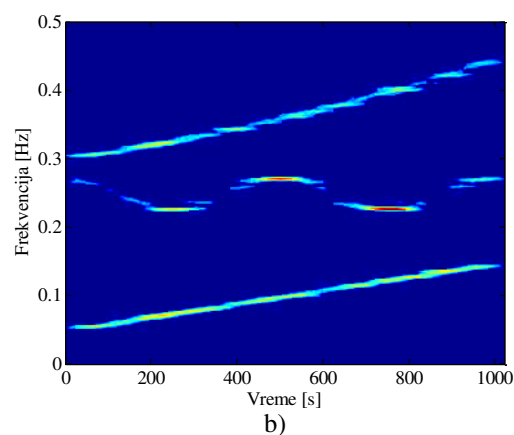
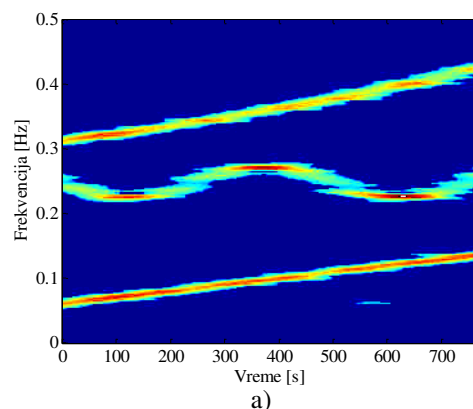
Korišćenjem rezultata segmentacije analiziranih VFRE prikazanih na slici 2, na slikama 3 i 4 prikazane su vremensko-frekvencijske raspodele energije analiziranog signala nakon segmentacije pragovima datim u tabeli 1.



Slika 3. Vremensko-frekvencijska raspodela energije modelovanog signala nakon segmentacije Otsu-ovom metodom: a) spektrogram, b) modifikovana B raspodela, c) Wigner-Ville-ova distribucija

Na osnovu slika 3 i 4 može se uočiti da se primenom metoda za segmentaciju vremensko-frekvencijske raspodele energije, mogu izdvojiti vrednosti maksimuma energija. Broj ovih maksimuma određuje broj detektovanih komponenti, odnosno broj ciljeva u okruženju izviđačkog radara. Analizom slika 3 i 4 mogu se uočiti i diskontinuiteti energije u sukcesivnim vremenskim binovima. Ovi diskontinuiteti mogu dovesti

do pogrešnog zaključka o ponašanju ciljeva. Na osnovu slika 3 i 4, uočava se da su ovi diskontinuiteti izraženi u slučaju primene Tsai metode.



Slika 4. Vremensko-frekvencijska raspodela energije modelovanog signala nakon segmentacije Tsai-ovom metodom: a) spektrogram, b) modifikovana B raspodela, c) Wigner-Ville-ova distribucija

Pored zaključka o prednosti metode segmentacije koju je predložio Otsu, analizom slika 3 i 4 primećuje se da se korišćenjem spektrograma obezbeđuje kontinuitet izdvojenih komponenti modelovanog višekomponentnog signala. Na osnovu ove analize, u narednom poglavlju razmatrana je procena trenutnih frekvencija višekomponentnog modelovanog signala primenom čestičnog filtera i segmentovanog spektrograma metodom segmentacije koju je predložio Otsu.

4. ESTIMACIJA PARAMETARA VFRE

Model estimacije parametara vremensko-frekvencijske raspodele energije signala koji je predstavljen u [7,8,11] je upotrebljen u ovom radu i predstavlja raspodelu energije u jednom vremenskom binu VFRE. Model estimacije je dat izrazom:

$$S_e(n, \omega)^{(i)} = a^{(i)} e^{-\frac{(\omega_b(n)^{(i)} - \omega)^2}{s(n)^{(i)2}}} \quad (7)$$

gde je ω niz diskretnih tačaka unutar opsega $[0 - \pi]$ rad/s, koje predstavljaju kružne učestanosti u kojima se izračunavaju koeficijenti vremensko-frekvencijske transformacije u n -tom vremenskom trenutku. Parametar s predstavlja rasipanje energije oko frekvencijske komponente, dok je ω_o procenjena kružna frekvencija, a indeks i označava redni broj čestice čestičnog filtera.

Svaka čestica sadrži navedene parametre čija je pretpostavljena raspodela Gausova:

$$a^{(i)}(n) = a^{(i)}(n-1) + N(0, \sigma_a^2), \quad (8)$$

$$s^{(i)}(n) = s^{(i)}(n-1) + N(0, \sigma_s^2). \quad (9)$$

Parametar $\omega_o^{(i)}(n)$ opisan je modelom procesa kroz sledeći izraz:

$$\omega_o^{(i)}(n) = FX^{(i)} + Q \quad (10)$$

gde je $X^{(i)}$ vektor stanja sa dva elementa,

$$X^{(i)} = \begin{bmatrix} \omega_o^{(i)} \\ v_\omega^{(i)} \end{bmatrix}, \quad (11)$$

F matrica prelaza stanja,

$$F = \begin{bmatrix} 1 & T \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (12)$$

a Q matrica šuma procesa sa Gausovom raspodelom.

$$Q = \begin{bmatrix} \frac{T^3}{3} & \frac{T^2}{2} \\ \frac{T^2}{2} & T \end{bmatrix} \mathcal{N}(0, \sigma_v^2). \quad (13)$$

Verovatnoće svake od čestica se izračunavaju prema (14), u kojoj se vidi kompleksna zavisnost proračuna. Veoma značajan kriterijum je da verovatnoća zavisi od broja i vrednosti energije svake od komponenata signala.

$$p(n)^{(i)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_I(n)} e^{-\frac{I(n)^{(i)2}}{2\sigma_I^2(n)}} \quad (14)$$

gde se $I(n)^{(i)}$ i σ_I proračunavaju:

$$I(n)^{(i)} = \sum_{d=1}^{N_f/2} \left(S_e(n, \omega)^{(i)} - S(n, \omega) \right)^2 \quad (15)$$

$$\sigma_I(n) = M \sqrt{\prod_{1}^M b_{e,m}(n-1)} \quad (16)$$

pri čemu je M broj komponenti signala, a S izračunata VFRE. Težinski koeficijenti čestica izračunati u (14) se sada nakon normiranja prevode u verovatnoću:

$$w(n)^{(i)} = p(n)^{(i)} \left(\sum_{l=1}^N p(n)^{(l)} \right)^{-1} \quad (17)$$

U sledećem koraku vrši se estimacija trenutne frekvencije $f_{e,m}$ svake od m -te frekvencijske komponente, maksimuma a_e i standardne devijacije s_e VFRE u k -tom prozoru za m -tu komponentu u skladu sa sledećim izrazima:

$$f_{e,m}(n) = (2\pi)^{-1} \sum_{i=1}^N w(n)^{(i)} \omega_{o,m}(n)^{(i)} \quad (18)$$

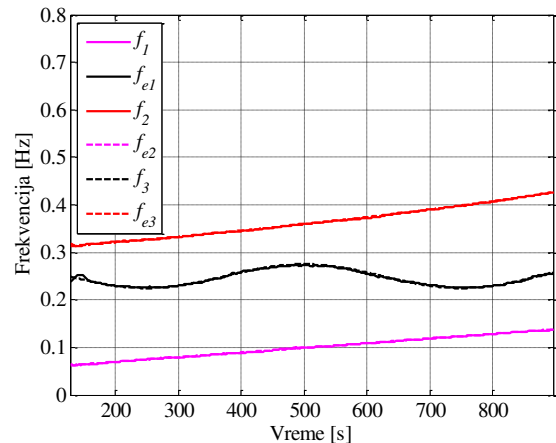
$$b_{e,m}(n) = \sum_{i=1}^N w(n)^{(i)} b_m(n)^{(i)} \quad (19)$$

$$s_{e,m}(n) = \sum_{i=1}^N w(n)^{(i)} s_m(n)^{(i)} \quad (20)$$

Poslednji korak je primena metode, [19] za filtriranje čestica na osnovu njihovih verovatnoća a zatim odstranjivanje i umnožavanje čestica za narednu iteraciju.

5. REZULTATI

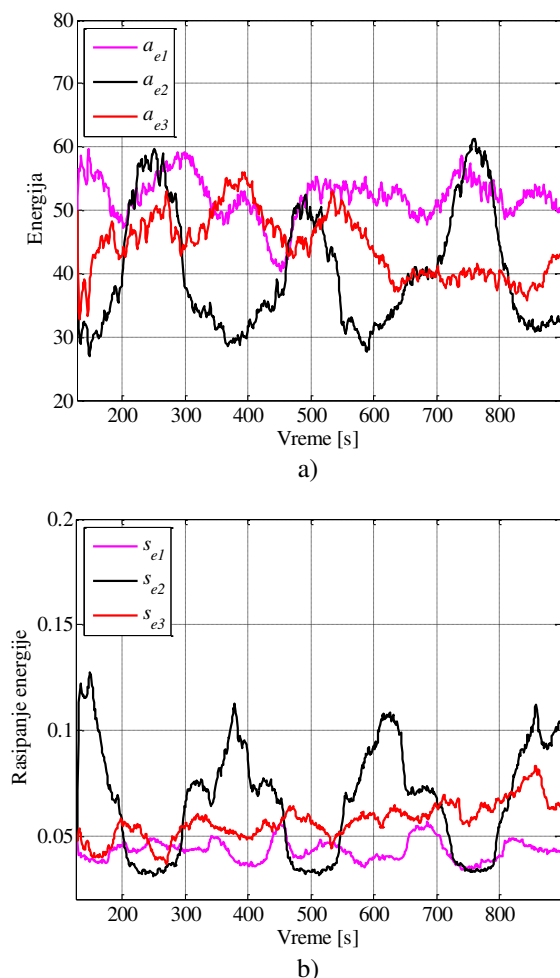
U ovom straživanju modelovan je višekomponenti radarski signal, čije su frekvencijske komponente opisane relacijama (4)-(6). Rekurzivni algoritam estimacije koji sadrži čestični filter je primenjen na spektrogram ovog signala nakon segmentacije pragom određenim Otsu metodom. Na slici 5 prikazane su generisane i estimirane vrednosti trenutnih frekvencija analiziranog signala.



Slika 5. Estimirane i generisane trenutne frekvencije analiziranog signala

Analizom slike 5 može se primetiti da estimirane vrednosti trenutnih frekvencija u potpunosti prate generisane frekvencije. Najveća greška koja se može uočiti sa ove slike je u početku praćenja frekvencije koja se sinusoidalno menja, ali se ova greška smanjuje u daljem toku estimacije.

Na slici 6 prikazane su estimirane vrednosti parametara ciljeva korišćenjem čestičnog filtera.



Slika 6. Procenjene vrednosti komponenata signala: a) maksimalnih vrednosti energija, b) vrednosti rasipanja energija

Kvalitet procene maksimalnih vrednosti energije frekvencijskih komponenata sadrži informacije o amplitudi svake komponente, kao i o jačini snage signala u odnosu na šum. Analizom slike 6a) može se primetiti da je vrednost maksimuma druge komponente promenljiva u skladu sa promenom frekvencije ove komponente.

Kako ciljevi imaju različitu estimiranu vrednosti VFRE, rasipanje energije oko estimirane trenutne frekvencije predstavlja važno obeležje koje može biti korišćeno za klasifikaciju ciljeva. Na osnovu slike 6b) može se uočiti da svakoj od komponenti analiziranog signala odgovaraju različite procenjene vrednosti rasipanja energije oko procenjene trenutne frekvencije. U daljem radu planira se rad na klasifikaciji ciljeva korišćenjem ovog obeležja.

6. ZAKLJUČAK

U radu su predstavljene vremensko frekvencijske raspodele energije spektrogramom, modifikovanom B i Wigner-Ville-ovom raspodelom na modelovanom višekomponentnom radarskom signalu. Na ovako izračunatim vremensko-frekvencijskim raspodelama energija primenjene su metode za segmentaciju slike na osnovu histograma, kako bi se automatski odredio broj komponenata signala. Na osnovu najmanjeg diskontinuiteta maksimuma energije, kao optimalna metoda izabran je spektrogram. Za spektrogram nakon segmentacije, izvršena je estimacija parametara analiziranog višekomponentnog signala. Kvalitet estimacije parametara je potvrđen kroz uporedni prikaz procenjenih i generisanih trenutnih frekvencija, ali kroz grafike procenjenih vrednosti maksimuma i rasipanja energije. U daljem istraživanju posebna pažnja će biti posvećena klasifikaciji radarskih signala na osnovu estimiranih parametara, kao i rešavanju problema diskontinuiteta maksimuma frekvencija.

LITERATURA

- [1] Davorin Mikluc; Milenko Andrić; Boban Bondžulić; Srđan Mitrović; *Analiza primene Rao-Blackwell-izovanog partikal filtera u estimaciji frekvencija višekomponentnog audio signala*, INFOTEH-JAHORINA, BiH, Vol. 13, March 2014., pp. 466-470.
- [2] Davorin Mikluc, Srđan T. Mitrović, Milenko Andrić, *Uporedna analiza estimacije trenutnih frekvencija višekomponentnog signala partikal filterom i IMM algoritmom*, ETRAN 2014, Vrnjačka banja
- [3] Boashash, Boualem. *Estimating and interpreting the instantaneous frequency of a signal. I. Fundamentals*. Proceedings of the IEEE 80.4 (1992): 520-538.
- [4] Boashash, Boualem, *Time frequency signal analysis and processing*, Gulf Professional Publishing, 2003.
- [5] Rankine, Luke, Mostefa Mesbah, and Boualem Boashash, *IF estimation for multicomponent signals using image processing techniques in the time-frequency domain*, Signal Processing 87.6 (2007): 1234-1250.
- [6] La Scala, Barbara F., and Robert R. Bitmead. *Design of an extended Kalman filter frequency tracker*, ICASSP. IEEE, 1994.
- [7] Davorin Mikluc, Dimitrije Bujaković, Milenko Andrić and Slobodan Simić, *Estimation and extraction of radar signal features using modified b distribution and particle filters*, Frekvenz, Journal of RF-Engineering and Telecommunications, Vol. 70, Issue 9-10, September 2016, pp. 417-427.
- [8] Davorin Mikluc, Milenko Andrić, Dimitrije Bujaković i Goran Dikić, *Novi pristup primene partikal filtera u proceni parametara signala*, Зборник 60. конференције за електронику, телекомуникације, рачунарство, аутоматику и нуклеарну технику ЕТРАН 2016, Златибор, 13.-16. јуна 2016. године, стр. АУ1.7.1-6.

- [9] Boashash, Boualem. Time-frequency signal analysis and processing: a comprehensive reference. Academic Press, 2015.
- [10] Sejdić, Ervin, Igor Djurović, and Jin Jiang. "Time-frequency feature representation using energy concentration: An overview of recent advances." *Digital Signal Processing* 19.1 (2009): 153-183.
- [11] Everitt, Richard Geoffrey, Cindie Andrieu, and Matthieu Davy. "Online Bayesian inference in some time-frequency representations of non-stationary processes." *Signal Processing, IEEE Transactions on* 61.22 (2013): 5755-5766.
- [12] Ivanović, Veselin N., Miloš Daković, and Ljubiša Stanković. *Performance of quadratic time-frequency distributions as instantaneous frequency estimators*, Signal Processing, *IEEE Transactions on* 51.1 (2003): 77-89.
- [13] Valyrakis, A., Tsakonas, E. E., Sidiropoulos, N. D., & Swami, A. (2009). *Stochastic modeling and particle filtering algorithms for tracking a frequency-hopped signal*, Signal Processing, *IEEE Transactions on*, 57(8), 3108-3118.
- [14] Liu, Bin. *Instantaneous frequency tracking under model uncertainty via dynamic model averaging and particle filtering*, Wireless Communications, IEEE Transactions on 10.6 (2011): 1810-1819.
- [15] Tsakonas, Efthimios E., Nicholas D. Sidiropoulos, and Ananthram Swami. *Optimal particle filters for tracking a time-varying harmonic or chirp signal*, Signal Processing, *IEEE Transactions on* 56.10 (2008): 4598-4610.
- [16] Lerga, Jonatan, Victor Sucic, and Boualem Boashash. *An efficient algorithm for instantaneous frequency estimation of nonstationary multicomponent signals in low SNR*, EURASIP Journal on Advances in Signal Processing 2011.1 (2011): 1-16.
- [17] Otsu, Nobuyuki. *A threshold selection method from gray-level histograms*, Automatica 11.285-296 (1975): 23-27.
- [18] Tsai, Wen-Hsiang. *Moment-preserving thresholding: A new approach*, Computer Vision, Graphics, and Image Processing 29.3 (1985): 377-393.
- [19] Gordon, Neil J., David J. Salmond, and Adrian FM Smith. *Novel approach to nonlinear/non-Gaussian Bayesian state estimation*, Radar and Signal Processing, IEEE Proceedings F. Vol. 140. No. 2. IET, 1993.

Automatizacija rada tiristorskih kola za upravljanje jednosmernim motorom primenom LABVIEW

Automatisation of thyristor circuit work for DC motor control using software LABVIEW

Aleksandar Nikolić¹, Davorin Mikluc¹, Milena Vukic²
 Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu¹
 Visoka hotelijerska skola²

Sadržaj —Postupak upotrebe softverskog paketa LABVIEW i kartice NI USB-6212 u automatizaciji rada i akviziciji podataka kompleta za upravljanje jednosmernim motorom sa tiristorskim kolima je prikazan u ovom radu. Tiristorska kola je se kontolišu softverski i preko A/D konvertora. Složenost formiranja bajta za komunikaciju kao i analizu prikljupenog bajta je detaljno opisan. Eksperiment je sproveden pri upravljanju jednosmernim motorom napona naponom od 45 V. Rezultati prikupljenih podataka su prikazani graficima u LABVIEW softveru.

Abstract —The paper presents the process of applying LABVIEW software package and NI USB-6212 card in automatization and data acquisition on a lab set made for running a D/C engine with thyristor circuits. Thyristor circuits are controlled through software and A/D convertor. The complexity of creating a communication bite and analysing the acquired data has been described in detail. The experiment has been conducted while running a D/C engine by means of thyristor circuits, while the output figures were obtained from tachogenerator and incremental optical encoder. Running and measuring were done and presented in LABVIEW graphs.

1. UVOD

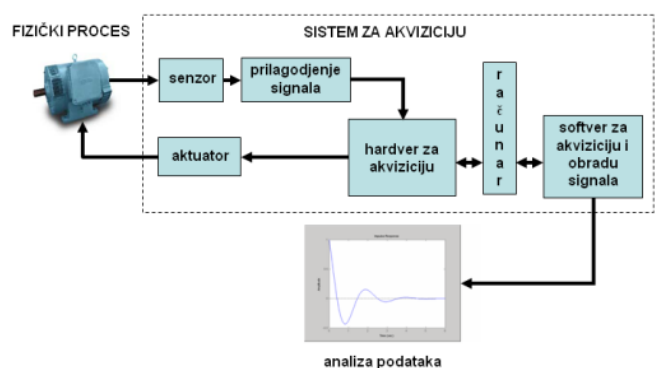
Procesi upravljanja sistemima su veoma zahtevni. Kompleksnost rad zahteva znanja iz različitih oblasti. Osnovna znanja u oblasti automatskog upravljanja sistema su data u [1,2]. Današnji sistemi automatskog upravljanja su većinom digitalni i kao takvi veoma su pogodni za obradu signala, upravljanje i prikupljanje podataka. Međutim, stariji sistemi, pre digitalizacije, su takođe bili veoma pouzdani, ali u tadašnjem nedostatku računarske tehnologije, korištena su digitalna kola i A/D, D/A konvertori. Osnove takvih sistema su opisane u [3,4], gde su analizirane i teoretski obradjene u radu sa različitim sistemima. Sistemi sa velikom pouzdanošću i kvalitetom rada su svakako bili sistemi sa tiristorskim kolima. Snaga i obrtni moment koji se formira na izlazu jednosmernog motora su veoma bitni u radu sistema. Upravo u takvim procesima tiristorska kola imaju važnu ulogu. Njihova poluprovodnička karakteristika je prethodnica današnjih p/n spojeva, odnosno dioda, međutim snaga koju ostvaruju je daleko veća. Druga uloga je princip primene tiristorskih kola. Upravljanje jednosmernim motorima se često izvršava primenom PWM (*Pulse Width Modulation*

eng.) signala, što se ranije ostvarivala upravo tiristorskim kolima.

Laboratorijska aparatura se može osvežiti ili nadograditi na različite načine. U ovom radu je prikazan jedan novi koncept a to je kombinacija savremenih softvera i akvizicijske kartice sa starijim pouzdanim hardverom. Ideja ovog rada je ostvarivanje komunikacije između hardvera i softvera, kojom bi se upravljalo otvaranjem tiristorskih kola za upravljanje jednosmernim motorom, prema principu PWM signala, ali i kojom bi se prikupljali podaci koji nose informaciju o brzini obrtanja osovine motore sa tahogeneratora i optičkog enkodera. Komunikacija je ostvarena sa 8 bitnom magistralom i jednim okidačnim signalom.

2. OPIS SISTEMA

Opšti strukturni blok dijagram je dat na slici 1. Sistem se sastoji od računara, akvizicijske kartice koja prihvata naponske signala sa senzora, ali i generiše signale preko aktuatora, i na kraju objekta upravljanja, a to je jednosmerni motor.



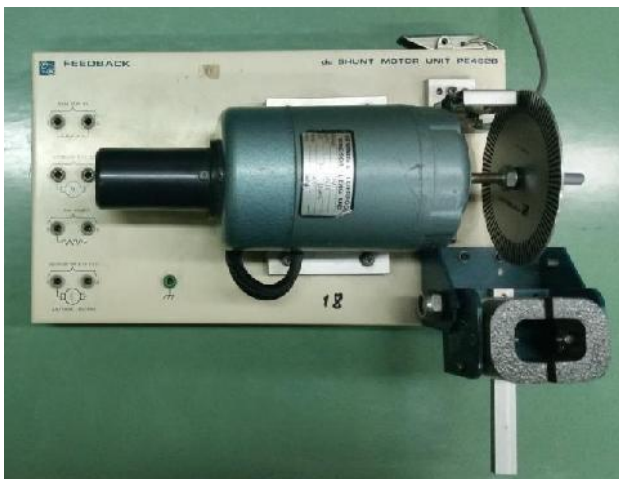
Slika 1. Opšta šema sistema upravljanja

U ovom radu je obradjen i primenjen sistem koji predstavlja komplet za upravljanje jednosmernim motorom, PE484. Jedan od prvih primera da se pojedini elementi Feedback opreme se tiristorskim kolima mogu koristiti u upravljanju jednosmernih motora je veoma detaljno opisan u [5]. Komplet se sastoji od PE482B, PE483, PE484A i PE484B. Komplet omogućuje upravljanje motorom i pretvaračem za napajanje motora iz računara:

-PE482B – motor

- PE482C – jedinica za kočenje
- PE483 – kontrolna jedinica sa tiristorima
- PE484A – modul za kompjutersko upravljanje
- PE484B – inkrementalni enkoder

PE484B inkrementalni enkoder sastoji se od dva dela, koje treba povezati sa PE482B motorom jednosmerne struje. Prvi deo je aluminijumski disk prečnika 100 mm sa 90 markera po obrtaju, koji treba montirati umesto standardnog diska na osovini motora. Pored funkcije merewa bryine, ovaj disk ujedno služi i kao deo PE482C jedinice za kočenje pomocu vihernih struja induhovanih u aluminijumskom limu. Drugi deo je foto-detektorska glava, koja se montira na predvidjeno ležište modula PE482B. Napajanje od 5V i izlazni signali se povezuju kablom koji vodi do modula PE484A koji je prikazan na slici 1.



Slika 2. Modul PE484A

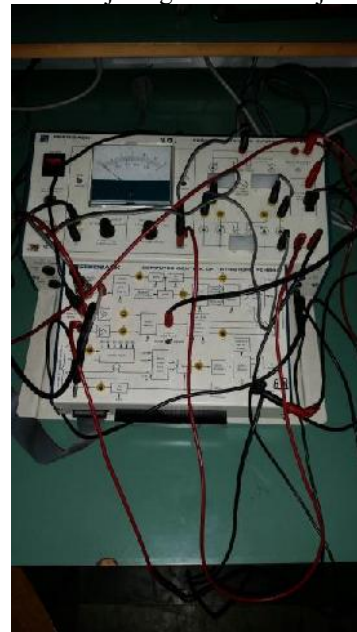
PE484A modul može se priključiti na PE483 kontrolnu jedinicu odakle se dobijaju potrebna napajanja i veze neophodne za kontrolu tiristora. Prvi doprinos ovog rada je shvatanje šeme aparature. Veoma detaljnim i strpljivim pristupom je napravljena šema povezivanja. Na slici 3 je dat modul PE483 i PE484A pre povezivanja, dok je na slici 4 prikaz nakon povezivanja.



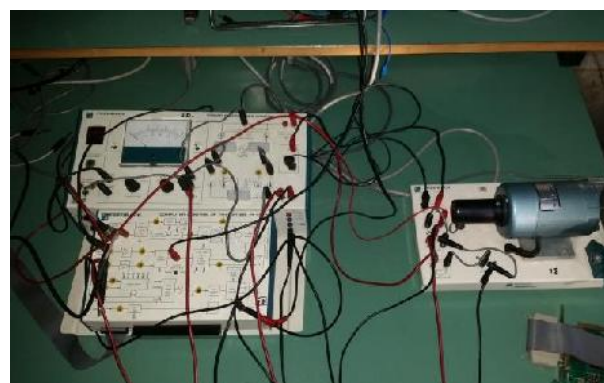
Slika 3. Šema pre povezivanja

Na modulu PE484A postoji mimički panel koji omogućuje praćenje i merenje relevantnih signala. Sklopovi na panelu organizovani su u tri jedinice. Na

vrhu panela se prati obrada signala iz enkodera pocevi od samog impulsnog ulaza pa do digitalne reči koja se salje na port A računara i koja odgovara merenoj brzini.



Slika 4. Šema nakon povezivanja



Slika 5. Šema povezivanja kompleta PE484

U središtu panela može se pratiti filtracija, salidanje i A/D konverzija signala brzine i struje koji pristižu sa modula PE482B. Konvertovani podatci se takodje dovode na port A. Donji deo panela prikazuje procesiranje komandovanog ugla paljenja, koji racunar saopštava preko porta B. Impulsni pojačavači su od računara galvanski odvojeni optokaplerima, a od tiristora impulsnim transformatorima.

Enkoder je relativno jednostavne konstrukcije, i koristi disk koji se istovremeno upotrebljava za kočenje. Na svom izlazu proizvodi digitalne signale, koji se mogu konvertovati u podatak proporcionalan brzini. Eksperiment će pokazati da enkoder predstavlja jednostavan i ekonomičan senzor brzine.

Zahtev za korektnim radom na velikim brzinama i tačnošću pri malim brzinama je konfliktan. Za razrešenje ovog konflikta PE484A koristi brojač/delilac sa 4. Kako ulazna učestanost za isto trajanje niza impulsa treba da bude četiri puta veća, može se povećati broj impulsa po obrtaju enkodera i tačnost merenja pri malim brzinama.

Disk enkodera poseduje nazubljeni obod i optički čitač koji pri obrtanju diska generiše digitalne impulse u toku prolaska svakog zuba na obodu. Brzina se meri tako što se digitalnim tajmerkom izmeri vreme između nailaska sukcesivnih impulsa enkodera. Računar iz ovog podatka izračunava brzinu motora. Gušća nazubljenost enkodera je poželjna radi veće preciznosti pri malim brzinama, ali narušava tačnost merenja za veće brzine, kada se između sukcesivnih impulsa mere manja vremena. Zato se u modulu PE484A primenjuje brojač/delilac sa 4, kako bi se omogućila zadovoljavajuća tačnost pri velikim brzinama.

Blokovi PE483 i PE484A su spojeni sa jednosmernim motorom, PE482A, prema osnovama iz [1]. Prikaz povezivanja je dat na slici 5.

Slanje i prikupljanje podataka između računara i hardvera je ostvaren preko kartice firme National Instruments, NI USB-6212. Osnovne karakteristike i parametri kartice se daju u [6], slika 6. Akviziciona kartica NI USB-6212 je 16-bitna sa maksimalnom brzinom smplovanja 400 kS/s. Neke od osnovnih karakteristika su [2]:

- 16 analognih ulaza
- opseg ulaznih napona +/- 10 V,
- 2 analogna izlaza, 32 digitalnih ulaza/izlaza,
- dva 32 bitni counter/timer modul i dr.



Slika 6. Akvizicijska kartica NI USB 6212

Upotrebom kartice NI USB-6212 se ostvaruje veza sa računarom kome i omogućena je kontrola upravljanja motorom, kao i prikupljanje informacije o brzini obrtanja. Komunikacija pomoću navedene kartice je ostvarena preko digitalnih ulaza i izlaza. Upotrebljeno je 9 izlaznih portova kako bi se generisala 8 bitna reč i jedan bit koji služi kao okidač za prikupljanje podataka. Ulazni broj portova iznosi 8. I oni formiraju 8 bitnu reč koja nosi informaciju o merenju brzine obrtanja. Na slici 7 je prikazana kartica sa povezanom magistralom za komunikaciju.

Značajno je napomenuti da je magistrala formirana na osnovu električne šeme PE483 i bez ikakvih prethodnih znanja niti literature.



Slika 7. Akvizicijska kartica NI USB 6212 sa povezanom magistralom komunikacije

Na PE483 je jasno definisan Port A kao ulazni port i prihvata 8-bitne podatke iz izvora koji selektuje komanda sa porta B, koji se takođe nalazi na PE483. Izvor podataka može biti 8-bitni izlaz A/D konvertora ili 16-bitna reč brzine merene pomoću enkodera, gde se zasebno čitaju gornji i donji bajt. Komande koje se šalju sa računara na port B se može opisati kroz sledeća značenja:

PORUKE	TUMAČENJE
1nnnnnn	Upisati nnnnnnn u leč za ugao paljenja
0x1xxxxx	resetovati brojač impulsa i fleg
0xxEx0xx	aktivirati (B4=1) ili blokirati (B4=0) bafer brojača impulsa
0xxxxxSx	Započeti A/D konverziju kada se za S sukcesivno upišu 0 ili 1
0xxxxxB	Selektovanje ulaza u A/D konvertor, B0=1 selektuje ulaz B

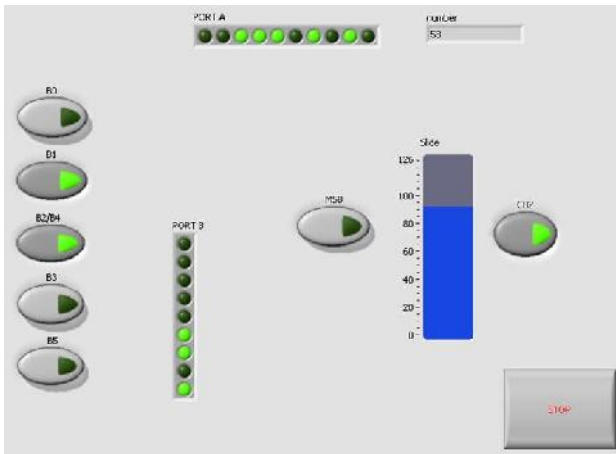
Postoje tri flega, odnosno signala koje generiše PE484A, preko kojih se saopštava da su podaci spremni. Računar koristi četvrtu kontrolnu liniju za resetovanje flegova, čime se kontroliše protok podataka unutar modula. Sinhronizacija sa mrežom se obavlja preko signala CB1. Ako je CB2=1, CB1 se setuje na nulu kada se napon mreže približava nuli. Dovođenjem CB2 na nivo logičke jedinice CB1 se vraća na CB1=1. Signal A/D konvertora o izvršenoj konverziji se šalje na CA1. Fleg CA1 se setuje kada je konverzija obavljena i resetuje kada započne nova konverzija. Fleg vezan za rad enkodera je povezan na CA2 i resetuje se zajedno sa brojačem koji deli sa 4, adekvatnom komandom sa porta B. Fleg se setuje pri nailasku četvrtog impulsa enkodera, signalizirajući da su podaci spremni. Linija CB2 setuje CB1=1 za CB2=0, istovremeno aktivirajući leč koji prihvata podatke sa porta B. Ako je MSB (*Most Significant Bit* eng.) porta B = 1 onda se aktivira leč ugla paljenja, dok se za MSB =0 aktivira leč kontrole reči.

3. REZULTATI

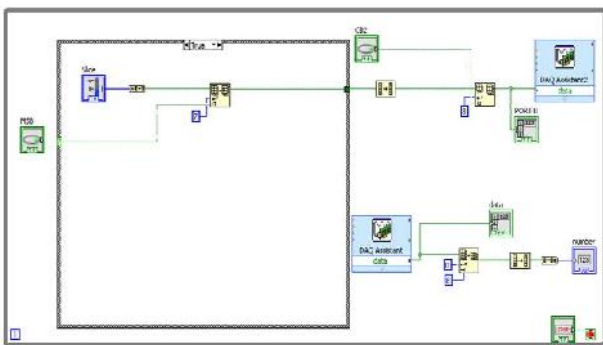
Kroz tri eksperimenta pokazaće se upravljanje jednosmernim motorom uglom paljenja uz pomoć tiristorskog kola, zatim konvertovanje impulsa inkrementalnog enkodera u digitalnu reč i na kraju kako se analogni signal doveden sa tahogeneratora uz pomoć A/D konvertora konvertuje i očitava. Sve navedeno je urađeno primenom softvera LABVIEW.

Upravljanje uglom paljenja tiristora podrazumeva regulaciju napona na izlazu tiristorskog ispravljača odnosno potrebno je podešavati ugao paljenja tiristora. Tiristori se okidaju preko gejta svake poluperiode ulaznog naizmeničnog napona, uz izvestan ugao kašnjenja u odnosu na prolazak mrežnog napona kroz nulu. Računar mora biti informisan o trenutcima kada je vrednost napona jednaka nuli i raspolagati programabilnim tajmerom koji će generisati potrebno kašnjenje impulsa na gejt kako bi se ostvario željeni ugao paljenja. Tajmer je ugrađen u modul PE484A. Veličinu vremenskog kašnjenja, tj. ugao paljenja, računar saopštava preko porta B.

Prva ključna instrukcija u formiranju 8 bitne reči za upravljanje motorom je da MSB mora biti jednak jedinici a ostalih sedam bitova šalju informaciju o tome koliki je ugao paljenja. Na slici 8, 9 i 10 su prikazana rešenja ovog problema u programskom paketu LABVIEW. Bitno je napomenuti da su su vrednosti zadatog ugla paljenja i brzina rotacije motora recipročne. To proizilazi iz definicije PWM signala, u kojima je efektivna vrednost proporcionalna sa širinom impulsa. Dakle ukoliko je ugao paljenja manji, to znači da je širina impulsa veća, a time i efektivna vrednost što prouzrokuje veću brzinu obrtanja motora.



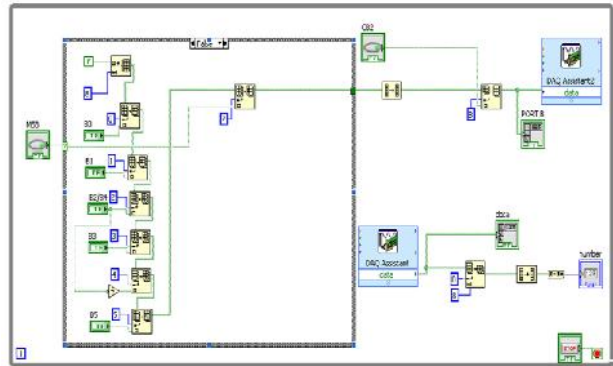
Slika 8. Front panel sistema



Slika 9. Blok dijagram aktiviranja leča ugla paljenja

Signal enkodera generiše se na njegovom izlazu. Ukoliko se smanjuje ugao paljenja dolazi do povećanja brzine odnosno do veće ucestanosti, tačnije broja impulsa. Povorka formiranih impulsa se kolom za deljenje sa 4 uvodi u 16-bitni brojač gde se dobija informacija o brzini motora. Problem u radu ovog brojača je taj što računar može primiti samo 8-bitne podatke tako da se setovanjem bita B3 na jedinicu porta B bira MSB a njegovim setovanjem na nulu preuzima informacija ostalih 7 bitova.

Komponenta koja analogni signal prevodi u digitalnu reč je A/D konvertor i procesiranjem analognog signala neminovno redukuje informacije koje signal inicijalno nosi jer ga svodi na jedan od diskretnih vrednosti koje predstavlja broj na izlazu A/D konvertora. A/D konvertor modula PE484A je u samoj sredini panela, vidi se na slici 3. Njime se generiše 8-bitna digitalna reč koja se očitava u vidu prirodnih brojeva od 0 do 255. PE484A sadrži samo jedan A/D konvertor. Iz tog razloga u modulu se nalazi i analogni multiplekser, kojim se jedan od dva ulaza dovodi na konverziju. Multiplekserom se komanduje pomoću bita B0 i ukoliko je setovan na jedan pušta signal B a u suprotnom signal A. Pre ulaska u multiplekser analogni signali se filtriraju kako bi se otklonio nepoželjni šum. Signali se takodje saliraju i limitiraju kako bi se postignla potrebna tačnost merenja i izbeglo oštećenje multipleksera.



Slika 10. Blok dijagram aktiviranje leča kontrolne reči

4. ZAKLJUČAK

Eksperiment pokazuje da računar efektno postiže kontrolu nad uglom paljenja koji se podešava pomoću tajmera koji zadaje vreme između komutacije reže i okidanja tiristora. Da bi se podaci korektno upisali u tajmer ne smeju koincidirati upis u leč tajmera i prenos iz leča u brojač, sto se postiže upotrebom flega koji signalizira kada je upis podataka dozvoljen odnosno kada je MSB setovan na jedan. Disk enkodera poseduje nazubljeni obod i optički čitač koji pri obrtanju diska generiše digitalne impulse u toku prolaska svakog zuba na obodu. Brzina se meri tako što se digitalnim tajmerom izmeri vreme između nailaska sukcesivnih impulsa enkodera. Računar iz ovog podatka izračunava brzinu motora. Gušća nazubljenost enkodera je poželjna radi veće preciznosti pri malim brzinama ali narušava tačnost merenja za veće brzine, kada se između sukcesivnih impulsa mere manja vremena. Zato se u modulu PE484A promenjuje brojač/delilac sa 4, kako bi se omogućila zadovoljavajuća tačnost pri velikim brzinama. Da bi se analogni signal saopštio računaru mora se prevesti u formu digitalne reči. Rezolucija zavisi od broja bitova A/D konvertora i opsega ulazne veličine koji

se želi meriti. Ako postoji više analognih signala koristi se analogni multiplekser koji omogućuje seletovanje jednog od njih. Radi ispravne konverzije u A/D konvertoru ulazni signali se moraju filtrirati.

LITERATURA

- [1] Milić Stojić, Kontinualni sistemi automatskog upravljanja, Naučna knjiga, 1985.
- [2] Goran Dikić, Osnove teorije Automatskog upravljanja, VETŠ Beograd, 2011.
- [3] Milić Stojić, Digitalni sistemi upravljanja, Naučna knjiga, 1989.
- [4] Željko Đurović, Branko Kovačević, Digitalni signali i sistemi, Akademska misao, 2004.
- [5] Dejan Korunović, Анализа рада тиристорског кола за управљање једносмерним мотором, završni rad, Vojna akademija, Beograd, 2016.
- [6] <http://www.ni.com/en-rs/support/model.usb-6212.html>

Jednostavan uređaj za slanje i prijem kriptovanih SMS poruka

Simple device for sending and receiving crypted SMS messages

Sretenović Stefan¹, Antić Mladen¹
Vojna akademija¹

Sadržaj – U današnje vreme neverbalna komunikacija između ljudi je postala neophodna. Komunicira se preko poziva, poruka, interneta, ali problem se javlja kada se šalju neki poverljivi podaci. U radu je predstavljena aplikacija na posebnom uređaju koja služi za kriptovanje i slanje SMS poruka, kao i za njihov prijem i dekriptovanje. U prvom delu je predstavljen koncept rada ovog uređaja i njegova funkcionalnost. Drugi deo rada opisuje realizaciju aplikacije pisane u programskom jeziku C koristeći programe MicroC PRO for ARM i Visual TFT.

Abstract – Nowadays nonverbal communications among people is necessary. People communicate through calls, messages, internet, but there is a problem when classified data should be sent. This article is presenting application on special device which is used for crypting and sending SMS messages, and also their reception and decrypting. The first part of this paper shows system working concept and its functionality. The second part of this paper describes application written in C using programs MicroC PRO for ARM i Visual TFT.

1. UVOD

Čovekova potreba da olakša svoj svakodnevni život vodila je ka mnogim otkrićima. Od točka, preko raznih oruđa i oružija, njegovo znanje i iskustvo se povećavalo i prenosilo na mlađe generacije. Tako je u jednom trenutku došlo do okreta civilizacije za 360 stepeni, otkrivena je struja, a sa njom i ogroman broj uređaja. Još od samog početka razvoja tehnologije, čovek je želeo da komunicira sa drugima na daljinu, ali bez posrednika. To je dovelo do razvoja mobilne telefonije. Danas skoro svaka osoba na planeti poseduje neki vid mobilnog uređaja koji nosi sa sobom. To automatski povećava i broj ljudi koji žele da ukrade neke informacije od drugih. Baš iz tog razloga je i nastalo šifrovanje pisanje ili kriptovanje zaštita.

U modernom vremenu, ni jedan čovek nema apsolutnu privatnost. Uvek neko prisluškuje naše pozive i čita naše poruke. Ljudi koriste razne aplikacije na svojim mobilnim uređajima da bi na neki način šifrovali sadržaj svojih poruka. Problem se javlja jer čak i tad postoji mogućnost da se posmatra sam rad uređaja.

Uređaj koji će biti opisan u nastavku je namenjen za slanje i prijem kriptovanih SMS poruka. Potrebno je da obe strane, pošiljalac i primalac, imaju isti uređaj, sa istom aplikacijom na sebi. On pruža jednostavan i razumljiv

interfejs, i određeni nivo zaštite. Dekriptovana poruka se može samo jednom pročitati, a zatim se briše.

2. BLOK ŠEMA SISTEMA

Blok šema sistem predstavljena je na Slici 1.



Slika 1. Blok šema sistema

Aplikacija se nalazi na razvojnoj platformi micromedia za STM32 M3. Kada korisnik pošalje komandu za slanje tekstualne poruke, GSM2 click modul je taj koji preuzima ulogu slanja tekstualne poruke. On komunicira sa baznom stanicom, koja dalje prosleđuje poruku izabranom primaocu. U nastavku rada biće detaljno opisana svaka komponenta kao i funkcionalnost sistema kao celine.

2.1 RAZVOJNA PLATFORMA MICROMEDIA ZA STM32 M3

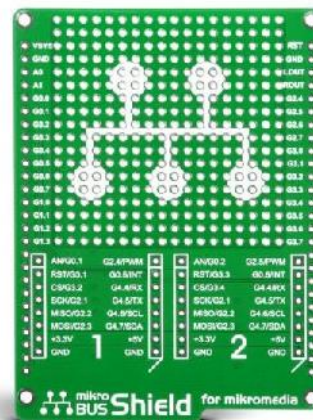
Mikrokontrolerska platforma micromedia za STM32 M3 (Slika 2.) domaće firme Mikroelektronika, predstavlja složeno razvojno okruženje za programiranje i testiranje programa za ARM mikrokontrolere. Brojni eksterni moduli (*click module*) pružaju mogućnost proširenja funkcionalnosti samog mikrokontrolera.



Slika 1. micromedia za STM32 M3

Ova razvojna platforma je korišćena prilikom programiranja i testiranja aplikacije. Ona sadrži 32-bitni STM32F207VGT6 mikrokontroler kompanije STMicroelectronics.[2]. Radi se o kontroleru koji je baziran na ARM (Advanced RISC Machine) Cortex-M3 jezgru i radi najvećom brzinom od 120 MHz. Statički RAM ima 128 KB, a fleš memorija 1 MB. Pored standardnih periferija ima i IC pakete koji su svi USB 2.0 HS OTG, tri I²C-a, četiri USART-a, dva UART-a, 24 kanala na tri AD konvertora, dva DA konvertora, 83 ulazno/izlaznih pinova. Razvojna platforma micromedia za STM32 M3 ima veliki broj ugrađenih modula. Neki od njih su MP3 codec, TFT 320x240 ekran na dodir, akcelerometar, USB konektor, slot MMC/SD memorijske kartice i drugo. Malih je dimenzija i prilagodljiva za pravljenje mobilnih uređaja.

U ovom projektu iskorišćena su dva pina PORT-a D. Pin PORT-a D1 korišćen je za napajanje GSM2 modula, a pinovi PORT-a D5 i D6 su korišćeni za UART komunikaciju između kontrolera i GSM2 modula (predstavljaju TX i RX pinove njegovog USART2). Modul nije moguće direktno povezati na pinove razvojne platforme pa se koristi i mikroBUS Shield (Slika 3.) za mikromediju čija je namena povezivanje platformi i modula.



Slika 3. mikroBUS Shield

2.2 GSM2 CLICK MODUL

GSM2 click modul (Slika 3.) koristi se za dodavanje GSM/GPRS konekcije na mikrokontrolera. Ploča sadrži Quectel quad-band M95 FA GSM/GPRS čip kojim se upravlja pomoću AT (Attention Command) komandi, kao i 16 pinova preko kojih se click modul povezuje na razvojnu ploču. Quectel quad-band M95 FA je jedan od najmanjih GSM/GPRS modula. Podržava Quad-band frekvenciju 850/ 900/ 1800/ 1900MHz. Prenos podataka preko GPRS-a može dostići maksimalnu brzinu od 85,6 kbps. Takođe podržava i TCP/IP protokol i serijski multiplexer. Njegova brzina prenosa preko UART-a je 115200 [3].



Slika 4. GSM2 click modul

3. UART SERIJSKA KOMUNIKACIJA

Potreba za komunikacijom između više uređaja je postojala od njihovog nastanka, i zbog toga su ljudi na

različite načine dolazili do načina kako da realizuju te komunikacije. Jedan od vidova te komunikacije je serijska komunikacija. Ona je vid komunikacije koja šalje podatke sekvencionalno, bit po bit, pa zahteva samo jednu liniju za prenos podataka. To je čini efikasnim u pogledu hardverskih resursa, ali je posledica mala brzina slanja (prijava) podataka u odnosu na paralelni interfejs gde se koristi više linija za istovremeni prenos. Što se usklađenosti takta tiče, komunikacija može biti sinhrona i asinhrona. Sinhrona podrazumeva da su taktovi na obe strane komunikacije usklađeni. Kod asinhrona, taktovi uređaja koji komuniciraju nisu usklađeni. Prijemnik unapred mora poznavati parametre komunikacije i podeliti svoju frekvenciju prema frekvenciji predajnika. Takođe poruka mora sadržati START i STOP bitove, koji omogućavaju prijemniku da prepozna početak i kraj poruke. Asinhrona komunikacija je znatno sporija od sinhrona. UART modul koristi serijsku asinhronu komunikaciju.

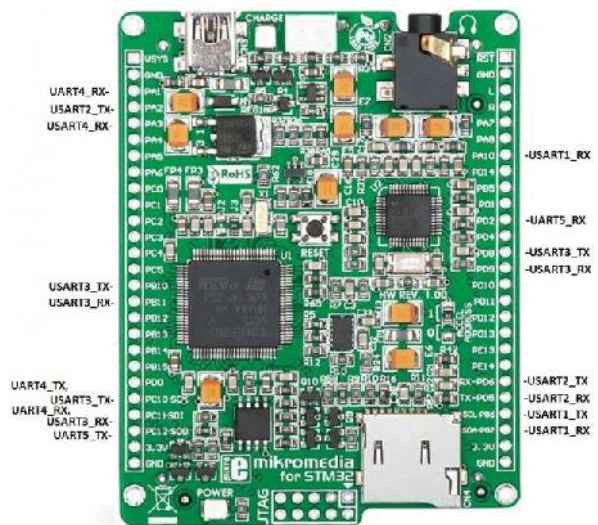
Serijski komunikacioni interfejs (SCI–Serial Communication Interface) ili asinhroni komunikacioni interfejs (Universal Asynchronous Receiver Transmitter–UART) predstavlja hardver koji se koristi za komunikaciju. UART modul koristi dve linije, jednu za predaju-TX i jednu za prijem-RX podataka za jednostranu (halfduplex) ili dvostranu (full-duplex) komunikaciju. UART nije komunikacioni protokol već modul koji se koristi za asinhronu komunikaciju, a njime se može upravljati preko mikokontrolera. Oni ima svoje konfiguracione parametre: broj bitova za podatke (eng. *Number of Data Bits*), bit parnosti (eng. *Parity Bit*), Stop bitovi (eng. *Stop Bits*) i brzina prenosa (eng. *Baud Rate*). Pošto je komunikacija asinhrona, odabirom brzine prenosa prijemnih zna frekvenciju prenosa.

3.1 USART SERIJSKA KOMUNIKACIJA

S obzirom da su prilikom UART komunikacije između razvojne platforme micromedia za STM32 i GSM2 modula korišćeni pinovi koji podržavaju USART komunikaciju, potrebno je objasniti i taj vid komunikacije.

USART (*Universal Synchronous/Asynchronous Receiver Transmitter*) je takođe vid serijske komunikacije. On je veoma sličan UART komunikaciji, ali pored asinhrona komunikacije može komunicirati i sinhronom komunikacijom. Praktično se može reći da se UART nalazi u sklopu USART-a. Razlika je ta što je USART zbog mogućnosti sinhronizacije sa taktom uređaja znatno brži, što nudi neke dodatne mogućnosti. On je zadužen da obezbedi sve komplikovane komunikacije koje zahtevaju veliku potrošnju.

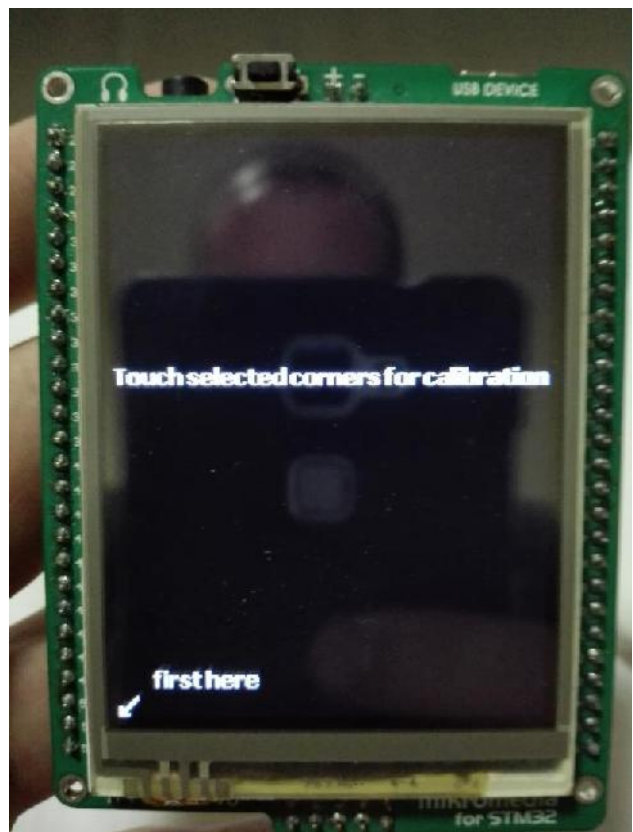
Na razvojnoj platformi micromedia za STM32 M3 nije moguće povezati dodatne uređaje preko svakog od dostupnih UART i USART modula. Na slici 5. su prikazani pinovi koji mogu da se koriste.



Slika 5. Prikaz dostupnih UART i USART pinova

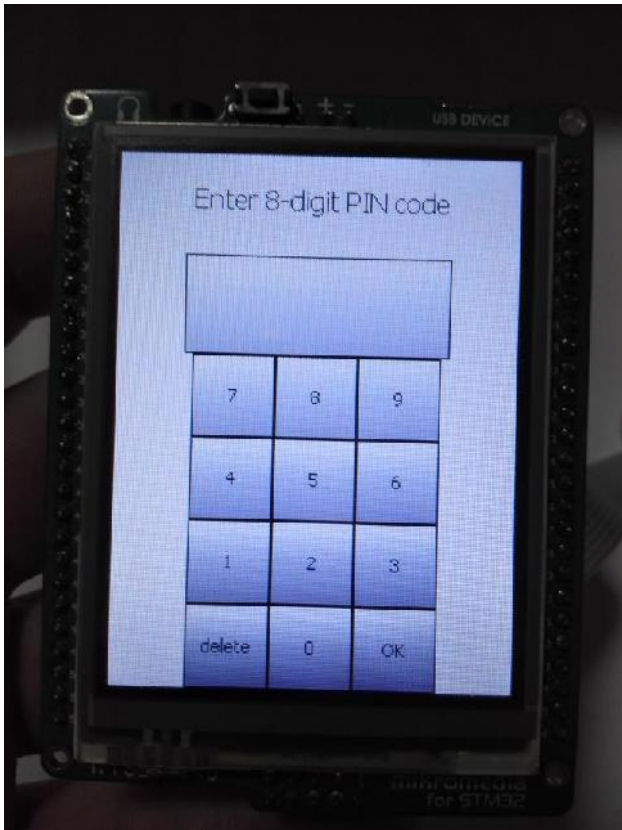
4. SOFTVERSKO REŠENJE

Pri uključivanju razvojne platforme prvo je potrebno kalibrirati ekran na dodir (Slika 6.).



Slika 6. Kalibracija ekrana na dodir

Nakon toga pojaviće se ekran koji od nas traži da unesemo PIN kod. (Slika 7).



Slika 7. Ekran za unos PIN-a

Ukoliko je PIN nevažeći, pojaviće se prigodna poruka i vratiće korisnika na ovaj ekran. Različiti PIN kodovi su uneseni u kodu za proveru. Ti PIN kodovi ne dozvoljavaju neovlašćen pristup aplikaciji.

Ukoliko je PIN važeći otvara se ekran u kome se bira slanje ili primanje poruke. (Slika 8.).



Slika 8. Ekran za odabiranje

4.1 SLANJE PORUKE

Klikom na dugme za slanje poruka, otvara se ekran sa tastaturom (Slika 9.) gde se unosi poruka koju korisnik

želi da pošalje. Tastatura je standardna QWERTY, i podržava velika i mala slova i osnovne znakove.



Slika 9. Ekran sa tastaturom

Pritiskom na dugme next vrši se kriptovanje poruke i otvaranje sledećeg ekrana. Vrši se jedostavno kriptovanje. U jedan string se prvo upisuju tri nasumična karaktera. Na njih se nadovezuje prvi karakter poruke, a na njega još dva nasumična karaktera. I tako redom do kraja poruke.

```
int l,i,j=0;
char c;
char b[255];
while(Label1.Caption[j]!='\0'){
    for(i=0;i<2;i++){
        l=rand();
        l=l%256; //toliko elemenata ima ASCII tabela
        c=l;
        strcat(b,c); }
    strcat(b,Label1.Caption[j]);
    l=rand();
    l=l%256;
    c=l;
    strcat(b,c);
}
```

Otvora se ekran za upis mobilnog broja korisnika koji prima poruku (Slika 10.).



Slika 10. Ekran za unos broja

Pritiskom na dugme “send” šalje se UART komanda GSM2 modulu, i ukoliko je poruka uspešno poslata, pojaviće se prigodna poruka. Nakon toga aplikacija se vraća na početni ekran za unos PIN koda.

Slanje AT komande GSM2 modulu preko UART-a je izvršeno na sledeći način:

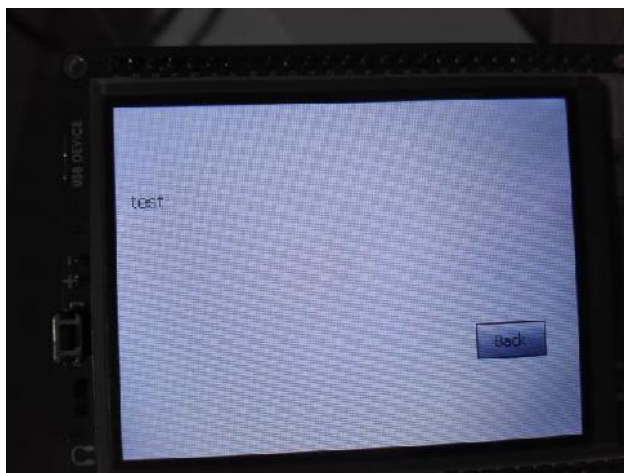
```
char a[]="AT+CMGS=\"";
strcat(a,Label2.Caption);
strcat(a,"\\r\\n");
a[strlen(a)]=\0;
UART2_Write_Text(a);
Delay_ms(400);
Label1.Caption[strlen(Label1.Caption)]=\0;
UART2_Write_Text(Label1.Caption);
Delay_ms(400);
UART2_Write(26);
```

4.2 PRIMANJE PORUKE

Odabirom opcije za primanje poruke, vrši se prijem podataka o primljenim porukama sa GSM2 modula, izvlači se sadržaj poruke i vrši se njena dekripcija.

```
char q[255];
int v,o;
v=strlen(uart_rd)/4;
q[0]=uart_rd[2];
for(o=1;o<v;o++){
    q[o]=uart_rd[o+5+3*(o-1)];
}
q[v]=\0;
Label7.Caption=q;
```

Poruka će biti prikazana na ekranu (Slika 11.). Pritiskom na dugme “back” aplikacija će se vratiti na ekran za unos PIN-a.



Slika 11. Ekran za prikaz poruke

5 ZAKLJUČAK

Ovaj projekat je realizovana i testiran i u tom periodu testiranja nije bilo problema. Uređaj je uspešno slao kriptovane poruke, a i dekriptovao iste.

U današnjem svetu, svetu gde računari prekrivaju celu površinu zemaljske kugle niko se ne oseća sigurnim za integritet svojih poslanih poruka. Ovim uređajem korisnik dobija sigurnost da svaki napad na dešifrovanje poruka svodi na minimum uz jednostavnu upotrebu.

Pravci daljeg razvoja aplikacije su svakako unapređivanje u polju sigurnosti kao i u realnim mogućnostima primene. Aplikacija je izrađena tako da je nadogradnja relativno jednostavna. Ideja je da se postojeće funkcije prošire, ili dodaju potpuno nove mogućnosti pogotovo u delu kriptovanja poruka.

Cilj projekta je bio realizacija jednostavnog, zaštićenog od prisklušivanja uređaja koji će takođe moći slati kriptovane poruke što je pokazano praktičnom realizacijom.

6 LITERATURA

- [1] G. Gridling and B. Weiss. Introduction to microcontrollers. Course Material, Vienna University of Technology, Institute of Computer Engineering, Embedded Computing Systems Group, Version, 1.4, 2006.
- [2] <https://shop.mikroe.com/smart-displays/mikromedia/mikromedia-3/stm32f3>
- [3] <https://shop.mikroe.com/click/wireless-connectivity/gsm-2>

ANALIZA KONTEKSTA UPOTREBE: KLJUČNI FAKTOR U EVALUACIJI UPOTREBLJIVOSTI WEB APLIKACIJA CONTEXT OF USE ANALYSIS: A KEY FACTOR IN THE USABILITY EVALUATION OF WEB APPLICATION

Nebojša D. Đorđević¹, Dejan D. Rančić² i Petar Spalević³

Vojska Srbije, Komanda Kopnene Vojske, Niš, Srbija¹

Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu, Srbija²

Fakultet tehničkih nauka, Kosovska Mitrovica, Srbija³

Sadržaj – U radu su date smernice i podrška za rešavanje važnih pitanja na kojima se zasniva procena upotrebljivosti. Upotrebljivost proizvoda je pod uticajem ne samo karakteristika samog proizvoda, nego i karakteristika korisnika, zadataka koje oni obavljaju, kao i tehničkog, organizacionog i fizičkog okruženja u kojem se koristi proizvod. Međutim, pre nego što počne bilo koja aktivnost dizajna ili evaluacije upotrebljivosti, potrebno je razumeti kontekst upotrebe proizvoda, odnosno ciljeve korisnika, glavne korisnike, zadatke i karakteristike sredine u kojoj će se koristiti. Ovaj rad prikazuje metod za identifikaciju kontekstualnih faktora koji utiču na upotrebljivost, i za obezbeđenje da navedeni faktori budu zastupljeni kada se ocenjuju sistemi.

Abstract - This paper provides guidance and support for dealing with important issues which underlie the evaluation of usability. The usability of a product is affected not only by the features of the product itself, but also by the characteristics of the users, the tasks they carry out, and the technical, organisational and physical environment in which the product is used. However, before any usability design or evaluation activity can begin, it is necessary to understand the Context of use for the product, i.e. the goals of the user community, and the main user, task and environmental characteristics of the situation in which it will be operated. This paper presents a method for identifying contextual factors which affect usability, and for ensuring that these factors are represented when systems are evaluated.

UVOD

Uporedo sa rastom popularnosti Web aplikacija rasla je pažnja koja se poklanja vrednovanju upotrebljivosti u svim fazama životnog ciklusa. U eri hiperprodukcije složenog i sofisticiranog Web softvera, kvalitet u upotrebi je ključan faktor kvaliteta proizvoda koji ima presudnu ulogu za prihvatanje Web aplikacije i koji će odrediti njihov uspeh odnosno dalju sudbinu.

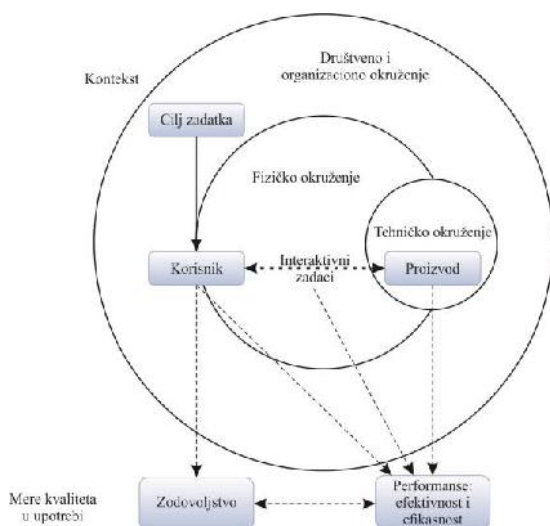
Kvalitet u upotrebi je kvalitet softverskog proizvoda sa korisničkog aspekta kada se koristi u specifičnom okruženju i u kontekstu specifične upotrebe. Kvalitet u upotrebi je rezultat interakcije između korisnika i proizvoda dok obavlja zadatke u tehničkom, fizičkom, socijalnom i organizacionom okruženju. Meri stepen do kog korisnici mogu postići svoje ciljeve u određenom okruženju, a ne meri osobine samog softvera. Evaluacija upotrebljivosti je proces koji podrazumeva primenu inženjeringa, naučnih i matematičkih principa i metoda u

proizvodnji kvalitetnog softvera. Postojeće metode za predviđanje upotrebljivosti imaju ograničenu tačnost jer su njihovi modeli ograničeni aspektom korisnika, zadacima i okruženjem. Umesto toga, kvalitet u upotrebi, može da se meri kao ishod interakcije kroz efektivnost, efikasnost i zadovoljstvo, pri čemu *efektivnost* predstavlja meru dostizanja ciljeva, *efikasnost* je mera za utrošene resurse (vreme, novac ili mentalni napor) da se postignu željeni ciljevi i *zadovoljstvo* predstavlja meru korisničkog prihvatanja celokupnog. Međutim, ukupan sistem se sastoji od korisnika, zadataka, opreme (hardver, softver i materijal) i fizičkog i organizacionog okruženja koje utiče na interakciju. Zbog toga kvalitet u upotrebi celokupnog sistema obuhvata sve faktore koji mogu da utiču na korišćenje proizvoda u stvarnom svetu, uključujući faktore okruženja, izgled proizvoda i individualne razlike između korisnika, kao što su kulturne razlike ili predrasude. Tako širok pristup ima prednost jer se koncentriše na projektovanje proizvoda realnih potreba, koji će biti upotrebljiv od realnih korisnika koji obavljaju realne poslove u realnom tehničkom, fizičkom i organizacionom okruženju. Izbor odgovarajućih vrsta korisnika, zadataka i sredine zavisi od ciljeva evaluacije i u kom kontekstu se očekuje da se proizvod koristi. Za raznovrsne primene proizvoda može biti potrebno da se upotrebljivost meri u nekoliko različitih konteksta u kojima zadaci mogu biti izvršavani.

Upotrebljivost se smatra važnim atributom za prihvatanje sistema od strane krajnjih korisnika. ISO je tek nedavno razvio novu sveobuhvatniju definiciju kvaliteta u upotrebi, koja ima upotrebljivost, fleksibilnost i bezbednost, kao podkarakteristike koje mogu biti kvantifikovane iz perspektive različitih zainteresovanih strana, uključujući korisnike, menadžere i one koji održavaju softver. Tradicionalno gledano, u skladu sa prvom ISO definicijom upotrebljivosti u ISO/IEC 9126 (1991) [1], upotrebljivost je posmatrana kroz attribute korisničkog interfejsa koji čine proizvod jednostavnim za upotrebu, kao atribut kvaliteta softvera koga čini skup karakteristika koji doprinose sposobnosti softverskog proizvoda da bude razumljiv, upotrebljiv i atraktivan za korisnika, kada se koristi pod specificiranim uslovima. Međutim, ova definicija upotrebljivosti korisničkog interfejsa je u suprotnosti sa definicijom upotrebljivosti definisanom 1998. godine međunarodnim standardom ISO 9241-11 [2], koji upotrebljivost posmatra sa ergonomske tačke gledišta kao „stepen do kojeg proizvod može da se koristi od strane početnika i iskusnih korisnika da obavljaju zadatke za postizanje željenih funkcionalnosti proizvoda sa merenjem efikasnošću,

efektivnošću i zadovoljstva u određenom kontekstu korišćenja“. Ova šira interpretacija upotrebljivosti je ugrađena u promenjenom ISO 9126-1 (2001), nazvana "kvalitet u upotrebi" kao kvalitet iz perspektive korisnika kada koristi proizvod [3]. Međutim, kada je ISO/IEC 9126-1 model kvaliteta ugrađen u ISO/IEC 25010 [4] (serija standarda nazvana SQuaRE), radi usklađivanja definicije upotrebljivosti nasleđene iz ISO/IEC 9126 i šire definicije u ANSI/NCITS CIF standardu (Common Industry Format for Usability Test Reports), karakteristika *upotrebljivost* je preimenovana u *operabilnost* i ima šire značenje. To je omogućilo da se *upotrebljivost* u ISO/IEC 25010 definiše kao karakteristika *kvaliteta u upotrebi*, sa podkarakteristikama efektivnost, efikasnost i zadovoljstvo preuzetih iz ISO 9126-1 standarda, kojima su dodate još dve karakteristike: *bezbednost* iz 9126-1, kao i *fleksibilnost u upotrebi* kako bi se obuhvatili različiti konteksti upotrebe.

Prema međunarodnom standardu ISO 9241-11, "Merenje performansi i zadovoljstva korisnika može da obezbedi osnovu za poređenje relativne upotrebljivosti proizvoda sa različitim tehničkim karakteristikama koji se koriste u istom kontekstu" (Slika 1.).



Slika 1. Merenje kvaliteta u upotrebi u kontekstu upotrebe

Prilikom procene upotrebljivosti proizvoda često postoji tendencija da se zaboravi kontekst upotrebe. Proizvodi informacionih tehnologija su često jednostavno podeljeni na one koji su upotrebljivi i oni koje to nisu. Međutim, nije ispravno opisivati da li je proizvod ergonomski ili upotrebljiv, ukoliko se ne opiše kontekst u kome će se koristiti proizvod - drugim rečima, za koga je proizvod dizajniran, kako će se koristiti i gde će biti koristi.

Polazeći od konteksta upotrebe softvera i njegove namene, osobine nisu podjednake važnosti a izbor osobina koje će se meriti u evaluacionom procesu se prepušta ekspertima. Kontekst upotrebe je ključni ulaz u procesu projektovanja. On pomaže da se uokviri problem, definišu ciljevi proizvoda, identifikuju potrebe i stvore osnove za merenje i vrednovanje upotrebljivosti. Informacije o kontekstu upotrebe proizvoda se uglavnom

prikupljaju u ranoj fazi životnog ciklusa proizvoda, a zatim se rafinišu na osnovu dodatnih podataka prikupljenih evaluacijom upotrebljivosti.

IDENTIFIKOVANJE KONTEKSTA UPOTREBE

Potrebe korisnika Web aplikacija za kvalitetom obuhvataju zahteve za upotrebljivošću i kvalitetom proizvoda u specifičnim kontekstima upotrebe. Ove identifikovane potrebe mogu da se koriste kada se specificiraju eksterne i interne mere kvaliteta korišćenjem karakteristika i podkarakteristika kvaliteta softverskog proizvoda.

Kvalitet softverskog proizvoda može se proceniti merenjem unutrašnjih osobina ili merenjem spoljnih karakteristika ili merenjem kvaliteta u upotrebi (kada se proizvod koristi u stvarnim ili simuliranim uslovima). Poboljšanje kvaliteta procesa doprinosi poboljšanju kvaliteta proizvoda, a kvalitet proizvoda doprinosi unapređenju kvaliteta u upotrebi sistema. Zbog toga, procena i unapređenje procesa je način da se poboljša kvalitet proizvoda, a evaluacija i poboljšanje kvaliteta proizvoda je način unapređenja kvaliteta u upotrebi sistema. Slično tome, ocenjivanje *kvaliteta u upotrebi* će obezbediti povratne informacije za poboljšanje proizvoda, a procena proizvoda će pružiti povratne informacije za poboljšanje procesa. Odgovarajuće unutrašnje osobine softvera preduslov su za dostizanje potrebnog spoljnog ponašanja, a odgovarajuće spoljno ponašanje je preduslov za postizanje kvaliteta u upotrebi. Kvalitet procesa životnog ciklusa softvera utiče na kvalitet softverskog proizvoda i sistema. Kvalitet resursa, kao što su ljudski resursi, softverski alati i tehnike koje se koriste za proces, utiču na kvalitet procesa, a samim tim, utiču na kvalitet proizvoda. Kvalitet softverskog proizvoda, kao i kvalitet ostalih komponenti sistema, utiče na kvalitet sistema. Kvalitet sistema ima raznih uticaja u zavisnosti od konteksta upotrebe. Kontekst upotrebe može biti definisan pomoću skupa korisnika, zadataka i sredine (okruženja). Kvalitet u upotrebi (meren efektivnošću, efikasnošću i zadovoljstvom) je rezultat interakcije između korisnika i proizvoda dok obavlja zadatke u tehničkom, fizičkom, socijalnom i organizacionom okruženju (Slika 2.).



Slika 2. Glavni subjekti modela kvaliteta i njihov odnos (ISO 25010)

Kvalitet u upotrebi ne određuje samo proizvod, već i kontekst u kome se koristi: određeni korisnici, zadaci i okruženja. Tako na primer, proizvod koji je neupotrebljiv od neiskusnih korisnika može biti sasvim upotrebljiv od obučanih korisnika. Pojam „kontekst“ obuhvata kako karakteristike korisnika i radnih ciljeva koje oni treba da

ostvare, tako i karakteristike tehničke, fizičke i organizacione sredine u kojoj oni rade.

U fazi analize zahteva, ključna pitanja o kojima treba odlučiti su izbor zadataka za evaluaciju i identifikacija profila korisnika za evaluaciju, uzimajući u obzir raspoloživost odgovarajućih korisnika u skladu sa sredstvima i vremenom potrebnim za evaluaciju. Karakteristike korisnika su bitan faktor upotrebljivosti, ali u mnogim slučajevima će biti potrebno da se proceni proizvod odvojeno za različite grupe korisnika koji obavljaju različite zadatke. Ovo važi kako za procenu atributa upotrebljivosti tako i za ocenu kvaliteta u upotrebi.

ANALIZA KORISNIKA I ZADATAKA

U situaciji kada su korisnici raznovrsni, poznavanje njihovih karakteristika, njihovih zadataka i sklonosti, od ključnog su značaja da se obezbedi upotrebljiva Web aplikacija [5], [6], [7]. Pored toga, faktori, kao što su želje, iskustva, sposobnosti i zadaci utiču na reakciju korisnika prilikom različitih predstava sličnih geoprostornih podataka. Iz tog razloga, a radi identifikovanja i boljeg razumevanja potreba, sklonosti i zahteva zainteresovanih grupa u toku korišćenja Web aplikacije neophodno je da se istraži njihova reakcija [8].

Vrlo često je teško definisati prosečnog korisnika, te da bi se prevazišao nastali problem korisnici se mogu podeliti u grupe korisnika. Za grupe korisnika opisuju se njihova starost, obrazovanje, znanje, veštine, fizičko, socijalno i kulturno okruženje. Za proizvode koji se koriste za rad treba prikupljati i informacije vezane za posao: glavni zadaci, odgovornosti, kontrola opterećenja itd. Koncept "korisnika" je definisan da uključuje svakoga čiji život i rad zavisi na neki način od sistema. U definisanju aktera, zainteresovane strane su svako ko je pogođen uspehom ili neuspehom sistema. Analiza zainteresovanih strana pruža polaznu osnovu za uspostavljanje zahteva svih ključnih zainteresovanih grupa. Na primer, prilikom procene kvaliteta u upotrebi testiranjem korisnika, neophodno je izabrati reprezentativnu skup korisnika i zadataka za evaluaciju.

Analiza zadataka treba da proizvede jasnu sliku o tome šta sistem treba da uradi [9]. Zadatak obuhvata ljudske aktivnosti da se postigne cilj. Zadatak se modelira kao hijerarhija podzadataka. Dekompozicija se jednostavno nastavlja koliko je potrebno, što zavisi od cilja sistema. Za svaki zadatak i podzadatak treba objasniti:

- Korisničke ciljeve: Zašto se nešto radi?
- Korišćene metode (alati, podela i redosled podzadataka): Kako se to radi?
- Preduslovi: Koji resursi (informacije) su potrebni? Koji drugi zadaci moraju biti prethodno završeni?
- Rezultati: Šta treba da se postigne? Koje se povratne informacije daju korisniku?
- Problemi i načini za njihovo prevazilaženje: Koje greške se mogu pojaviti i na koji način se mogu ispraviti?

- Frekvencija: Koliko često se nešto uradi?

Najvažniji zadaci radi boljeg razumevanja mogu se napisati kao scenarija. Scenario je obično tekstualni opis kako se stvari rade sada ili u budućnosti. Mogu da se koriste fotografije ili crteži umesto teksta. Scenariji određuju način na koji korisnici obavljaju svoje zadatke u određenom kontekstu.

U većini istraživanja iz raznih razloga nije moguće obuhvatiti celokupni skup zainteresovanih strana (potpuno posmatranje), već samo njegov deo (uzorak), pa se na osnovu rezultata dobijenog ispitivanjem uzorka izvodi zaključak o celokupnom osnovnom skupu (delimično posmatranje). Na ovaj način, metodom uzorka, mogu da se predvide slučajevi koji nisu obuhvaćeni istraživanjem. Uzorak predstavlja podskup osnovnog skupa, dobijen nekim procesom izbora, koji obuhvata izabrane jedinice posmatranja iz osnovnog skupa sa ciljem da ga reprezentuju u toku ispitivanja svojstava osnovnog skupa kojem pripada. Međutim, neophodno je ispuniti određene uslove da bi se rezultat dobijen ispitivanjem uzorka mogao uopštavati na osnovni skup. Metod uzorka predstavlja metod delimičnog posmatranja statističke mase, gde se posmatra samo deo jedinica iz celog osnovnog skupa, odabranih prema određenom kriterijumu. Osnovne osobine ocena koje se dobijaju pomoću uzoraka su: nepristrasnost, preciznost i tačnost. Metode uzimanja uzoraka iz osnovnog skupa predstavljaju skup pravila i postupaka određenog načina izvlačenja uzorka. Na osnovu izabranih kriterijuma, stratifikovani uzorak se dobija tako što se prethodno članovi osnovnog skupa podele na prirodne podskupove, tj. „stratume“ (čime se stvaraju homogene klase u odnosu na dato svojstvo), da bi se iz svakog od njih izvukli nezavisni slučajni uzorci.

Radi olakšanja dijaloga sa potencijalnim korisnicima razvijene su mnoge tehnike, obzirom da se do pojedinih podataka može doći jedino u neposrednom kontaktu sa korisnikom. Zbog brojnih prednosti, tehnika anketiranja se najčešće koristi za prikupljanje osnovnih podataka o korisnicima i zadacima. Prednost ove tehnike nad drugim istraživačkim tehnikama ogleda se i u činjenici da je vremenski ekonomičnija, na primer od intervjuisanja, jer omogućava istovremeno prikupljanje podataka od većeg broja ispitanika. Uz to, izrada anketnog lista ne zahteva duge organizacijske pripreme i veliki naučni aparat, a time ni velike materijalne troškove.

Kao instrument za prikupljanje podataka ova tehnika koristi upitnik. Upitnik je sastavljen tako da ispitanici, svoje odgovore (sudove) na ponuđena pitanja, različitog sadržaja, mogu rangirati (skalirati) na petostepenoj skali intervalnog tipa. Pri tome, prva dva stepena u skali predstavljaju negativne vrednosti, treći je neutralni stepen, dok četvrti i peti predstavljaju dominaciju pozitivnih utisaka. Vrednovanje odgovora je jednostavno, petostepeno, tako da je najniža vrednost na skali ocenjivanja 1, a najviša vrednost odgovora broju 5. Sabiranje odgovora svakog pojedinca za sve stavke vrši se na taj način što im se pripisuju vrednosti gornjih pet

kategorija sa 1, 2, 3, 4 i 5. Za kvantifikovanje kvalitativnih činjenica koristi se tehnika skaliranja. Pri tom je, radi veće preciznosti stava, putem skale rangova, ispitanicima nudi da ocene, tj. vrednuju, attribute pojedinih varijabli iskazanih preko pitanja. Ova tehnika omogućava da se od ispitanika dobije što više različitih mišljenja, iskaza i tvrdnji, pozitivnih i negativnih, a koje se odnose na ciljeve i zadatke.

Cilj ovog rada je da se prikažu raspoložive tehnike za identifikovanje relevantnih karakteristika nameravanog konteksta. Za prikupljanje potrebnih podataka potrebno je sastaviti upitnik koji će sadržati određeni broj pitanja. Za kreiranje anketnih pitanja i upitnika, može se koristiti okvir publikovan u [10] koji se sastoji od više dimenzija uspostavljenih za merenje više konkretnih informacija, sa aspekta korisnika i zadataka. Prva dimenzija se bavi individualnim karakteristikama korisnika koji imaju uticaj na upotrebu aplikacije. Ova dimenzija obuhvata dva parametra: demografiju i prethodno iskustvo. Prethodno iskustvo korisnika je važan faktor koji utiče na korišćenje informacionih usluga jer novi korisnici (početnici) i stručni korisnici (eksperti) obično imaju značajno različita očekivanja i rezultate učinka. Pitanjima iz ovog dela ankete se identifikuje demografski profil potencijalnog korisnika i saznaju se pojedini podaci o statusu, obrazovanju, predznanju i raspoložibom iskustvu. Druga dimenzija ima nameru da razume korišćenje Web aplikacije iz perspektive zadatka tumačenjem motiva korisnika (informativni, sticanje znanja) i karakteristika zadatka kada koristite Web aplikaciju. Motivi i ciljevi vode korisnika da aplikaciju koristi u različitim pravcima [11, 12], na primer, u informativne svrhe, da nauče nešto i da steknu znanja, da se dobije sadržaj na raspolaganju (na primer, preuzimanje mapa). Ovi pravci će korisnicima, kroz proces pretraživanja informacija, stvarati različiti utrošak vremena i nejednake pogodnosti. Grupom pitanja iz ove dimenzije žele se saznati motivi i karakteristike najčešće korišćenih funkcionalnosti aplikacije da bi dostigli željeni ciljevi. Upitnici se baziraju na atributima vrednovanja iskazanim preko zavisnih parametara u obliku pitanja i služe da korisnici iskažu svoje stavove i mišljenja o motivima, ciljevima i načinu upotrebe Web aplikacije. Svako pitanje koje sadrži upitnik mora biti jasno definisano i mora biti objašnjen način na koji treba da se odgovori. Za svaki ponuđeni odgovor određuje se težina čija je svrha u narednoj fazi vrednovanja rezultata, tj. analize rezultata. Treća grupa pitanja iskorišćena je za procenu fizičkog i tehničkog okruženja u kome se koristi Web aplikacija.

SPECIFIKACIJA KORISNIKA

Da bi testirali upotrebljivost, potrebni su korisnici. Izbor, pronalaženje i dostupnost korisnika za testiranje često može biti vrlo težak zadatak. To je i jedan od razloga što se testiranje upotrebljivosti ne vrši češće. Proces pronalaženja korisnika zavisi od toga šta se testira, vrste korisnika koji su nam potrebni i faze testiranja.

Uzimajući u obzir raspoloživost sredstava i vremena potrebnog za evaluaciju nije realno da se testiranje

upotrebljivosti realizuje sa svim korisnicima. Iz tog razloga primenjuje se metod delimičnog posmatranja. Međutim, na početku je neophodno definisati uzorak koji će predstavljati reprezentativnu kombinaciju korisnika. Prilikom definisanja uzorka nameću se dva problema: definisanje veličine uzorka u njegova podela na podskupove. Pravilan izbor veličine uzorka i njegova stratifikacija najviše utiču na tačnost i nepristrasnost rezultata i ključni su faktori koji omogućavaju njihovo uopštavanje. Pregledom ranijih istraživanja uočava se da se problemom veličine uzorka u prethodnim dekadama bavio značajan broj istraživača ali sam se ipak odlučio za matematički model određivanja broja korisnika za pronalaženje problema upotrebljivosti u testovima upotrebljivosti koji je predložio Nielsen u [13], [14]. Njegova preporuka je da se „najbolji rezultati postižu testiranjem ne više od 5 korisnika izvršenjem više manjih testova koliko možete priuštiti“. Dakle, u tom slučaju moguće je pronaći 85% problema upotrebljivosti [14], što se vidi na Slici 3.



Slika 3. Verovatnoća pronalaženja problema upotrebljivosti u odnosu na broj testiranih korisnika

Izuzetno, dodatni broj korisnika je potrebno uključiti u situacijama kada postoje nekoliko različitih kategorija korisnika. U tom slučaju, da bi se osigurala pokrivenost raznolikosti ponašanja u grupi, preporuka je da se izaberu najmanje 3 korisnika iz svake kategorije.

Osim toga, veći broj testiranja, čak i sa manjim brojem korisnika, može doneti bolje rezultate od jednog testiranja sa većim brojem korisnika [15].

Individualne karakteristike korisnika i promenljivost u zadacima su faktori sa najvećim uticajem na upotrebljivost [13], tako da demografija korisnika treba da bude pažljivo proučavana. Da bi se poboljšala upotrebljivost potrebno je izvršiti identifikaciju krajnjih korisnika Web aplikacije, zadatke koji oni izvršavaju da bi postigli željene ciljeve, kada i gde oni koriste aplikaciju, njihove reakcije i očekivanja od aplikacije. Za pravilnu podelu korisnika po grupama neophodno je identifikovati sve moguće uloge krajnjih korisnika i njihove sposobnosti.

Međutim, vrlo je važno da grupa korisnika koji učestvuju u testu bude uparena sa ciljnom grupom korisnika aplikacije koja se ocenjuje. U tu svrhu, radi izrade demografskog profila tipičnih korisnika, bilo je potrebno

prikupiti njihove atribute iz različitih aspekata, kao što su pol, starost, obrazovanje, zanimanje, iskustvo itd.

Nakon sprovođenja ankete, prokupljaju se podaci o korisnicima. Na osnovu statističkih proseka i demografske strukture vrši se distribucija korisnika u podskupove koji reprezentuju nameravanu ciljnu grupu korisnika. Na osnovu uloge korisnika potencijalni korisnici mogu biti klasifikovani u tri apstraktne kategorije: primarni, sekundarni i indirektni korisnici. U kategoriju primarnih korisnika svrstane su osobe koje su neposredni korisnici Web aplikacije i dele se na početnike (neiskusne) i napredne korisnike. Kategoriji sekundarnih korisnika pripadaju IT stručnjaci koji imaju iskustvo sa Web aplikacijama i u funkcionalnoj nadležnosti im je IT podrška. Indirektni korisnici su osobe koje su uglavnom rukovodioci i nisu neposredni korisnici ali koriste podatke iz Web aplikacije u vidu vizuelnih prikaza ili štampanih izlaza. U kontekstu primene svaki tip korisnika ima svoj ugao posmatranja i potrebe za kvalitetom u upotrebi.

Za izradu demografskog profila potencijalnih korisnika Web aplikacije korišćena je studija [16]. Proučavanjem demografske pozadine grupa korisnika, može se zaključiti da dobijeni rezultati mogu poslužiti kao okvirni kriterijum za izbor ispitanika u fazi sprovođenja testiranja. Dobijeni podaci mogu poslužiti kod izbora reprezentativnog uzorka za testiranje upotrebljivosti. Njegovom primenom bi se obezbedila zastupljenost svake grupe korisnika u uzorku srazmerna svojoj veličini što je uslov za ponovljivost rezultata.

DEFINISANJE ZADATAKA

U istraživanju upotrebljivosti "zadatak" za korisnika predstavlja misaonu aktivnost. Zadatak je redosled radnji i strukturiran skup aktivnosti u kojima se korisnik angažuje da postigne određeni cilj, pri čemu je „cilj“ željeno stanje sistema. Zadatak je ljudska aktivnost kojom korisnik postiže cilj modelovan kao hijerarhija podzadataka.

Nielsen [17] je sugerisao da se fokusiranjem na mali skup zadataka potpomaže racionalni razvoj softvera. Zbog toga je od suštinskog značaja da se, na osnovu njihovog značaja i frekvencije upotrebe, izabere prioritetan skup zadataka. Ovaj pristup garantuje da tokom test eksperimenta, u ograničenom vremenskom periodu, mogu biti završeni odgovarajući zadaci upotrebljivosti od strane korisnika i evaluirane najvažnije funkcionalnosti.

Analiza zadataka je proces sortiranja šta ljudi stvarno rade kada obavljaju zadatke, odnosno koje akcije sprovode, kako oni reaguju na različite signale u svom radnom okruženju i kako oni planiraju svoje aktivnosti. Cilj analize zadataka je da se odrede očekivanja korisnika i informacioni zahtevi tokom procesa planiranja evaluacije. Analiza zadatka treba da proizvede jasnu sliku o tome šta sistem treba da uradi [18].

Za modeliranje zadataka mogu se koristiti: metoda analize slučajeva upotrebe (Use Cases), metode zasnovane na scenariju (Scenario-based methods) i metoda

hijerarhijske analize zadataka (HTA - Hierarchical task analysis). Metoda analize slučajeva upotrebe razvija sistem iz perspektive kako bi korisnik želeo da ga koristi. Ovaj metod kombinuje jednostavan način snimanja korisničkog scenarija u tekstualnom dokumentu i dijagrame kako korisničke grupe interaguju dok koriste sistem. Metode zasnovane na scenariju opisuju sled događaja za vreme interakcije sa sistemom iz perspektive korisnika a opisi scenarija mogu biti kreirani pre nego se sistem izgradi tj. pre nego što se osete njegove posledice. Hijerarhijska analiza zadataka (HTA) opisuje zadatak u smislu hijerarhije poslova i planova zasnovanim na strukturiranim grafičkim zapisima. Ova metoda se zasniva na analizi zadataka u tri hijerarhijska nivoa: motivi za korišćenje i ciljevi koji se žele postići, zadaci kao strukturiran skup aktivnosti čijom se realizacijom oni postižu i jednostavne aktivnosti i radnje koje se moraju izvršavati po utvrđenom redosledu.

Zadaci upotrebljivosti treba da budu reprezentativni, izabrani da budu mogući predstavnici, i da obezbede razumnu pokrivenost najvažnijih delova korisničkog interfejsa i sistemskih funkcija [17]. Da bi se bezbedila polazna osnova za kreiranje liste reprezentativnih zadataka potrebno je prikupiti podatke i izvršiti analizu motiva, ciljeva i važnosti pojedinih funkcionalnosti Web aplikacije. Dobijeni odgovori doprinose izboru, projektovanju i određivanju važnosti reprezentativnih zadataka kojima će se testirati korisnici za procenu upotrebljivosti Web aplikacije. Stepent reprezentativnosti funkcija Web aplikacije može se izračunati kao proizvod prosečne frekvencije upotrebe funkcije i njene ocene prosečne važnosti. Na osnovu dobijenih rezultata utvrđuje se lista reprezentativnih zadataka i redosled pojedinih radnji za njihovu realizaciju. Reprezentativni zadaci obuhvataju najfrekventnije i najvažnije funkcionalnosti koje korisnici Web aplikacija najčešće koriste. Pre početka stvarnog testa upotrebljivosti, preporučuje se da se sprovede pilot testiranje liste zadataka za testiranje upotrebljivosti. Na ovaj način se obezbeđuje razumljivost jer se rezultati mogu iskoristiti za prečišćavanje projektovanih zadataka, kako korisnici dok obavljaju dodeljene zadatke za vreme testiranja, nemaju problema i terminoloških nedoumica.

RADNO OKRUŽENJE

Kontekst upotrebe čini radno okruženje u kojem se zapravo koristi proizvod (ili je namenjen da se koristi) i može značajno uticati na upotrebljivost proizvoda i zato je neophodno da se razmatra u ovoj fazi. Radno okruženje se može opisati atributima tehničkog, fizičkog i organizacionog okruženja. Karakteristike tehničkog okruženja (kao što su brzina procesora ili brzina pristupa Internetu), može imati uticaj na upotrebljivost proizvoda! Tehničko okruženje čini softver i hardver koji se koristi u sprezi sa proizvodom. Fizičko okruženje može imati dubok uticaj na upotrebljivost proizvoda. Loše osvetljenje ili buka na radnom mestu može zapravo ometati korisnike da primaju značajne povratne informacije iz proizvoda. Isto tako, loša ergonomija ili čak pozicija korisnika na radnom mestu u odnosu na lokaciju proizvoda može negativno uticati na upotrebljivost. Na kraju,

organizacione karakteristike (stavovi organizacije i njenih zaposlenih, način organizacije rada i učestalost prekida – odmora) takođe mogu uticati na upotrebljivost proizvoda.

Za prikupljanje podataka o karakteristikama tehničkog, fizičkog i organizacionog okruženja može se koristiti upitnik. Dobijeni odgovori svakako mogu poslužiti prilikom izbora testnog okruženja i simuliranja uslova koji će biti slični realnom ambijentu u kome se koristi Web aplikacija.

ZAKLJUČAK

Svest o kontekstu upotrebe nekog proizvoda je važna tokom celokupnog procesa razvoja. Da bi se razvio proizvod koji je pogodan i upotrebljiv za predviđene korisnike, potrebno je, u veoma ranoj fazi specifikacije proizvoda i dizajna, razmotriti kontekst u kome će se taj proizvod koristiti.

Kao prvi korak u proceni kvaliteta softvera neophodno je definisati ili izabrati model kvaliteta sa skupom karakteristika kvaliteta koje treba oceniti.

Kvalitet softvera u celini je teško definisati pa zato i teško izmeriti. Očekuje se da relativni značaj karakteristika kvaliteta zavisi od domena ili konteksta upotrebe, gde je za neke karakteristike jedan domen veoma važan, a za druge domene ista karakteristika je manje važna ili nevažna. Postojeći modeli kvaliteta su suviše uopšteni da bi dali pokriće za sve domene primene. Očekuje se da za neke domene redukovani skup karakteristika može da se koristi za procenu kvaliteta. Mogu se čak definisati različiti modeli kvaliteta za procenu kvaliteta softvera u različitim domenima primene. Potrebno je da ovi modeli kvaliteta budu zasnovani na aktuelnom ISO modelu kvaliteta, uz moguće korekcije za specifičan domen primene, što će usloviti redukciju ili proširenje karakteristika kvaliteta.

Kada je proizvod ili prototip dostupan, evaluacija može pomoći da se proceni upotrebljivost tog proizvoda. Da bi rezultati procene upotrebljivosti imali smisla i bili od značaja, mora se odvijati u reprezentativnim uslovima u kojima će proizvod zaista biti korišćen.

LITERATURA

- [1] ISO/IEC 9126: 1991/2001.
- [2] ISO 9241-11, "Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) – Part 11: Guidance on usability," Geneva, Switzerland: Author., 1998.
- [3] Bevan, N., "Common Industry format usability tests", Serco usability services 4 sandy lane, Teddington, Middx, TW11 0 DU, UK., 1999.
- [4] ISO/IEC CD 25010.3: 2011, "Systems and software engineering – Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Software product quality and system quality in use models",. ISO (2011).
- [5] Jokela, T., Iivari, N., Matero, J., & Karukka, M. (2006) The standard of user-centered design and the standard definition of usability: analyzing ISO 13407 against ISO 9241-11. In Proceedings of the Latin American conference on Human-computer interaction. Rio de Janeiro, Brazil: ACM, pp. 53-60.
- [6] van Elzakker, C. P. J. M. (2000). Use and users of maps on the web. *Cartographic Perspectives*, 37(Fall), 34-50.
- [7] Williams, D., & Lafrenière, P. (2005). The atlas of Canada in education. Paper presented at the Joint ICA Commissions Seminar on Internet-based cartographic teaching and learning: Atlases, map use, and visual analytics, Madrid.
- [8] Nielsen, J. (1992) The Usability Engineering Lifecycle. *IEEE Computer*, Vol. 25, No. 3, pp. 12-22.
- [9] Faulkner, X. (2000) *Usability Engineering*, Palgrave, Grassroots Series, 244p.
- [10] Chang, K. (Grace), An Analytic Characterization Of Webgis Utilization In Recreation And Tourism Information Search, Dissertation Abstracts International, Volume: 70-09, Section: A, page: 3635, 2009.
- [11] Rose, D. E., & Levinson, D. (2004). In Understanding user goals in Web search (pp. 13–19). Paper presented at the World Wide Web conference (WWW 2004), 17–22 May, New York, NY, USA
- [12] Jansen, B. J., Booth, D., and Spink, A. (2008) Determining the informational, navigational, and transactional intent of Web queries, *Information Processing & Management*. 44(3), 1251-1266.
- [13] Landauer, T. K., & Nielsen, J. (1993). A mathematical model of the finding of usability problems. *Interchi '93, ACM Computer-Human Interface Special Interest Group*.
- [14] Nielsen, J. (2000, March). Why you only need to test with 5 users: Alertbox. Retrieved february 07, 2017 from <https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/>
- [15] Krug, S. (2005): Don't make me think: A common sense approach to Web usability, 2nd ed. Berkeley: New Riders Press, 2005, chap. 9.
- [16] Calisir, F., Gumussoy, C. A., Bayraktaroglu, A.E., and E. Saygivar (2011). Usability and Functionality: A Comparison of Key Project Personnel's and Potential Users' Evaluations. Proceedings of the International Conference on Computer, Electrical, and Systems Sciences, and Engineering, November 14-16, Paris-France, pp. 204-208.
- [17] Nielsen, J. (1993): *Usability Engineering*, Academic Press.
- [18] Faulkner, X. (2000) *Usability Engineering*, Palgrave, Grassroots Series, 244p.

PRINCIPI DVO-FAKTORSKE PROVERE IDENTITETA KORISNIKA U WEB APLIKACIJAMA

PRINCIPLES TWO-FACTOR AUTHENTICATION IN WEB APPLICATIONS

Predrag Živić, dipl.inž.informatike
Ministarstvo finansija – Uprava za trezor

Sadržaj – Ovaj rad predstavlja opis dvo-faktorske provere identiteta korisnika i praktične primene u dizajnu rešenja za web aplikacije. Dat je opis principa i arhitekture rešenja. Ključna reč: Zaštita i sigurnost podataka

Abstract – This paper presents a description of the two-factor authentication and practical application in the design of solutions for web applications. It also provides the description of the principles and architecture solutions. Keyword: Privacy and Data Security.

1. UVOD

Jedan od kritičnih momenata u svakom bezbednosnom sistemu jeste proces provere identiteta na prvom mestu korisnika, aplikacija koje pristupaju određenim resursima (baza podataka ili neki udaljeni servis) ili uređaja pre nego što dodeljujemo pravo pristupa osetljivim sadržajima, podacima ili sistemima.

Engleska reč *Authentication* se odnosi na proveru identiteta, kod nas se u inženjerskim okvirima koristi termin Autentifikacija sa definicijom: „Autentifikacija je proces određivanja identiteta nekog subjekta, najčešće se odnosi na fizičku osobu, u praksi subjekt daje određene podatke po kojima druga strana može utvrditi da je subjekt upravo taj kojim se predstavlja“.

Najjednostavnija šema za proveru identiteta korisnika tj. autentifikacija, jeste Korisničko ime eng. *User name* i Lozinka eng. *Password*. Dodatno srećemo pametne kartice eng. *Smart cards*, Bezbednosne token uređaje ili jednostavno token eng. *Security token device*, personalne identifikacione brojeve eng. *PINs*, mobilne i biometrijske uređaje. Različiti mehanizmi provere identiteta dolaze od potrebe za različitim stepenima obezbeđivanja identiteta korisnika. Stepen obezbeđenja identiteta korisnika direktno utiče na cenu implementacije.

Jači sistem autentifikacije eng. *Strong authentication* se često koristi u finansijskim i bankarskim sistemima u situacijama kada je potrebno dodatno štititi pristup osetljivim podacima i sistemima. Ovde se srećemo sa pojmom **Višestruki faktor autentifikacije** koji podrazumeva faktor znanja, faktor posedovanja i faktor pripadanja eng. *Knowledge factor*, *Possession factor*, *Inherence factor*. Faktor znanja „nešto što znaš“ može biti lozinka ili PIN kod. Faktor posedovanja „nešto što imaš“ može biti sigurnosna kartica, token ili mobilni telefon ponekada softverski token. Faktor pripadanja „nešto što jesi“ može biti potpis, otisak prsta ili mrežnjače, DNK, lice, glas i druge jedinstvene biometrijske karakteristike. Za osnovnu autentifikaciju dovoljno je da je jedan faktor ispunjen da bi

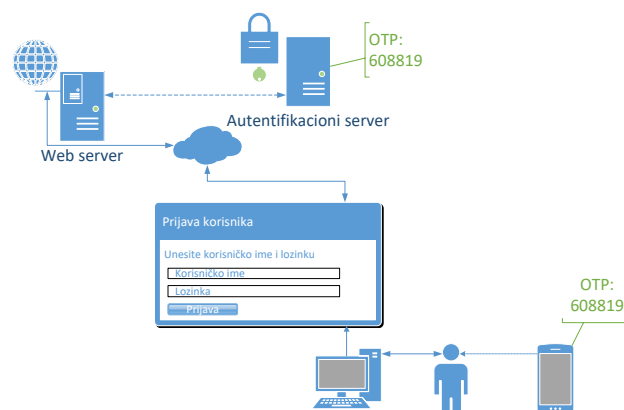
smo autentifikovali entitet. Za jači sistem autentifikacije treba da su ispunjena **Dva faktora autentifikacije**, popularno se naziva eng. *Two-factor authentication - 2FA*.

Primer: Bankomat poseduje autentifikacije sa dva faktora. Bankomat traži od korisnika bankovnu karticu čime korisnik potvrđuje svoj identitet, faktor „nešto što imaš“. Bankomat od korisnika traži dodatnu proveru identiteta, korisnik treba da unese PIN kod (eng. *Personal identification number*) to je faktor „nešto što znaš“. U slučaju da je korisnik izgubio karticu, račun korisnika je bezbedan jer PIN kod je poznat samo vlasniku kartice. Sama kartica bez PIN koda je neupotrebljiva na bankomatima. Isto tako ukoliko neko nekim slučajem sazna korisnikov PIN, on je neupotrebljiv bez kartice.

Dvofaktorski autentifikacioni metod je baziran na različitim tehnologijama, najizrazitiji metod jeste lozinka za jednokratnu upotrebu eng. *One Time Password OTP* i infrastruktura javnih ključeva eng. *Public Key Infrastructure PKI*.

2. LOZINKA ZA JEDNOKRATNU UPOTREBU

Lozinka za jednokratnu upotrebu eng. *One Time Password OTP* je forma simetrične autentifikacije, gde se lozinka simultano generiše na dve lokacije, na autentifikacionom serveru i na tokenu koji može da bude hardver ili softver koji poseduje korisnik. Ako se lozinka generisana na autentifikacionom serveru i kod korisnika poklapa autentifikacija je uspešna.



Ilustracija 1. Princip dvo-faktorske autentifikacije korisnika principom jednokratne lozinke (OTP)

Statičke lozinke se uobičajeno ne menjaju često. Korisnik definiše svoju lozinku i zapamti je. Kod svake prijave na sistem korisnik uvek koristi istu lozinku. Ukoliko je zaboravi može od sistema da zatraži promenu lozinke, tada na

adresu elektronske pošte dobija novu inicijalnu lozinku koju mora da promeni na određenoj lokaciji u okviru web aplikacije. Na neki način adresa elektronske pošte je potvrda korisnikovog identiteta.

Lozinke za jednokratnu upotrebu nisu unapred poznate korisniku niti sistemu, jer se generišu po određenom algoritmu. Obično predstavljaju kombinaciju od 6 brojeva i ono što je najvažnije, mogu se upotrebiti samo jednom odnosno njihov životni vek je kratak – 60 sekundi. Ako se dogodi da napadač dođe u posed lozinke nakon kratkog vremenskog perioda neće imati nikakve koristi od iste jer je isteklo vreme važnosti takve lozinke.

Prednost jednokratnih lozinke je i ta da korisnik ne mora da je pamti niti da je zapisuje, što je uvek sigurnosni problem sa statičkim lozinkama. Jednokratne lozinke štite korisnike od takozvanih *phishing*¹ i *pharming*² napada i ujedno štete koja može da nastane otkrivanjem poverljivih informacija (krađa i zloupotreba identiteta, finansijska šteta i drugo).

3. TEHNIKE ZA GENERISANJE JEDNOKRATNIH LOZINKI

Tehnike za generisanje jednokratnih lozinke temelje se na nekoliko različitih načina rada. Mogu se podeliti u nekoliko kategorija: Matematički algoritmi, Vremenska sinhronizacija, Challenge-based.

3.1 Matematički algoritmi

Kod ove tehnike generisanje jednokratnih lozinke koriste se matematički algoritmi koji na osnovu korisničke statičke lozinke generišu niz jednokratnih lozinke. Tom prilikom koristi se jednosmerna funkcija koja je dizajnirana tako da je nemoguće obrnutim postupkom doći do statičke lozinke korisnika. Napadač ne bi mogao iz privremene lozinke otkriti statičku te kasnije po potrebi generisati nove privremene lozinke. Ovakva se funkcija naziva Kriptografska heš funkcija eng. *Cryptographic hash function* i ima veliku primenu u kriptografskim sistemima. Slučajne ili namerne promene u unesenim podacima promeniće vrednost tzv. heša. Podaci koje je potrebno šifrirati nazivaju se porukama, a vrednosti heša rezultatom poruke. Kriptografske heš funkcije se koriste u elementima za zaštitu informacionih sistema prilikom izrade digitalnih potpisa eng. *Digital signature*, sistema javnih ključeva eng. *Public key infrastructure system*, autentifikacionih kodova poruka eng. *Message authentication code*. Ovaj tip funkcija mora da bude otporan na takozvane *brut force*³ napade. Postoji velik broj heš funkcija i kod većina postoje određene ranjivosti. MD5 algoritam je pouzdan za razliku od MD4 gde su uočeni propusti. U upotrebi su SHA-1, SHA-256 i SHA-512 algoritmi. Najpopularniji algoritmi su SHA-1 i MD5.

¹ *Phishing* odnosno krađa identiteta je vrsta prevare putem elektronske pošte gde se žrtva navodi da otkrije lične podatke (korisničko ime, lozinku, broj računa i drugo). Naziv dolazi od engleske reči „fishing“ što znači pecanje. Reči se izgovaraju isto ali se pišu različito.

3.2 Vremenska sinhronizacija

Vremenska sinhronizacija je tehnika generisanja jednokratnih lozinke najčešće vezana uz token uređaje pomoću kojih se generišu jednokratne lozinke. Princip rada je da se u okviru token uređaja nalazi tačan vremenski sklop koji je sinhronizovan sa autentifikacionim serverom. Kao komponenta za generisanje lozinke koristi se vreme. Vremenski sinhronizirani uređaj kojim se generišu jednokratne lozinke sadrži prethodno uneseni ključ kojim proizvođač raspoznaje korisnike. Svaki korisnik ima različiti ključ koji možemo da nazovemo korisnički identifikator eng. *User Id*. U vremenskim razmacima od 30 do 60 sekundi uređaj generiše jednokratne lozinke zasnovane na korisnikovom identifikatoru. Korisnik na displeju token uređaja može da vidi ispisanu jednokratnu lozinku koju u kombinaciji sa svojom statičkom lozinkom (npr. PIN) koristi kako bi potvrdio svoj identitet. Važno je napomenuti da ne postoji mogućnost da uređaj u dva različita vremenska trenutka generiše istu lozinku. Jednokratnu lozinku moguće je iskoristiti u određenom vremenskom razmaku (najčešće 120 sekundi). Po isteku tog vremena autentifikacioni server više neće prihvatati lozinku kao važeću, korisnik će morati da generiše novu lozinku putem token uređaja.

Token uređaj može da bude zasnovan na vremenskom intervalu eng. *Timed based* i zasnovan na događaju eng. *Event base*. Nova lozinka se generiše kod tokena zasnovanih na vremenskom intervalu na svakih 30-60 sekundi, dok se kod tokena zasnovanom na događaju nova lozinka generiše pritiskom na taster tokena.

3.3 Challenge-based

Pod pojmom eng. *Challenge* bukvalni prevod je izazov, smatra se numerička vrednost koju korisnik dobija od autentifikacionog servera kako bi pomoću uređaja ili programa generisao jednokratnu lozinku. Ova se tehnika takođe temelji na vremenskoj sinhronizaciji.

Autentifikacija challenge-based tehnikom ima sleći tok:

- Korisnik šalje autentifikacionom serveru zahtev za prijavu;
- Na osnovi zahteva za prijavu, autentifikacioni server korisniku šalje tzv. Izazov eng. *Challenge* koji predstavlja numeričku vrednost određene dužine;
- Korisnik mora da unese Izazov u token uređaj na osnovu koga token generiše odgovor na izazov eng. *Challenge response*;
- Dobijenu vrednost korisnik unosi u aplikaciju za autentifikaciju kako bi mu autentifikacioni server odobrio pristup;

² *Pharming* je napad koji za cilj ima preusmeravanje HTTP zahteva korisnika na lažirane i zlonamerne lokacije umesto na originalne. Slično pecanju, korisnik koji je uspešno prevaren ostaviće osetljive podatke na Web stranici napadača.

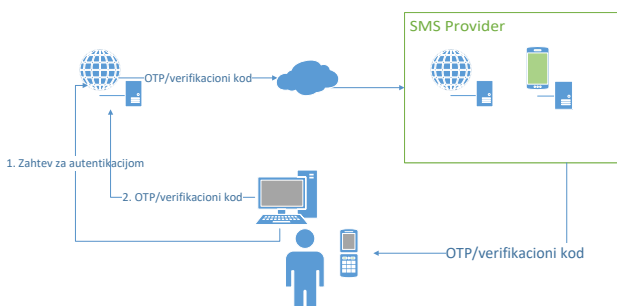
³ *Brute force* napad ili napad uzastopnim pokušavanjem često se koristi za probijanje lozinke ili raznih šifriranja.

- Autentifikacioni server generiše odgovor na izazov. Ako su oba odgovora na izazov, onaj na displeju tokena i na autentifikacionom serveru, jednaka autentifikacioni server odobrava pristup korisniku.

Čak i ako se dogodi da autentifikacioni server korisniku pošalje isti izazov dva puta, korisniku će uređaj prikazati dva različita odgovora na izazov, jer se radi o različitim vremenskim trenucima. Ovo upućuje na činjenicu da nije moguće dva ili više puta generisati istu jednokratnu lozinku, bez obzira na izazov. Ova je tehnika sigurnija od tehnike Vremenske sinhronizacije. Uređaj za generisanje jednokratnih lozinki je takođe vremenski sinhronizovan sa autentifikacionim serverom, ali je dodata još jedna zaštita, izazov autentifikacionog servera. Uređaj generiše jednokratne lozinke na temelju vremenskog trenutka i izazova autentifikacionog servera. Primer autentifikacije ovom tehnikom moguće je videti kod izvršavanja bankarskih transakcija putem Interneta.

4. SMS VERIFIKACIONI KÔD

Jednokratne lozinke mogu da se šalju kao pojedinačne notifikacije korisnicima SMS porukama *eng. Short Message Service*. Pojedinačna notifikacija je individualna poruka koju se šalje korisniku i sadrži obaveštenje inicirano nekom promenom u bazi podataka. Pojedinačne notifikacije dostupne su korisnicima bez vremenskog ograničenja (24x7). Preduslov za pružanje usluga jeste broj mobilnog telefona korisnika kao i njegova saglasnost da prima poruke ove vrste. Jedan od načina povezivanja između autentifikacionog sistema do dobavljača usluge slanja poruka moguć je preko interneta, VPN ili SSL protokolom. Protokol *SSL eng. Secure Socket Layer* obezbeđuje mehanizme za identifikaciju dva sagovornika povezana računarskom mrežom i zaštićeni prenos podataka između njih i obezbeđuje sledeće ciljeve: kriptografska zaštita, nezavisnost od softvera i hardvera, proširivost i efikasnost [1]. Tehnologija dolaznog i odlaznog saobraćaja se odvija putem WEB servisa (SOAP poruka preko HTTP-a).



Ilustracija 2. Primena SMS servisa kod slanja SMS verifikacionog kôda

Jedan od scenarija za jači sistem autentifikacija jeste provera SMS kôda. Na primer:

- Korisnik unosi korisničko ime i lozinku;
- Sistem proverava kredencijal i ako je u redu korisniku šalje na mobilni telefon SMS poruku koja sadrži verifikacioni kôd (sistemu je poznat broj mobilnog telefona korisnika);
- Korisnik prima verifikacioni kôd na svom mobilnom telefonu i unosi verifikacioni kôd u okviru aplikacije;

- Verifikacioni kôd mora da ima kratko vreme trajanja odnosno ukoliko korisnik ne unese verifikacioni kôd posle npr. 2 minuta, mora da ponovi proces unosa korisničkog imena i lozinke da bi dobio novi verifikacioni kôd.

Drugi način slanja SMS poruka jeste preko SMS gateway uređaja. Ovaj uređaj omogućava slanje i primanje SMS poruka računarima preko telekomunikacione mreže. Poruke se prenose u okviru mreže mobilnih operatera i nije neophodna Internet konekcija.

5. PKI AUTENTIFIKACIJA

Javni ključ je poznat onim osobama s kojima korisnik želi da komunicira, dok je privatni ključ tj. tajni ključ poznat korisniku koji je ovlašćen da dešifruje poruke. Privatni i javni ključ se matematički povezani, ali se privatni ključ ne može odrediti na osnovu javnog ključa. [1]

PKI autentifikacije odnosno autentifikacija infrastrukturom javnih i privatnih ključeva je oblik asimetrične provere identiteta jer se oslanja na paru šifrovanih ključeva - privatnom i javnom ključu. Smart kartice i USB tokeni su zasnovani na sertifikatima i predstavljaju hardver projektovan da skladišti privatne ključeve na jedan bezbedan način.

Kada se autentikujete na vaš mrežni server, server izdaje takozvani izazov. Taj izazov je potpisan vašim privatnim ključem. Ako postoji matematička korelacija odnosno poklapanje između potpisanog „izazova“ i vašeg javnog šifrovanog ključa (poznat vašem mrežnom serveru), autentifikacija je uspešna i dobijate pravo pristupa mrežnim resursima (ovo je poprilično pojednostavljeno). [2]

6. TOKEN UREĐAJ

Token uređaj je hardver sa ekranom od tečnog kristala koji generiše lozinku za jednokratnu upotrebu *eng. One Time Password - OTP*. Postoje Asinhroni i Sinhroni token uređaji.



Ilustracija 3. Bezbednosni token uređaj *eng. Security token device*

Asinhroni token uređaji, takođe zvani tokeni bazirani na događaju ili odgovoru na izazov, dostavljaju lozinku za jednokratnu upotrebu kod svake upotrebe tokena. Može se konfigurisati da prestane sa radom na određeni datum.

Sinhroni tokeni uređaji ili tokeni bazirani na vremenu, koriste vreme kod računanja jednokratne lozinke. Vreme je

sinhronizovano između token uređaja i autentifikacionog servera. Vrednost trenutnog vremena je šifrovano zajedno sa tajnim ključem na token uređaju i dostavljena je subjektu kontrole za autentifikaciju. Tipičan sinhroni token uređaj generiše novi kod sastavljen od 6 do 8 cifara svakih 60 sekundi. Može se konfigurisati da prestane sa radom na određeni datum.

Za razliku od standardne autentifikacije lozinkom, kod token uređaja pored Korisničkog imena i Lozinke potrebno je saopštiti sistemu za autentifikaciju i Lozinku za jednokratnu upotrebu koju kreira uređaj - token. Ukoliko su korisničko ime i lozinka kompromitovani, korisnički nalog je i dalje bezbedan jer potencijalni napadač nema vlasnikov uređaj kojim bi generisao dodatnu jednokratnu lozinku. U suštini dovoljno je saopštiti samo korisničku identifikaciju i lozinku za jednokratnu upotrebu.



Ilustracija 4. Bezbednosni token uređaj *eng. Security token device* sa tastaturom *Challenge response*

6.1 Mobilna aplikacija

Aplikacija na mobilnom telefonu može da se koristi kao uređaj za generisanje lozinke za jednokratnu upotrebu umesto token uređaja. Time se smanjuju troškovi za nabavku i distribuciju token uređaja. Dovoljno je obezbediti korisnicima mogućnost da preuzmu aplikaciju koja obezbeđuje funkcionalnost generisanja lozinke za jednokratnu upotrebu. Pored mobilne aplikacije postoje i rešenja koja se instaliraju kao desktop aplikacije i funkcionišu po istom principu kao mobilna aplikacija.

7. KOJI JE NAJBOLJI METOD ZA DVO-FAKTORSKU AUTENTIFIKACIJU?

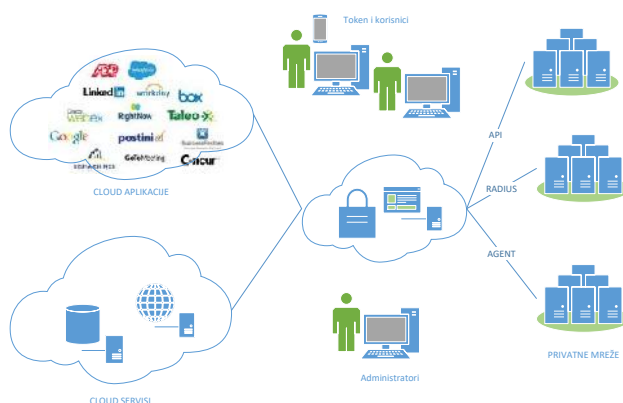
Jedno rešenje ne može da zadovolji sve potrebe. Neophodno je razmotriti nekoliko bitnih činioca koji utiču na izbor autentifikacionog mehanizma.

- Hardverski Token je standard. Jednostavan je za upotrebu i za implementaciju.
- Softverski token na mobilnom pametnom telefonu je dobro rešenje za napredne korisnike koji su stalno u pokretu. Poželjno je da je telefon zaštićen PIN kodom koji je poznat samo vlasniku čime se štiti aplikacija od neovlašćenog pristupa.
- Softverski token kao desktop aplikacija je jeftino rešenje za korisnike koji se autentifikuju na eksterne sisteme odnosno web aplikacije isključivo sa svoje radne stanice.

- Hardverski token sa izazovom je dobro rešenje za aplikacije gde je potreban dodatni nivo bezbednosti. Mana ovog rešenja je da prosečnim korisnicima može da bude komplikovan radni tok unosa izazova i generisanje tokena kao odgovora na izazov.

8. DVO-FAKTORSKE AUTENTIFIKACIJA U WEB APLIKACIJAMA

Autentifikacioni server je računar koji opslužuje autentifikacioni servis projektovan tako da proširuje autentifikacioni servis korisnicima u organizaciji ili na nekoliko organizacionih entiteta kao npr. centrala sa organizacionim jedinicama organizovanim u filijale i ekspoziture ili čak kao potpuno nezavisne organizacije (eksterni korisnici npr. lokalna samouprava ili organizacije držane uprave). Kao i drugi sistemi autentifikacioni server/servis mora da zadovolji attribute kvaliteta: bezbednost, dostupnost, proširivost, interoperabilnost.

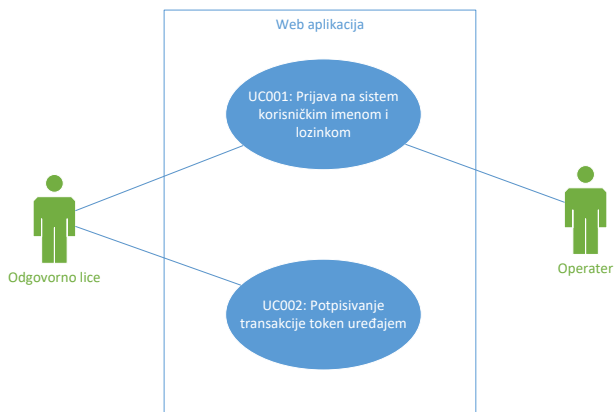


Ilustracija 5. Platforma Autentifikacioni servis

Za autentifikaciju se koristi korisnički identifikator i token. Korisnički identifikator je jedinstven za svakog korisnika. Za korisnički identifikator može da se koristi adresa elektronske pošte, mada neke preporuke kazuju da je bolje izabrati neki drugi identifikator. Preporuka je da se za administratorske naloge odnosno za korisnike koji imaju veća ovlašćenja ili je njihov bezbednosni rizik veći, koristi neka druga notacija, na primer prvo slovo imena i prezime ili ime[.]prezime. Obični korisnici mogu da imaju adresu elektronske pošte kao identifikator. Obični korisnici često zaboravljaju sistemske parametre pa je jednostavnije da koriste adresu elektronske pošte kao korisnički identifikator.

Slučaj korišćenja primene autentifikacije u aplikacijama. Kada želimo da smanjimo troškove autentifikacije možemo da primenimo jači sistem autentifikacije kod korisnika koji imaju određena ovlašćenja, kao na primer potpisivanje transakcija kada nam je potrebna veća bezbednost, odnosno dodatna provera identiteta kod izvršavanja osetljivih transakcija (plaćanje ili pristup funkcionalnostima koje imaju veći prioritet kod zaštite).

Svi korisnici pristupaju aplikaciji korišćenjem korisničkog imena i lozinke.



Ilustracija 6. Slučaj korišćenja prijave korisnika na sistem i potpisivanje transakcija

Korisnički kredencijali (korisničko ime o lozinka) mogu da se čuvaju u Aktivnom direktorijumu (AD) *eng. Active Directory* i da se sinhronizuju sa podacima Autentifikacionog servera.

Korisnički kredencijali (korisničko ime i lozinka) za eksterne korisnike mogu da se čuvaju i u bazi podataka. Odgovarajuća tabela korisničkih naloga treba da sadrži kolone *Password* i *PasswordSalt* koje skladište informacije za lozinku korisnika i dodatak „salt“ kod kojim se dodatno štiti lozinka korisnika. Lozinke se ne čuvaju kao običan tekst već isključivo kao heš dodatno heširan „salt“ kodom koji je jedinstven za svakog korisnika i korisniku nije poznat. Takođe sam heš ne može da se dekodira, tj. lozinka je poznata samo korisniku. Salt treba da predstavlja slučajaj broj *eng. Random number*. Za heširanje koristiti neku od biblioteka koje sadrže npr. SHA256 kriptografsku funkciju.

Kroz mrežu nikada ne treba prosleđivati osetljive podatke u formi običnog teksta. Obavezno je proslediti osetljive podatke kao što su lozinke i autentifikacioni „kolačići“ primenom *Secure Sockets Layer* SSL protokola za kriptovanje komunikacije. Kod prijave korisnika obavezno treba koristiti SSL protokol.

Umesto zaboravljene lozinke slati korisniku na korisnikovu adresu elektronske pošte inicijalni lozinku koju mora da promenu kod pristupa sistemu.

Intranet rešenje je rešenje namenjeno korisnicima korporativne mreže odnosno korisnicima koji imaju naloge na korporativnom AD-u. Interni korisnik svojim pregledačem pronalazi lokaciju Intranet web aplikacije koja proverava da li korisnik postoji u okviru AD-a (*eng. Windows credentials through Active Directory*). Ukoliko korisnički nalog postoji u AD i ne postoje njegova ograničenja, korisnik ima dozvolu za pristup Intranet web aplikaciji. Kada je korisnik autentifikovan, njegov identitet se dobija iz AD.

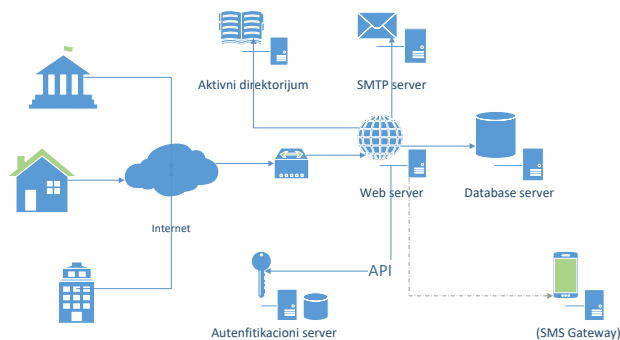
8.1 Bezbednost zasnovana na ulogama

Autorizacija je proces određivanja kojim korisnik može da izvrši određene akcije. Ona se dešava uvek posle autentifikacije, kada se dobije potvrda o korisničkom identitetu i pripadnost korisničkoj grupi. Na osnovu identiteta vrši se provera prava pristupa, odnosno koje operacije korisnik može da izvršava u sistemu. Bezbednost zasnovana na ulo-

gama *eng. Role Based Security* koristi se da bi se korisnicima dodelile odgovarajuće korisničke grupe tj. uloge i onda dodele prava pristupa svakoj ulozi pre nego samom korisniku. Ovaj način omogućava lakše upravljanje i administraciju korisnika. Lakše se dodeljuju prava ulogama kojih ima manje nego pojedinačnim korisnicima kojih ima daleko više. Bezbednost zasnovana na ulogama najviše je vezana za podvalu identiteta kao pretnje bezbednosti tako što neovlašćene korisnike sprečava da obavljaju operacije za koje nisu ovlašćeni. Bezbednost zasnovana na ulogama omogućava programskom kôdu da potvrdi identitet korisnika i njegovo članstvo grupi korisnika koji imaju određenu ulogu.

9. ARHITEKTURA REŠENJA

Najosnovnije komponente arhitektura rešenja su: Web server, Server baze podataka, Autentifikacioni server, Autentifikacioni API za povezivanje aplikacije sa autentifikacionim servisom, Aktivni direktorijum, SMTP server i opciono SMS Gateway.



Ilustracija 7. Jednostavni model uvođenja rešenja 2FA u web aplikacijama

Web server. Predstavlja set Internet baziranih servisa koji omogućavaju izvršavanje web aplikacija, prenosi zahteve od klijenata do aplikacije i vraća odgovore aplikacije klijentu. Ovi zahtevi i odgovori prenose se preko Interneta korišćenjem protokola za prenos hiperteksta *Hypertext Transport Protocol* – HTTP i HTTPS odnosno HTTP preko SSL, koji obezbeđuje bezbednu komunikaciju na mreži. Osnovni servis je WWW (World Wide Web Service), koji obezbeđuje neophodne funkcionalnosti za objavu *hypertext* dokumenata i isporuku drugih tipova sadržaja koji se koriste za distribuciju HTTP protokolom. Mora da obezbedi visoke performanse, širok opseg mogućnosti za podešavanja i da podrži bezbednosne i autentifikacione opcije.

Autentifikacioni server. Projektovan je da proširi autentifikacione servise korisnicima u okviru pravnih entiteta (organizaciji, državna uprava, komercijalan preduzeća) ili na nivou cloud aplikacija. Korisnik može na različitim sistemima ili aplikacija da koristi svoj jedinstveni korisnički identifikator i OTP lozinku dakle ne mora da pamti lozinke na različitim sistemima, čime se postiže konzistentnost i poznati način prijave korisnika na sistem. On sadrži svoju bazu podataka koja skladišti informacije o korisničkim identitetima i sve ostale informacije neophodne da bi obezbedio inventar token uređaja, autentifikaciju

korisnika, uvođenje korisnika u sistem (*provisioning procedure*), dnevnik pristupa, sistem za izveštavanje, konfiguracione parametre i drugo. Takođe oslanja se na web server kako bi obezbedio neophodne servise i izložio ih drugim servisima.

Autentifikacioni API. API *Application programming interface* predstavlja biblioteku koja sadrži set klasa koje obezbeđuju funkcionalnosti neophodne za komunikaciju sa autentifikacionom servisom koji se nalazi na autentifikacionom serveru. Njegova uloga je da omogući aplikaciji da prihvati korisnički identifikator, njegov OTP i da ga prosledi autentifikacionom servisu sa ciljem da dobije povratnu informaciju o autentifikaciji (uspešna ili nije uspešna). Takođe može da sadrži metode za proveru statusa servisa ili da prosledi aplikaciji izazov *challenge* i da prihvati odgovor na izazov *response to challenge*.

Server baze podataka. Koncept relacionih baza podataka je idealan kada želimo da skladištimo i pristupamo velikim količinama podataka u nekoj organizaciji. Sistem za upravljanje relacionim bazama podataka *eng. Relational Database Management System* – RDBMS obezbeđuje skladište za podatke pogodno za korišćenje kako u malim i srednjim organizacijama tako i u velikim okruženjima preduzeća, dakle potpuno je proširivo. Pored skladištenja informacija sistem obezbeđuje granuliranu kontrolu prava pristupa objektima i podacima do nivoa kolone u tabelama.

Aktivni direktorijum. Aktivni direktorijum predstavlja skladište informacije o svim resursima na mreži. Model domenske mreže podrazumeva centralizaciju upravljanja resursima. Aktivni direktorijum obezbeđuje servise za centralizovano upravljanje mrežnim resursima. Oslanja se na *Lightweight Directory Access* protokol (LDAP), Kerberos bezbednosni protokol, *Domain Name System* DNS, *File Replication* protokol (FRS). LDAP pohranjuje podatke o svim mrežnim resursima (direktorijumi, fajlovi, računari, korisnici, štampači, itd.) a Kerberos omogućuje mrežnu autentifikaciju i potvrdu identiteta korisnika koji pristupaju udaljenim resursima. Kerberos se definiše kao siguran „prijavi se samo jednom“ protokol za proveru identiteta kome svi drugi entiteti u sistemu bezuslovno veruju [1]. Za efikasno pronalaženje resursa na mreži zadužen je DNS sistem. Domenski kontroler je server u okviru mreže na kome je instalirana *Active Directory Domain Services* rola, poseduje kopiju baze Aktivnog Direktorijuma i fizički je reprezent *Active Directory* servisa. Ovaj kontroler prihvata i razrešava sve zahteve za autentifikacijom na mreži, čuva podatke o korisničkim nalogima, sprovodi forsiranje sigurnosnih politika na domenu i kontroliše pristup svim resursima.

SMTP server. Za slanje notifikacija elektronskom poštom potrebno je obezbediti servis za slanje elektronske pošte.

Dodatno. U sistemima u kojima je nefunkcionalni zahtev dostupnost 24/7 neophodno je dodati komponente za održavanje visokog stepena dostupnosti i poželjno je obezbediti *Load Balancing*.

10. ZAKLJUČAK

Autentifikacija je proces određivanja identiteta nekog subjekta, najčešće se odnosi na fizičku osobu, u praksi subjekt daje određene podatke po kojima druga strana može utvrditi da je subjekt upravo taj kojim se predstavlja.

Lozinka za jednokratnu upotrebu (OTP) je forma simetrične autentifikacije, gde se lozinka simultano generiše na dve lokacije, na autentifikacionom serveru i na tokenu koji može da bude hardver ili softver koji poseduje korisnik. Ako se lozinka generisana na autentifikacionom serveru i kod korisnika poklapa autentifikacija je uspešna. Tehnike za generisanje jednokratnih lozinki temelje se na nekoliko različitih načina rada. Mogu se podeliti u nekoliko kategorija: Matematički algoritmi, Vremenska sinhronizacija, Challenge-based. Token uređaj je hardver sa ekranom od tečnog kristala koji generiše lozinku za jednokratnu upotrebu. Za razliku od standardne autentifikacije lozinkom, kod token uređaja pored Korisničkog imena i Lozinke potrebno je saopštiti sistemu za autentifikaciju i Lozinku za jednokratnu upotrebu koju kreira uređaj - token. Ukoliko su korisničko ime i lozinka kompromitovani, korisnički nalog je i dalje bezbedan jer potencijalni napadač nema vlasnikov uređaj kojim bi generisao dodatnu jednokratnu lozinku. U suštini dovoljno je saopštiti samo korisničku identifikaciju i lozinku za jednokratnu upotrebu.

Koji je najbolji metod za dvo-faktorsku autentifikaciju? Jedno rešenje ne može da zadovolji sve potrebe. Neophodno je razmotriti nekoliko bitnih činioca koji utiču na izbor autentifikacionog mehanizma, npr. mobilnost korisnika, vrsta informacija odnosno servisa koji su predmet zaštite i budžet. Za autentifikaciju u web aplikacijama koristi se korisnički identifikator i token. Komponente arhitekture rešenja su: Web server, Server baze podataka, Autentifikacioni server, Autentifikacioni API za povezivanje aplikacije sa autentifikacionim servisom, Aktivni direktorijum i SMTP server.

LITERATURA

- [1] D. Pleskonjić, Sigurnost računarskih sistema, Beograd: Mikro knjiga, 2007.
- [2] „Two-Factor Authentication (2FA) Solutions,“ 2017. [Na mreži]. Available: <https://safenet.gemalto.com/multi-factor-authentication/two-factor-authentication-2fa/>.

Sistem za identifikaciju i kontrolu pristupa baziran na Arduino platformi

The system for the identification and access control based on the Arduino platform

Dušan Bojović, Vlade Urošević, Biljana Savić

Fakultet Tehničkih Nauka, Čačak Univerzitet u Kragujevcu

Apstrakt U ovom radu je prikazan sistem identifikacije i autorizacije pristupa putem RFID (radio frekventna identifikacija) tehnologije ili digitalne numeričke tastature. Sistem se sastoji od Arduino platforme, RFID čitača, Keypad tastature i LED displeja. Ovim sistemom je napravljena i jednostavna autorizacija, gde sistem nakon identifikacije korisnika može da dozvoli ili ne dozvoli pristup. Arduino ima dovoljan kapacitet EEPROM memorije da može da sadrži dovoljan broj kartica sa dozvoljenim pristupom. Administrator putem master kartice može jednostavno dodeljivati određene dozvole korisnicima, odnosno njihovim karticama za identifikaciju.

Abstract This paper was presented a system of identification and authorization via RFID (radio frequency identification) technology, or digital numeric keypad. The system was consisted of the Arduino platform, RFID reader, Keypad keyboard and LED display. This system made simple authorization, where the system after identification users can allow or not allow access rights. Arduino has sufficient capacity EEPROM memory that can contain a sufficient number of cards with permitted access. Administrator through the master card can easily assign specific permissions to users or their cards for id projects.

Keywords – Arduino; RFID; Keypad; card; tag

1. Uvod

Ako pogledamo tehnička dostignuća oko nas, videćemo da je sve više sistema sa mikrokontrolerima. Mikrokontroler je digitalna elektronska naprava u obliku integrisanog kola. Namena mikrokontrolera je upravljanje uređajima i procesima, pa u sebi ima integrisan mikroprocesor, memoriju, digitalne i analogne ulaze i izlaze, digitalne satove („tajmere“), brojače („kauntere“), oscilatore, komunikacione sklopove („interfejse“) i druge dodatke.

Da bi mikrokontroler znao šta treba da radi i kako da upravlja sa onim što je na njega spojeno za njega se mora napisati program. Kako bi postupak korišćenja mikrokontrolera (spajanja električnih komponenti na njega, njegovo programiranje i korišćenje) bio što jednostavniji osmišljeni su razni alati koji olakšavaju njihovo korišćenje. Jedan od najpoznatijih alata koji se u svetu najviše koristi upravo za učenje i početak rada s mikrokontrolerima je Arduino, koji će se koristiti u ovom radu. Na njega je moguće dodati određene module, kako bi se proširila funkcionalnost samog sistema. RFID tehnologija poslednjih godina ubrzano napreduje i omogućava mnogo brži i lakši pristup informacijama i objektima. Ona je korišćena u ovom radu baš iz razloga njene velike ekspanzije poslednjih godina.

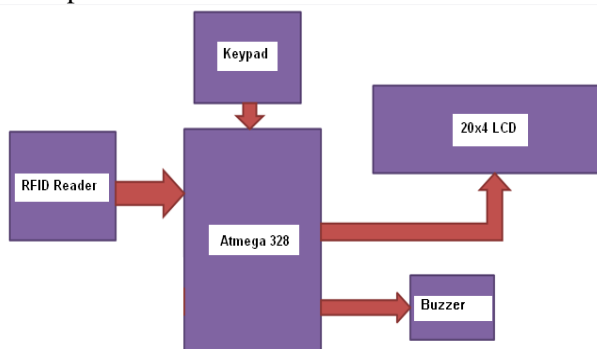
Cilj ovog rada je da uz pomoć mikrokontrolerske platforme Arduina, RFID čitača i Keypada izradimo sistem za identifikaciju i autorizaciju korisnika, odnosno određivanje prava pristupa zaštićenoj oblasti ili objektu. Sam princip sistema je takav da se uz pomoć RFID čitača i tagova (kartica), vrši identifikacija korisnika. Nakon autorizacije identifikovane kartice, korisniku se određuje pravo pristupa zaštićenom objektu ili oblasti. Mikrokontroler Arduino, vrši glavnu ulogu u

ovom sistemu. Nakon što se kartica ili tag nalazi u polju delovanja čitača, i čitač očita ID kartice, Arduino ima ulogu da izvrši njenu identifikaciju odnosno da prepozna korisnika kome je ta kartica dodeljena. Nakon toga, Arduino ima ulogu da izvrši autorizaciju identifikovane kartice, to jest da proveri da li pomenuti korisnik ima prava pristupa zaštićenom objektu ili ne. U ovom sistemu je ostavljen i pristup sistemu preko lozinke, kao rezervni vid pristupa zaštićenom objektu.

2 Struktura sistema

Komponente koje su korišćene pri izradi uređaja realizovanog u radu su:

- Mikrokontrolerska platforma ArduinoUno
- Mifare MFRC522 RFID Reader/Writer;
- LCD displej;
- 5x4 Matrix Array Keypad;
- KEYES Active Buzzer Sound Module – biper.



Slika 1. Blok šema prikazanog projekta

2.1 Arduino

Arduino je fizičko-računarska platforma (razvojni sistem) otvorenog koda. Hardver se sastoji od jednostavnog otvorenog hardverskog dizajna Arduino ploče sa Atmel AVR procesorom i pratećim ulazno-izlaznim elementima [1,2]. Softver se sastoji od razvojnog okruženja koje čine kompajler i bootloader koji se nalazi na samoj ploči. Arduino programi se pišu u programskom jeziku C++ .



Slika 2. Arduino UNO i njegovi elementi

U ovom sistemu je korišćen model Arduino UNO mikrokontrolerska ploča zasnovana na Atmel Atmega328 mikrokontroleru (slika 2). Posедуje 14 ulazno/izlaznih digitalnih pinova (od kojih 6 pinova mogu da se korist kao PWM izlazi), 6 analognih ulaza, keramički rezonator od 16Mhz, USB konektor, konektor za napajanje, ICSP port i dugme za resetovanje. Digitalni ulazno/izlazni pinovi omogućavaju slanje ili prijem signala koji ima dva moguća stanja, bilo da je to 1/0, high/low, on/off, true/false itd. Ovi pinovi su označeni brojevima od 0-13. Analogni ulazi omogućavaju prijem signala koji mogu imati više od dve vrednosti. Označeni su kao pinovi od A0 do A5. Oni se mogu koristiti i kao digitalni pinovi, pomoću odgovarajućih komandi. Tada su to pinovi 14-18. Treba znati i pinove za napajanje, oni su označeni sa 5V, 3.3V i GND.

Programsko okruženje za razvoj softvera za Arduino takođe nosi naziv Arduino, besplatno je i podržava sve verzije Arduino razvojnih platformi [3]. Unutar razvojnog okruženja nalaze se i gotovi primeri iz kojih se mogu i kopirati delovi koda, što znatno ubrzava proces učenja ovog pojednostavljenog i prilagođenog C jezika. Kada se kod testira unutar ovog razvojnog okruženja on se prevodi u čist C jezik i tada se taj kod prosleđuje avr-gcc kompajleru, koji ga prevodi u asemblerski jezik, koji je razumljiv mikrokontroleru.

2.2 MFRC522 RFID

MFRC522 je visoko integrisani čitač / pisač za beskontaktnu komunikaciju na 13,56 MHz. RFID MFRC522 podržava ISO/IEC

14443 A/MIFARE i NTAG. Digitalni modul pored upravljanja, izvršava i kompletno otkrivanja greške (pariteta i CRC) funkcionalnost. MFRC522 podržava MF1xxS20, MF1xxS70 i MF1xxS50 proizvode. MFRC522 podržava beskontaktno komunikaciju i koristi MIFARE velike brzine transfera do 848 kBd u oba smera [4,5].

Sledeći interfejsi su podržani:

- Serial Peripheral Interface (SPI)
- Serial UART (slično RS232 sa naponskih nivoima)
- I2C-bus interface

2.3 LCD displej

Ove komponente su specijalizovane za rad sa mikrokontrolerima što znači da se ne mogu aktivirati klasičnim IC kolima. Služe za ispisivanje različitih karaktera na ekranu. Pored klasičnih karaktera, moguće je ispisivanje karaktera koje sam korisnik isprojektuje. Poruke je moguće pomerati levo ili desno, moguć je prikaz kursora, a može se podešavati i pozadinsko osvetljenje i slično.

Ekрани mogu biti različitih dimenzija, boja kolona i redova. U ovom slučaju koristi se LCD displej sa četiri reda sa po 20 polja, dok se svako polje sastoji od matrice 5*8 piksela. Podešavanje kontrasta se vrši potenciometrom koji je povezan na pin Vee podešavanjem napona od 0 do Vdd. Displej ima DDRAM Display Data Ram i memorije.

U ovu memoriju se smeštaju karakteri koji treba da budu prikazani. Veličina ove memorije je dovoljna za smeštanje 80 znakova, a jedan deo ove memorije ima direktnu vezu sa poljima na ekranu. Da bi prikazali poruke, potrebno je podesiti displej da automatski uvećava adrese (vrši pomeranje udesno) i zatim postaviti početnu adresu za poruku koja treba da se ispiše. Nakon toga svi karakteri koji se pošalju linijama D0-D7 pojaviće se ispisani u vidu poruke s leva na desno. Ako se pošalje više od 16 karaktera, oni će biti memorisani, ali neće biti ispisani. Da bi se ispisali treba koristiti pomeranje u desno. Ako se omogući prikaz kursora, on će se pojaviti na mestu koje je trenutno adresirano tj. karakteri se pojavljuju na mestu kursora dok se on automatski pomera na sledeće adresirano polje.

2.4 5x4 Matrix Array Keypad

Tastatura zajedno sa odgovarajućom bibliotekom omogućava da Arduino pročita matičnu tastaturu ovog tipa. One dolaze u oblicima 3x4, 4x4, 5x4 i raznim drugim konfiguracijama sa rečima, slovima i brojevima napisanih na tasterima. Postoje biblioteke kako bi podržale sve tipove ovakvih tastatura.

Prvo treba da se na papiru nacrtaju dijagram tastature. Princip je objašnjen na primeru 3x4 Matrix Array Keypad. Napisan broj pinova na dijagramu je 1,2,3 na dnu i 7,6,5,4 po desnoj strani. Dijagram se može proširivati u zavisnosti od tastature koja se koristi. U ovom slučaju, korišćena tastatura ima 9 pinova. Ukoliko nije potrebno korišćenje ostalih karaktera već samo numeričkih, biće povezano samo 7 pinova, kao što je prikazano na dijagramu, a ne svih 9. Preostala 2 pina će ostati neiskorišćena.

2.5 Biper - KEYES Buzzer

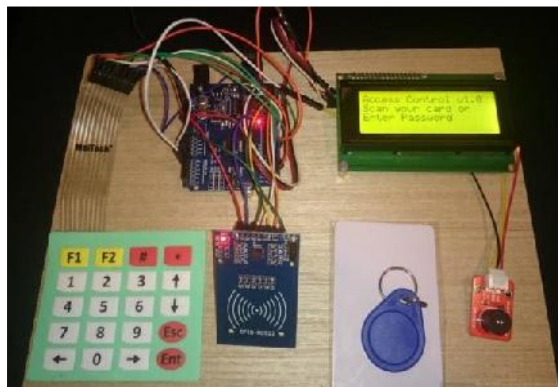
Sa Arduinom najčešće korišćeni izlazni signali su pokazivanje svetla i zvučnih signala. U ovom projektu je korišćen biper, kako bi korisniku i zvučnim signalom signalizirao da li mu je odobren pristup ili ne. Takođe ovim vidom signalizacije se korisniku skreće pažnja koliko vremena mu ostaje da pristupi zabranjenoj prostoriji, ako mu je dozvoljen pristup. Nakon toga program bi se vratio u početno stanje i korisnik bi opet morao da jednim od vidova identifikacije proba da pristupi zabranjenom području.

Biper ima veliku ulogu kod elektronskih pretvarača i široku primenu u računarima, štampačima, fotokopir aparatima, alarmima, elektronskim igračkama, telefonima, tajmerima, itd. Klasifikacijom je podeljen na pijezo biper i dve vrste elektromagnetnog bipera.

2. Princip rada sistema

Izgled kompletnog sistema je prikazan na Slici 3. Po prvom pokretanju potrebno je da korisnik definiše ovlašćeni tag (karticu). Ovlašćeni tag ima mogućnost da upisuje u memoriju i briše iz memorije Arduina, odnosno da definiše tagove koje koji će moći da pristupe zaštićenom objektu. Kada čitač prepozna ovlašćenu karticu, tada se pokreće Program Mod, deo programa u kome je moguće upisivanje i brisanje tagova iz memorije. Tagovi

se međusobno razlikuju po ID broju. Svaka kartica (tag) ima svoj ID broj po kome se razlikuje od ostalih. Svaki ID broj koji čitač pronade se prethodno proveriti, da li se nalazi u memoriji.



Slika 3. Prikaz sistema sa svim komponentama

Nakon uspešog podešavanja master kartice, administrator ima mogućnost dodavanja ostalih kartica u sam program. Na taj način se korisnicima omogućava autorizacija identifikacionom karticom ili tagom. U zavisnosti od dozvola korisnika, autorizacijom će biti ili zabranjen ili dozvoljen pristup. Zbog mogućnosti autorizacije, podaci o karticama se moraju smeštati u neki vid baze ili memorije. U ovog slučaja nije potrebno dodavanje modula sa SD karticom ila kreiranja odedene baze. Razlog tome je što Arduino sadrži svoju EEPROM memoriju u kojoj se snimaju kartice sa dozvolom pristupa. EEPROM memorija ovog Arduina je veličine 1024 bajta što je sasvim dovoljno.

Ako takav ID broj postoji, program će ga obrisati, a ako ga ne pronade biće upisan u memoriju. Kada korisnik završi upisivanje i brisanje ID brojeva tagova, potrebno je da ovlašćeni tag bude ponovo pročitano kako bi se zatvorio mod programa za unos i brisanje. Ovlašćeni tag se može koristiti samo za unos novih tagova ili brisanje poznatih iz Arduino memorije (EEPROM). Po zatvaranju ovog moda, nastupa normalan mod tj. svi upisani tagovi će imati pravo pristupa zaštićenom objektu, dok oni koji ne budu upisani u memoriju ne. Tako za svaku očitano kartica od strane RFID čitača, će se prvo vršiti indentifikacija korisnika, zatim autentifikacija kako bi program proverio dozvole očitane kartice u sistemu. Kakve god da korisnik ima dozvole, biper će zvučnim signalom korisniku

skrenuti pažnju na to da li mu je pristup dozvoljen ili ne. U slučaju da je pristup dozvoljen, korisniku je ostavljeno dovoljno vremena da pristupi nakon čega se program vraća u početno stanje i čeka identifikaciju drugog korisnika.

Pored identifikacione kartice, korisnici imaju mogućnost autorizacije preko lozinke. Korisnici u svakom trenutku mogu pristupiti zabranjenoj oblasti jednim od ova dva vida identifikacije. U slučaju da korisnik izgubi karticu, administrator mu može dozvoliti pristup ovim vidom autorizacije. Ovo je ostavljeno kao vid rezervnog rešenja, ako korisnik izgubi karticu da može imati privremen pristup. Administrator na ovaj način može dozvoliti određenim korisnicima trenutni pristup, ako ne postoji potreba da korisnici dobiju identifikacionu karticu i potrebu za dugotrajnijim pravom pristupa.

3. Zaključak

Prikazana softversko-hardverska platforma ima za cilj da obezbedi određen stepen sigurnosti pri zaštiti objekata, odnosno autorizaciju prava pristupa zaštićenom objektu. Iz rada se može videti da upravo Arduino ima glavni zadatak, i da upravo on vrši indentifikaciju i autorizaciju korisnika. U današnje vreme, kao najmoderniji stepen zaštite ovakvim sistemom jeste i nadogradnja kamere u cilju identifikacije. Sa dodatkom softvera, koji bi sadržao bazu podataka, postojala bi mogućnost identifikacije korisnika u sistemu, uz dodatak njegove slike pri identifikaciji.

Literatura

- [1] John Boxall, Arduino Workshop, San Francisco, 2013.
- [2] Michael McRoberts, Beginning Arduino, New York, 2013.
- [3] Michael McRoberts, Exploring Arduino: Tools and Techniques for Engineering Wizardry, Jeremy Blum, 2013.
- [4] Tom Igoe, Getting Started with RFID, O'Reilly Media, Sebastopol, 2012.
- [5] Klaus Finkenzeller, RFID Handbook, Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near.

LINIJE ODBRANE IKT SISTEMA

LINES OF DEFENSE OF AN ICT SYSTEM

Srđan Borozan¹, Branko Krsmanović¹, Dejan Janković¹
Komercijalna banka a.d. Beograd¹

Sadržaj – Cilj ovog rada je predlog rešenja bezbednosne arhitekture i linija odbrane informaciono komunikacionog (IKT) sistema savremene organizacije. U radu su identifikovane bitne funkcionalnosti sistema u svrhu odbrane i minimiziranje cyber rizika, a imajući u vidu savremene trendove u razvoju cyber pretnji, kao i odgovarajuće trendove razvoja bezbednosnih rešenja.

U radu su, pored linija odbrane, determinisani tipični informacioni resursi koje treba štiti. Takođe, navedeni su principi dizajniranja funkcionalnih linija odbrane informaciono komunikacionog sistema, mreže i pojedinih mrežnih segmenata.

Abstract – The purpose of this paper is to propose the security architecture solution, as well as lines of defense for the information-communications system of a modern organization. In the paper the important functionalities of the security systems have been identified with the purpose of defense and minimisation of cyber risks while having in mind the development of cyber threats, as well as new trends in development of security solutions. Along with the lines of defense, the typical information assets have been defined. In addition, the conceptual design of functional lines of defense for the information-communication system, network and its segments have been mentioned.

1. UVOD

Tipična informaciona dobra IKT sistema koja treba zaštititi kombinacijom različitih bezbednosnih rešenja (linija odbrane) su sledeća:

- serverski računari,
- klijentski računari,
- mrežna komunikaciona infrastruktura,
- sistemski i razvojni softver,
- poslovne aplikacije i podaci neophodni za nesmetano odvijanje poslovanja organizacije.

Ova informaciona dobra mogu da budu grupisana u nekoliko funkcionalnih i logičkih celina:

- Data centri;
- LAN lokacije krajnjih korisnika;
- Kičma i WAN komunikaciona mreža;
- Internet segment;
- Ekstranet segment.

U radu su dati okviri i zahtevi koje treba ispuniti radi obezbeđivanja informaciono komunikacione infrastrukture organizacije od potencijalnih pretnji, bez obzira na to da li su one eksterne ili interne prirode.

2. OPŠTI PRINCIPI BEZBEDNOSTI IKT INFRASTRUKTURE

IKT infrastruktura organizacije treba da zadovolji sledeće osnovne principe bezbednosti [1-4]:

1. Da obezbedi nivo poverljivosti, integriteta i dostupnosti adekvatne klasifikaciji informacija koje se obrađuju i prenose kroz nju.
2. Da obezbedi visok nivo kontrole pristupa i korišćenja informacionih dobara, kao i ograničavanje pristupanja samo informacionim dobrima koja su korisnicima neophodna za obavljanje njihovih poslovnih aktivnosti (princip – treba da zna, engl.: need-to-know).
3. Da obezbedi visok nivo kontrole pristupa na obodu mrežne infrastrukture, tj. na tačkama u kojima je ona povezana sa spoljašnjim mrežama koje nisu pod kontrolom organizacije. U spoljašnje mreže spadaju: Internet, mobilne mreže za prenos podataka, mreže trećih lica, sa kojima organizacija ima saradnju i potrebu za povezivanjem.
4. Mrežna infrastruktura treba da bude podeljena na više mrežnih segmenata (zona) u zavisnosti od kritičnosti i nivoa rizika i klasifikacije samih informacija koje se prenose kroz njih.
5. Klasifikacija mrežnih segmenata treba da bude izvršena na osnovu klasifikacije informacija koje se prenose kroz njih.

3. DEFINISANJE BEZBEDNOSNIH MERA I LINIJA ODBRANE

Definisanje bezbednosnih mera koje će se implementirati treba da se zasniva na proceni rizika. Implementacija bezbednosnih mera, u konkretnim slučajevima, treba da bude rezultat prethodne procene rizika [5]. Rezultati procene rizika treba da daju polaznu osnovu za preciziranje i dimenzionisanje bezbednosnih mera koje će omogućiti neometano i transparentno odvijanje poslovnih procesa u organizaciji, uz neophodan nivo bezbednosti.

Kombinacija i sinergija bezbednosnih mera i sistema treba da bude implementirana i integrisana u IKT infrastrukturu organizacije na takav način da formira efikasne linije odbrane od savremenih cyber pretnji i napada [6].

Implementacija više nivoa odbrane

Najbolja praksa zahteva da neki od sistema imaju slične ili skoro iste funkcionalnosti (kao što je to na primer IDS/IPS funkcionalnost). Na ovaj način se omogućava redundantnost kritičnih funkcija linija odbrane IKT sistema organizacije. Ono što je bitno prilikom implementacije jeste da ovakve funkcionalnosti treba da formiraju više linija tj. nivoa zaštite, koje stoje na putu bezbednosnih pretnji. Ovakve redundantne funkcionalnosti treba da budu realizovane na sistemima različitih proizvođača, tj. da u slučaju proboja ili

zloupotrebe ranjivosti sistema jednog proizvođača (jedne linije odbrane), ista ili slična funkcionalnost sistema drugog proizvođača (druga linija odbrane) uspešno i sa velikom verovatnoćom odbrani IKT sistem organizacije.

Svrha ovakve višeslojne arhitekture treba da bude najbolja moguća izolacija i kontrola pristupa kritičnim internim sistemima, poslovnim aplikacijama i informacijama. Implementacija dodatne linije odbrane, ima za cilj povećan nivo bezbednosti.

Očuvanje funkcionalnosti bezbednosne infrastrukture

Svi sistemi moraju biti projektovani i implementirani na takav način da se ni u jednom momentu ne dovede u pitanje bezbednost IKT sistema organizacije. Ovo je naročito bitno prilikom otkaza pojedinačnih zaštitnih uređaja. Zbog slučajeva otkaza, neophodno je predvideti redundantne uređaje koji će održati neophodni nivo bezbednosti. To znači da se bezbednosna infrastruktura mora projekovati po principu *fail secure*, tj. kada jedan uređaj prestane da radi - njegovu funkciju preuzima drugi identičan uređaj; ili da oba uređaja budu u funkciji sve vreme, održavajući projektovani nivo bezbednosti. Znači, ne sme se dozvoliti da otkaz jednog uređaja ostavi IKT sistem organizacije nezaštićenim zbog npr. prostog premošćavanja tog uređaja radi očuvanja dostupnosti.

4. NEOPHODNI SISTEMI ZAŠTITE IKT INFRASTRUKTURE

U ovom poglavlju su navedeni bezbednosni sistemi i rešenja koje je preporučljivo implementirati i integrisati u IKT sistem organizacije [7-12]. Ovako integrisana rešenja treba da formiraju kompaktnu bezbednosnu infrastrukturu sa više linija odbrane.

Tu spadaju:

- 1.
2. Firewall sistemi
3. Sistemi za detekciju i prevenciju napada - IDS/IPS
4. Zaštita od naprednog malicioznog softvera –
5. Sistem za kontrolu Web saobraćaja – Web Gateway
6. Sistem za kontrolu E-mail saobraćaja - E-mail Gateway
7. Zaštita web aplikacija –
8. Zaštita baza podataka –
9. Zaštita od distribuiranih DoS napada
10. Zaštita računara - End-Point-Protection
11. Zaštita od oticanja podataka – DLP
12. Kontrola pristupa - Identity and Access Management
13. Zaštita mobilnih uređaja - Mobile Devices Security
14. Kontrola pristupa mrežnoj infrastrukturi - NAC
15. Sveobuhvatno nadgledanje IKT bezbednosti – SIEM.

Firewall sistemi

Firewall sistemi moraju efikasno obavljati mrežnu zaštitu i kontrolu saobraćaja između različitih mrežnih segmenata. Savremeni firewall sistemi moraju biti najnovije generacije - takozvani *Next Generation Firewall* (NGFW). Ovi sistemi treba da imaju mogućnosti da,

pored servisa i protokola, prepoznaju i implementiraju zaštitne polise na bazi aplikacija i korisnika. Trebalo bi da ovi sistemi imaju visok nivo integracije i korelacije sa drugim sistemima mrežne zaštite. NGFW sistemi treba da imaju i IDS/IPS funkcionalnosti, kao i mogućnost zaštite Web aplikativnog saobraćaja, kao i AMP (Advanced Malware Protection).

Sistemi za detekciju i prevenciju napada - IDS/IPS

Mrežni sistemi za detekciju i prevenciju napada (Intrusion Detection/Prevention Systems - IDS/IPS) se moraju implementirati između svih ključnih mrežnih segmenata (zona) kao jedna od glavnih linija odbrane. U ove mrežne segmente spadaju oni u kojima se nalaze Internet serveri, serveri u Data centrima, serveri za elektronsko poslovanje, mrežni segmenti za udaljeni pristup zaposlenih i trećih lica (extranet), kao i ostali ključni mrežni segmenti.

Host IDS/IPS sistemi se moraju implementirati na svim kritičnim serverima, kao i drugim računarima za koje se proceni da postoji visok nivo rizika od sajber napada. Na serverima treba uključiti one signature koje odgovaraju tipu operativnog sistema i servisa koji se na serveru izvršava. Treba da postoji mogućnost da na osnovu otkrivenih operativnih sistema, protokola i aplikacija, kao i njihovih poznatih slabosti dinamički formiraju i primenjuju konfiguraciona pravila. Takođe, trebalo bi da postoje parametri, koji ukazuju na nivo kritičnosti evidentiranih događaja kao i korelacija sa drugim informacijama na sistemu.

Zaštita od naprednog malicioznog softvera – Advanced Threat Protection

Neophodno je implementirati sistem za zaštitu od naprednog malicioznog softvera (Advanced Threat Protection – ATP ili *Advanced Malware Protection* - AMP). Svakog dana se pojavljuje veliki broj novih i potpuno nepoznatih vrsta malicioznog softvera, za koji još ne postoji virusna definicija za liniju odbrane klasičnim anti-virusnim sistemom, te ih on i ne može detektovati. Ovakav softver, prodirući kroz anti-virusnu liniju odbrane, može dospeti na bilo koji od servera i računara u mreži. Potom ovi maliciozni softveri imaju mogućnost da, nakon instalacije na računarima, uspostave regularne web sesije ili e-mail komunikaciju sa svojim komandnim i kontrolnim centrima (C&C), odakle preuzimaju dodatne softverske komponente, prenose se na ostale računare u mreži, šalju podatke i izvršavaju niz drugih malicioznih aktivnosti. Takođe imaju mogućnosti za kompletno preuzimanje kontrole računara. Mogu poslužiti za organizovanje napada na druge računare i čitave računarske mreže drugih kompanija i čitavih država, bilo gde na svetu. Najčešći načini infiltracije takvih softvera su otvaranje sumnjivih e-mail priloga, pregledanje sumnjivih web sajtova, preuzimanje zaraženih pdf, doc, excel, exe, ppt fajlova itd.

Sveobuhvatno ATP rešenje, kao još jedna linija odbrane od naprednog malicioznog softvera, treba da ima mogućnost za nadgledanje i zaštitu na mrežnom nivou,

kao i na svim računarima i serverima. ATP rešenje mora da vrši kontinuiranu analizu fajlova koji se prenose kroz mrežu, kao i procesa koji se izvršavaju na samim računarima. Takođe, potrebna je mogućnost pravljenja i odobravanja liste dozvoljenih procesa, aplikacija, fajlova, kao i vrsta saobraćaja (engl.: Whitelisting).

ATP rešenje mora imati mogućnost proveravanja svih fajlova, otkrivanje i sprečavanje komunikacije ka (C&C) centrima, otkrivanje načina na koji je neki maliciozni softver došao u mrežu i na kojim se računarima nalazi. Takođe, mora imati mogućnost izvršavanja napredne analize u virtuelnom okruženju (engl.: *Sandbox*), bilo na lokalnom serveru ili u Cloud-u, koja podrazumeva aktiviranje sumnjivih fajlova (otvaranje word, pdf dokumenata, startovanje .exe fajlova i slično) i praćenje aktivnosti u smislu startovanja procesa, registry zapisa, mrežnih konekcija, kako bi se otkrio maliciozni karakter analiziranih fajlova.

Sistem za kontrolu Web saobraćaja – Web Gateway

Sistem za kontrolu web saobraćaja (engl.: Web Gateway) treba da proverava bezbednost kompletnog, standardnog i enkriptovanog, web saobraćaja između korisnika u internoj mreži i Internet web sajtova. Ova provera treba da bude bazirana na globalnoj IP i URL reputaciji i kategorizaciji web sajtova u razne kategorije, kao i dodatnim modulima za antimalware inspekciju saobraćaja. Reputaciju web sajtova, njihovu kategorizaciju i signature treba da obezbeđuje i ažurira proizvođač sistema, više puta u toku dana. Standardne funkcionalnosti ovog sistema su proxy, keširanje podataka, inspekcija enkriptovanog saobraćaja, evidentiranje događaja, izveštavanje, mogućnost High availability rada i druge.

Svi korisnici, aplikacije i servisi koji pristupaju Internetu korišćenjem IKT resursa moraju to obavljati isključivo korišćenjem ovog sistema i moraju prethodno biti autentifikovani.

Sistem za kontrolu E-mail saobraćaja - E-mail Gateway

Sistem za kontrolu E-mail saobraćaja (engl.: E-mail Gateway) mora efikasno obavljati zaštitu korisnika od neželjenih (spam) e-mail poruka, zaštitu od e-mail poruka sa malicioznim softverom u priložima ili linkovima, tj. prečicama ka zaraženim web stranicama, kao i od malicioznog softvera u samom telu e-maila. Takođe, neophodna je funkcija kontrole odlaznih poruka u cilju sprečavanja odliva osetljivih podataka. Razlog za obaveznu implementaciju je taj što je e-mail servis jedan od najčešćih načina svakodnevne poslovne korespondencije, pa tako i kanal kroz koji se maliciozni softveri najčešće mogu distribuirati na računare korisnika.

Zaštita web aplikacija – Web Application Firewall

U cilju zaštite web sadržaja koji je javno objavljen na Internetu, kao i svih drugih digitalnih servisa koji moraju biti uvek raspoloživi klijentima organizacije, potrebno je implementirati sistem za zaštitu web aplikacija (*Web*

Application Firewall – WAF). Ovaj sistem mora na aplikativnom nivou da štiti web aplikacije od različitih vrsta napada, od kojih su tipični *SQL Injection*, *Cross-Site Scripting*, manipulacije autentifikacijom i sesijama, zloupotreba ranjivosti web aplikacija, zloupotreba pogrešne konfiguracije web/application/database servisa i drugih. Razlika u odnosu na IPDS/IPS sistem je ta što WAF sistem mora imati sposobnost analiziranja saobraćaja 7. OSI nivoa tipičnog za web aplikacije i njihovu specifičnu logiku. Iz tog razloga je na Internet segmentima mreže neophodno implementirati sisteme koji imaju gore navedene funkcionalnosti.

Zaštita baza podataka – Database Firewall

Podaci koji se nalaze u bazama podataka su ključni za obavljanje poslovnih procesa organizacije. Iz tog razloga je potrebno posebnu pažnju posvetiti zaštiti tih podataka, implementacijom specijalizovanih Database Firewall (DAF) sistema. Zaštita se zasniva na nadgledanju kompletne komunikacije između baze podataka i aplikacija, servisa i korisnika koji pristupaju tim podacima. Na ovaj način se u realnom vremenu mogu dobiti detaljni podaci o tome koja aplikacija, servis ili korisnik je pristupao, čitao, upisivao ili radio druge radnje sa podacima u bazi. Cilj je detekcija i prevencija potencijalnih prevara, odliva podataka, neovlašćene manipulacije podacima, obezbeđivanje usklađenosti sa regulativom i dr. Na osnovu unapred definisanih odobrenja za pristup potrebno je definisati pravila (polise) za automatsko sprečavanje neovlašćenog pristupa podacima.

Zaštita od distribuiranih DoS napada

Distribuirani napadi uskraćivanja dostupnosti komunikacionih servisa (*Distributed Denial-of-Service* - DDoS) su ciljani napadi na web servere i Internet infrastrukturu organizacije. Posledica DDoS napada je onemogućavanje pružanja on-line usluga klijentima, pristupa web sajtu, e-mail komunikacije i dr. Za odbranu od ovih napada služe sistemi za otkrivanje i otklanjanje napada na Internet servise. Postavljaju se u *inline* režimu rada kako bi mogli da eliminišu saobraćaj DDoS napada. Baziraju se na učenju mrežnog saobraćaja i reagovanju na uočene anomalije i u mogućnosti su da eliminišu neželjeni mrežni saobraćaj a da serveri budu i dalje dostupni za regularne korisnike. Drugi vid odbrane se sastoji od ugovaranja Cloud servisa i disperzije DDoS saobraćaja prema većem broju servera u Cloud-u.

Imajući u vidu da se DDoS napadi sve češće događaju, trebalo bi zaštititi mrežnu infrastrukturu organizacije od nedostupnosti usluga koje može trajati od nekoliko sati do više dana.

Zaštita računara - End-Point-Protection

Kao neophodna zaštita svih servera i korisničkih računara, krajnjih tačaka u mreži, ranije su bili anti-virusni programi, a u novije vreme je to integrisani sistem za sveobuhvatnu zaštitu svih krajnjih tačaka u mreži (*End-Point-Protection System* - EPP). Agentske komponente

ovog sistema je neophodno instalirati na sve servere i računare, bez obzira na vrsu operativnog sistema i namenu računara. Radi boljeg prilagođavanja konkretnom računaru, EPP sistem mora imati širok dijapazon funkcionalnosti, koje se moraju kretati od maksimalne zaštite i najstrožeg režima skeniranja, preko mogućnosti pravljenja popisa dozvoljenih procesa i aplikacija na serveru (*Whitelist*), pa do izuzimanja pojedinih HW/SW segmenata iz opsega zaštite. Izuzimanje bi trebalo da bude izvedeno samo uz prethodnu analizu rizika, njegovo prihvatanje i odobrenje od strane vlasnika konkretnih informacionih dobara koja se štite ovim sistemom.

Zaštita od oticanja podataka – DLP

Veliki deo informacionih dobara tj. poverljivih poslovnih podataka, finansijskih i ličnih podataka klijenata, intelektualne svojine, strategija i dr. se u organizacijama nalaze i obrađuju u elektronskom obliku. U takvom obliku podatke je mnogo lakše nego u papirnom, obelodaniti neovlašćenim licima van organizacije. U cilju sprečavanja namernog ili slučajnog obelodanjivanja, tj. oticanja podataka, neophodno je implementirati sistem ili servis koji ima DLP funkcionalnost (Data Leakage Prevention – DLP). Sistem mora imati mogućnost za nadgledanje, detekciju, izveštavanje, upozoravanje i blokiranje neovlašćenog prenosa podataka svim IKT servisima, uključujući e-mail, web, VPN, prenosive medije i dr.

Kontrola pristupa - Identity and Access Management

Integralno upravljanje i kontrola pristupa svim informacionim dobrima, serverima, mrežama, infrastrukturnim uređajima i aplikacijama je od ključne važnosti za očuvanje njihove bezbednosti. Ovo se najefikasnije postiže implementacijom (Identity and Access Management – IAM) sistema koji objedinjuje kontrolu i upravljanje pristupa svim informacionim dobrima tako da se pojedinačnom entitetu (korisniku, aplikaciji ili servisu) odobrava i omogućuje korišćenje isključivo onih resursa za koje ima poslovnu potrebu i formalno ovlašćenje. Prilikom promena poslovnih potreba korisnika, ili njihovog prestanka, na isti način se trenutno i centralizovano menja ili uskraćuje pristup i korišćenje svih do tada dostupnih resursa. Na ovaj način se izbegava situacija izostavljanja ili propusta prilikom administriranja korisničkih prava (engl. *identity cripple*), pri kojoj se korisniku prilikom promene pozicije ili napuštanja organizacije ukine pristup većini resursa, ali ipak ostanu dostupni pojedinačni informacioni resursi, npr. pristup deljenom direktorijumu ili nekoj od aplikacija.

Sistem za kontrolu pristupa treba da ima mogućnost da se integriše sa svim postojećim aplikativnim i infrastrukturnim sistemima, njihovim lokalnim bazama korisničkih naloga, kako bi se centralizovano kontrolisalo korišćenje svih resursa. Takođe, sistem treba da ima mogućnost definisanja, prilagođavanja i unapređenja bezbednosti postojećeg procesa upravljanja korisničkim pristupom svim informacionim dobrima, kao i mogućnost sveobuhvatnog nadgledanja i izveštavanja. Sledeće od

bitnih funkcija su jednokratna autentifikacija za sve prethodno odobrene resurse (Single Sign-On -SSO), kao i opcija multifaktorske autentifikacije.

Zaštita mobilnih uređaja - Mobile Devices Security

Implementacija sistema za zaštitu mobilnih uređaja treba da omogući integrisano i centralizovano upravljanje svim uređajima koji se koriste za poslovne potrebe, bilo da se na njima nalaze poslovni podaci ili se pristupa aplikacijama ili sistemima organizacije. Uzimajući u obzir sve veću mobilnost zaposlenih i narastajući trend korišćenja mobilnih uređaja (pametnih telefona, tablet uređaja i dr.) za obavljanje poslovnih procesa, njihova zaštita je od velikog značaja. Glavne funkcionalnosti koje sistem treba da ispuni su: razdvajanje privatnih od poslovnih podataka, bezbedna, kriptovana e-mail poslovna komunikacija, bezbedno korišćenje web servisa, kriptovanje svih poslovnih podataka koji se nalaze na uređaju, mogućnost daljinskog brisanja svih podataka u slučaju gubitka uređaja, definisanje spiska aplikacija koje su dozvoljene za upotrebu (engl. *application whitelisting*), potpuno logičko izolovanje poslovnih aplikacija i podataka u tzv. kontejner i dr.

Kontrola pristupa mrežnoj infrastrukturi - NAC

Network Access Control - NAC rešenjem se, u sinergiji sa sistemom za zaštitu računara (End-Point-Protection), ili samostalno, omogućava kontrola i upravljanje svim uređajima koji se fizički ili bežično povezuju na mrežu i to na bilo kojoj fizičkoj lokaciji. Pomenuti uređaji mogu biti standardni desktop i laptop računari, mobilni telefoni, tablet uređaji, IP telefoni ili bilo koji drugi uređaji sa mogućnošću povezivanja na komunikacionu mrežu. NAC sistem treba da omogući detektovanje povezivanja svakog uređaja na mrežnu infrastrukturu, proveru prava pristupa uređaja, njegovih aplikacija i korisnika, proveru postojanja malicioznog softvera na uređaju, proveru usklađenosti sa bezbednosnim pravilima i standardima. Sledeće potrebne funkcionalnosti su ograničavanje pristupa različitim poslovnim aplikacijama i sistemima u zavisnosti od poslovne potrebe, kao i integracija sa ATP sistemom. NAC sistem mora biti sposoban da detektuje pokušaje povezivanja neovlašćenih i malicioznih uređaja i njihovo lociranje, kao i da prati ponašanje legitimnih korisnika i signalizira odstupanje od uobičajenog korišćenja.

Sveobuhvatno nadgledanje IKT bezbednosti – SIEM

U cilju sveobuhvatnog uvida u stanje bezbednosti IKT sistema organizacije kao i pojedinih njegovih segmenata i komponenata neophodno je prikupljati, beležiti i analizirati bezbednosno interesantne događaje koje generišu svi računari i infrastrukturni sistemi u mreži. SIEM (Security Information and Event Management) sistem služi za automatizaciju ovog procesa. U SIEM je obavezno integrisati podatke iz logova svih bezbednosnih sistema. Glavne mogućnosti koje SIEM treba da ima su: praćenje događaja u realnom ili u vremenu bliskom realnom, povezivanje i korelacija događaja zabeleženih u više različitih sistema, agregiranje podataka, automatsko

generisanje upozorenja i izveštaja administratorima o bezbednosnim događajima ili incidentima. SIEM mora omogućiti administratorima da budu pravovremeno obavješteni o bezbednosnim događajima, da znaju da li oni predstavljaju incident ili tzv. lažni alarm, te da mogu brzo da reaguju u cilju sprečavanja širenja incidenta.

5. DODATNI BEZBEDNOSNI ZAHTEVI

U ovom poglavlju su navedene dodatne bezbednosne mere i zahtevi, o kojima se posebno mora voditi računa i koje se moraju ispuniti radi očuvanja bezbednosti IKT sistema organizacije. Tu spadaju:

1. Segmentacija mrežne infrastrukture;
2. Kontrola protoka podataka između mrežnih segmenata;
3. Zaštita bežičnih mreža;
4. Inspekcija i filtriranje saobraćaja;
5. Kontrola pristupa Internetu za treća lica;
6. Zaštita sistema za tele-konferencije;

Segmentacija mrežne infrastrukture

Kompletna mrežna infrastruktura organizacije treba da bude podeljena na više mrežnih segmenata (zona). Broj, međupovezanost, kao i kontrola protoka između mrežnih segmenata zavise od funkcionalnih zahteva, kritičnosti, nivoa rizika, kao i klasifikacije samih informacionih dobara koja se prenose kroz njih (npr.: naročito osetljivi podaci, brojevi platnih kartica, lični podaci klijenata organizacije, lozinke itd.).

Kontrola protoka podataka između mrežnih segmenata

Serveri i druga infrastruktura na kojima se obrađuju kritični podaci, moraju biti zaštićeni odvajanjem u zasebne mrežne segmente. Ovakvi mrežni segmenti moraju dodatno biti zaštićeni bezbednosnom komunikacionom infrastrukturom u koju spadaju sledeća bezbednosna rešenja: Firewall, IDS/IPS, Advanced Malware Protection i dr.

Zaštita bežičnih mreža

U zavisnosti od osetljivosti podataka koji se prenose, bežične mreže, tj. njihovi pristupni uređaji moraju imati adekvatnu zaštitu poverljivosti i integriteta podataka.

Sledeće bezbednosne mere treba primeniti prilikom zaštite bežičnih mreža:

- Kontrola pristupa bežičnom mrežnom segmentu (engl.: Network Access Control);
- Autentifikacija korisnika korišćenjem kompleksnih lozinki;
- Šifrovanje podataka koji se prenose;
- Evidentiranje i nadgledanje aktivnosti i korišćenja mreža;
- Provera i otkrivanje postojanja neovlašćenih pristupnih uređaja;

- Razdvajanje bežičnih mrežnih zona (segmenata) koje se koriste za pristup klijenata i trećih lica (engl.: Guest WLAN) i onih koji služe za pristup poslovnim aplikacijama i infrastrukturnim sistemima.
- Fizička zaštita pristupnih uređaja

Inspekcija i filtriranje saobraćaja

Inspekcija i filtriranje podataka koji se prenose preko svih Internet komunikacionih linkova se mora vršiti i to za saobraćaj u oba smera. Ovo se svakako mora izvoditi uz poštovanje važećih zakonskih odredbi. Mrežni bezbednosni sistemi moraju biti implementirani u svrhu zabrane pristupa određenim malicioznim, ili na drugi način štetnim internet lokacijama. Potrebno je nadgledati i evidentirati relevantne događaje vezane za saobraćaj od i ka Internetu radi detekcije upada i drugih malicioznih aktivnosti, kao i njihovog daljnjeg istraživanja.

Inspekcija i filtriranje podataka moraju da zadovolje sledeće zahteve:

- Detekcija i blokiranje malicioznog koda;
- Detekcija, kao i mogućnost blokiranja neovlašćenog prenosa osetljivih podataka;
- Detekcija indicija napada i/ili pokušaja upada u IKT sistem organizacije;
- Evidentiranje i po potrebi blokiranje malicioznih Internet sajtova kojima su korisnici imali nameru da pristupe;
- Detekcija i blokiranje neprihvatljivog korišćenja e-mail servisa;
- Detekcija neprihvatljivog korišćenja ostalih ICT resursa.

Kontrola pristupa Internetu za treća lica

Trćim licima (poslovni partneri, gosti i dr. osobe koje nisu zaposlene u organizaciji), a koja imaju potrebu da pristupaju Internetu iz prostorija organizacije, ovo se mora se omogućiti kroz potpuno odvojenu mrežu od one koja služi za poslovnu upotrebu od strane zaposlenih, tj. one koja služi za pristup poslovnim aplikacijama ili Internetu od strane samih zaposlenih. Ova odvojena mreža mora da omogući samo pristup Internetu.

Kada se gore pomenuti pristup omogućava korišćenjem bežične mreže, pristup Internetu se mora omogućiti tek posle odgovarajuće autentifikacije korisnika.

Zaštita sistema za tele-konferencije

Platforme za tele-konferencije, bilo da se radi samo o glasovnim tele-konferencijama, video konferencijama, web konferencijama, moraju biti adekvatno zaštićene. Mere zaštite treba da budu proporcionalne osetljivosti informacija koje se komuniciraju ovim putem. Tu spadaju:

- Autentifikacija korisnika;
- Enkripcija komunikacije;
- Jedinствена lozinka za svaku konferenciju koja se odvija sa učesnicima van Organizacije;

- Evidentiranje bitnih događaja, u sistemskim ili aplikativnim logovima;
- Onemogućavanje suvišnih i rizičnih opcija u koje spadaju udaljeni pristup računaru, prenos podataka i dr.;
- Pridržavanje pravila čistog ekrana (“Clear desktop”) za vreme konferencijske sesije, kako se drugoj strani ne bi prikazivao nepotreban poverljivi sadržaj.

6. ZAKLJUČAK

U radu su preporučeni i opisani ključni bezbednosni sistemi i mere koje bi trebalo implementirati radi zaštite organizacije od savremenih cyber pretnji. Opisani sistemi i rešenja bi trebalo da budu integrisana u informaciono komunikacionu infrastrukturu organizacije već prilikom projektovanja samog IKT sistema. Rezultati procene rizika bi trebalo da budu polazna osnova prilikom projektovanja, dimenzionisanja i odlučivanja o implementaciji konkretnih bezbednosnih mera i sistema. U radu je naglasak stavljen na implementaciju više nivoa, tj. linija odbrane, čije funkcionalnosti bi trebalo da se delimično ili čak u potpunosti preklapaju, jer jedino na takav način se efikasno može minimizovati bezbednosni rizik i maksimizovati verovatnoća uspešne odbrane IKT sistema organizacije.

NAPOMENA

Napominje se da je ovo autorski rad, te da kao takav ne predstavlja zvaničan stav i nastup institucije iz koje autori dolaze.

LITERATURA

[1] „Zakon o informacionoj bezbednosti“, Ministarstvo trgovine, turizma i telekomunikacija RS, Službeni glasnik RS, br. 6/2016.

[2] „Odluka o minimalnim standardima upravljanja informacionim sistemom finansijske institucije“, Narodna banka Srbije: Službeni glasnik RS, vol. br. 23/2013 i 113/2013.

[3] „Odluka o izmenama i dopunama Odluke o minimalnim standardima upravljanja informacionim sistemom finansijske institucije“, Narodna banka Srbije, Službeni glasnik RS, br. 2/2017.

[4] Petrović S., Ristić R., Pantović V., “Minimalni standardi upravljanja informacionim sistemom finansijske institucije,” Bankarstvo, vol. 42, no. 4, pp. 38–51, 2013.

[5] Linkov I., Anklam E., Collier Z., DiMase D., and Renn O., “Risk-based standards: integrating top–down and bottom–up approaches,” Environment Systems and Decisions, vol. 34, no. 1, pp. 134–137, 2014.

[6] Shenk J., „Layered Security: Why It Works“, [Online] Available: <https://www.sans.org/reading-room/whitepapers/analyst/layered-security-works-34805>, Accessed on: Jan. 31 2017.

[7] Andress J., Winterfeld S., and Rogers R., „Cyber warfare: Techniques, tactics and tools for security practitioners“. Amsterdam, Boston: Syngress/Elsevier, 2011.

[8] Oriyano S.-P., „CEH v9: Certified ethical hacker version 9, study guide“, Indianapolis, IN: Sybex, 2016.

[9] Ketel M. and Shumate T., “Bring Your Own Device: Security technologies,” in 2015 10th International Conference on Malicious and Unwanted Software (MALWARE), 2015, pp. 1–7.

[10] „Building a Hybrid Information Security Framework with ISO 27001:2013“. Available: www.celerity.com, Accessed on: Jan. 31 2017.

[11] Info-Tech Research Group, “Build an Information Security Strategy”, 2016

[12] Marley R. and Mooney J., “Essential IT Controls for Preventing Cash Fraud,” J. Corp. Acct. Fin., vol. 26, no. 2, pp. 49–57, 2015.

ZAŠTITA VIDEO SADRŽAJA SKREMBLOVANIM VODENIM ŽIGOM PRE PUBLIKOVANJA NA INTRNETU PROTECTION OF VIDEO CONTENT BY SCRAMBLED WATERMARK BEFORE ONLINE PUBLICATION

Zoran Veličković, Zoran Milivojević, Marko Veličković
Visoka tehnička škola strukovnih studija Niš

Sadržaj – U ovom radu je razmatrana zaštita video sadržaja umetanjem skremblovanog vodenog žiga u DWT-SVD domenu videa pre publikovanja na Internetu. Predloženi algoritam za insertovanje / ekstrakciju / popravku je testiran za tri karakteristične video sekvence. Objektivni parametri kvaliteta ekstrahovanih vodenih žigova SSIM i NC nalaze se u sledećim opsezima: $0.7537 < SSIM < 0.8956$, odnosno $0.9493 < NC < 0.9852$. Za sve razmatrane video sekvence dobijeni su ekstrahovani vodeni žigovi zadovoljavajućeg kvaliteta.

Abstract - This paper deals with the protection of video content by inserting scrambled watermark in DWT-SVD domain of video before publishing on the Internet. The proposed algorithm for insertion / extraction / correction was tested for three reference video sequence. Objective quality parameters extracted watermarks SSIM and NC are in the following ranges: $0.7537 < SSIM < 0.8956$, respecting, $0.9493 < NC < 0.9852$. For all considered video sequences obtained extracted watermarks were satisfactory quality.

1. UVOD

Pojedini globalni mrežni servisi kod korisnika imaju takvu popularnost da su postali sinonim savremenog korišćenja Interneta. Pristup elektronskoj pošti putem Web-a, pretraživanje Web sadržaja, čitanje najnovijih vesti, preslušavanje muzičkih sadržaja kao i pregledavanje video sadržaja postale su svakodnevne aktivnosti mnogih Internet korisnika [1]. Iako se po svom sadržaju i zahtevima za mrežnim resursima ovi servisi znatno razlikuju, realizovani su na istoj tehnološkoj platformi - TCP/IP steku protokola [2]. Ovaj rad se bavi problemima koji nastaju kao posledica globalne dostupnosti multimedijalnih sadržaja i pojavi nelegalnog kopiranja i distribucije na Internetu. Posebno su razmatrani algoritmi tehničke zaštite video sadržaja od kopiranja i nelegalne distribucije. Značaj ove teme se može sagledati kroz činjenicu da se 64% IP paketa globalnog saobraćaja odnosi na neku formu video komunikacije [3].

Najveći globalni generatori video IP saobraćaja su Web portal *Youtube* i provajder filmova i TV serija *Netflix*. Na *Youtube*-u se u jednoj minuti postavi 300 sati novog video sadržaja, dok istovremeno 2.78 miliona Internet korisnika pregledava neki već postavljeni video sadržaj. Globalni provajder filmova i TV serija, *Netflix*, strimuje preko 77K sati video sadržaja u minuti. Pretpostavlja se da će udeo video paketa u globalnom IP saobraćaju narasti na 80% do kraja 2019. godine [3]. Ova činjenica potvrđuje da je razmena digitalnih multimedijalnih sadržaja, a posebno videa, već postala dominantni oblik IP saobraćaja. Više je faktora koji su uticali na ovu činjenicu. Globalna

dostupnost, kao i specifične karakteristike digitalnih multimedijalnih sadržaja su imale najznačajniji uticaj. Pojavi piraterije je posebno pogodovala karakteristika digitalnih multimedijalnih sadržaja da pri kopiranju ne dolazi do degradacije kvaliteta. Finansijski gubici kao posledica piraterije multimedijalnim sadržajima se u savremenom svetu mere u milijardama dolara.

U pomenutim mrežnim uslovima, zaštita autorskih prava nad multimedijalnim sadržajima postaje sve kompleksnija. Teorijski se za zaštitu od kopiranja digitalnih video sadržaja mogu primeniti standardne kriptografske tehnike, međutim, one ne pružaju adekvatnu zaštitu jer se pre reprodukcije multimedijalni sadržaji moraju dekriptovati i time izložiti riziku. U praksi se mnogo češće koriste metode bazirane na umetanju tajne slike - vodenog žiga u sam multimedijalni sadržaj [4]. Osnova karakteristika ovih metoda je da se insertovani (umetnuti) vodeni žig ne odstranjuje iz sadržaja ni prilikom reprodukcije. Dakle, vodeni žig ostaje trajno u multimedijalnom sadržaju i deli njegovu sudbinu. Na ovaj način se štiti sam vodeni žig jer se pri pokušaju njegovog uklanjanja ili zamene uništava i sam multimedijalni sadržaj. Na ovaj način se dodatno povećava nivo bezbednosti zaštićenog videa.

U ovom radu je razmatrana ugradnja vodenog žiga u nekodovani video sadržaj u cilju zaštite od kopiranja. Ovaj koncept zaštite podrazumeva efikasnu i pouzdanu ekstrakciju insertovanog vodenog žiga iz samog video sadržaja. Ekstrahovani vodeni žig treba svojim sadržajem i izgledom da odgovara insertovanom i da nedvosmisleno identifikuje autora, odnosno, vlasnika multimedijalnog sadržaja.

Poznavanje sadržaja insertovanog vodenog žiga može imati negativni uticaj na bezbednost zaštićenog videa. U ovom radu se originalni sadržaj vodenog žiga skriva skremblovanjem (preuređenjem lokacije piksela). Algoritam primenjenog skremblera je zasnovan na invertibilnim haotičnim mapama (engl. *Chaotic Maps*) [4], [5]. Zbog svojih dobrih karakteristika primenjena je generalizovana višestapna Arnoldova transformacija GMSAT (engl. *Generalized MultiStage Arnold Transformation*) koja spada u klasu 2D haotičnih mapa. Posle skremblovanja, vodeni žig se insertuje u video sadržaj pouzdanim DWT-SVD algoritmom čime se formira zaštićeni video. Pre objavljivanja zaštićenog videa na Internetu, neophodno je obaviti njegovo kodovanje. Proces kodovanja videa pripada klasi kompresije sa gubicima, što ima negativne posledice kako na sam kvalitet videa, tako i na kvalitet insertovanog vodenog žiga. Da bi se ostvario veliki stepen kompresije, koderi zanemaruju fine detalje u frejmovima što izaziva negativne efekte na proces ekstrakcije vodenih žigova. Procesi kodovanja i matematičkih zaokruživanja pri insertovanju žiga dovode

do varijabilnog kvaliteta ekstrahovanih žigova. Ova činjenica nameće potrebu za popravkom kvaliteta ekstrahovanog vodenog žiga [6]. U ovom radu je primenjen napredni algoritam za popravku kvaliteta ekstrahovanog žiga iz kodovanog videa. Na prijemnoj strani se posle ekstrakcije skremblovanog vodenog žiga mora primeniti inverzna GMSAT transformacija za dobijanje originalna [7]. Za primenu inverzne GMSAT transformacije neophodno je poznavati transformacione parametre, kao i sve početne uslove na koje su sve haotične mape izuzetno osetljive. Nivo bezbednosti zaštićenog video sadržaja se na ovaj način podiže na željeni nivo.

U drugom poglavlju date su osnove primenjenih matematičkih transformacija, dok je u trećem poglavlju prikazan pouzdani DWT-SVD algoritam za insertovanje vodenog žiga u transformacionom domenu. Takođe, korišćen je algoritam za ekstrakciju i popravku kvaliteta ekstrahovanog vodenog žiga. Prikazani algoritmi su evaluirani primenom istog vodenog žiga na tri različita video sadržaja. Na osnovu dobijenih podataka verifikovana je efikasnost predloženog algoritma objektivnim metodama.

2. PRIMENJENE TRANSFORMACIONE TEHNIKE

Kriptovanje sadržaja vodenog žiga skremblovanjem je često primenjivana tehnika za unapređenje bezbednosti sistema za zaštitu od kopiranja digitalnih video sadržaja. U ovom radu je korišćena generalizovana 2D višestapna Arnoldova transformacija za kriptovanje lokacije piksela vodenog žiga [4].

Generalizovana višestapna arnoldova transformacija

U prethodnim radovima autori su predložili višestapnu Arnoldovu transformaciju [4], [5] za šifrovanje sadržaja vodenog žiga. Osnovna ideja ove transformacije se zasniva na uzastopnoj primeni više različitih Arnoldovih transformacija - etapa (I) sa sopstvenim parametrima na vodeni žig. Transformacioni parametri i -te etape a_i , b_i , broj uzastopnih iteracija etape k_i kao i perioda Arnoldove transformacije etape T_i zapravo predstavljaju ključeve za kriptovanje, odnosno, dekriptovanje vodenog žiga. Dimenzija kvadratnog vodenog žiga N je konstanta i jednaka je za sve etape. Ovo ima za posledicu da se višestapna Arnoldova transformacija uvek primenjuje nad kompletnim vodenim žigom. U ovom radu se primenjuje generalizovana višestapna Arnoldova transformacija GMSAT kod koje je dozvoljena varijacija dimenzije kvadratnog vodenog žiga N_i u svakoj etapi. Tako, u svakoj etapi (i) ove transformacije moguće je birati proizvoljnu vrednost dimenzije kvadratnog žiga na koju se primenjuje transformacija uz uslov $N_i \leq N$. Svaka od etapa generalizovane višestapne 2D Arnoldove transformacije (i) se može opisati izrazima (1) i (2):

$$\begin{bmatrix} x_{n+1} \\ y_{n+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & b_i \\ a_i & a_i b_i + 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_n \\ y_n \end{bmatrix} \text{ mod } N_i \quad (1)$$

$$N_i \leq N, i \in (1, 2, \dots, I)$$

$$(x, y) \in (0, 1, \dots, N_i - 1) \times (0, 1, \dots, N_i - 1) \subset Z^2 \quad (2)$$

gde x_k i y_k predstavljaju lokacije piksela slike, a_i , b_i i N_i predstavljaju parametre Arnoldove transformacije. Primena višestapne Arnoldove transformacije zahteva poznavanje i dodatnih parametara k_i i T_i . Skup parametara Key_I koji određuju generalizovanu višestapnu Arnoldovu transformaciju se može predstaviti izrazom (3):

$$Key_I = f \left(E_i(a_i, b_i, k_i, N_i, T_i) \right), i = 1, 2, \dots, I \quad (3)$$

gde E_i predstavlja i -tu etapu od I etapa generalizovane višestapne Arnoldove transformacije. Prilikom skremblovanja lokacije piksela na ulaz prve etape E_1 dovodi se originalni vodeni žig, dok se na izlazu iz I -te etape E_I dobija skremblovani vodeni žig.

Diskretna Wavelet transformacija

Generalno DWT se koristi za dekompoziciju signala na različite frekvencijske podopsege. Značaj DWT-a u algoritmima za procesiranje slika potiče od njene sposobnosti da oponaša čovečiji vizuelni sistem HVS (engl. *Human Visual System*). Na osnovu svojih karakteristika, DWT se može svrstati u klasu „multiresolution“, „multilevel“ transformacija [8] što algoritmima za ugradnju vodenog žiga znatno proširuje mogućnosti primene. U slučaju zaštite videa, vodeni žig se može ugraditi u željeni transformacioni podopseg svakog video frejma. Izborom odgovarajućeg podopsega, ugrađeni vodeni žig se može zaštititi od pojedinih vrsta smetnji i ataka.

Za dekompoziciju frejma se može upotrebiti čitav niz 2D „wavelet“ filtera, a u ovom radu je korišćen Haar filter. Na svakom nivou dekompozicije video frejma dobijaju se četiri frekvencijska podopsega koji se označavaju sa LL, LH, HL i HH. Podopseg LL je dobijen filtriranjem niskopropusnim filtrom u horizontalnom i vertikalnom pravcu. Ovaj podopseg nosi najveću energiju frejma. Ugradnja vodenog žiga u LL podopsegu može izazvati značajnu degradaciju video frejma, ali istovremeno obezbediti robusnost vodenog žiga na pokušaje njegove ekstrakcije. Frekvencijski podopseg HH je dobijen filtriranjem visokopropusnim filtrom u horizontalnom i vertikalnom pravcu i sadrži visokofrekvencijske komponente frejma duž dijagonala. Ovaj podopseg uključuje ivice i teksturu frejma. Na promenu ovih detalja čovečije oko je osetljivo ali se u procesu video kodovanja ovi detalji zanemaruju. Frekvencijski podopsezi HL i LH se dobijaju niskofrekvencijskim filtriranjem u jednom pravcu i visokofrekvencijskim filtriranjem u drugom pravcu. LH podopseg sadrži informacije o vertikalnim detaljima koji odgovaraju horizontalnim ivicama, dok HL podopseg sadrži informacije o horizontalnim detaljima koji odgovaraju vertikalnim ivicama. Ugradnja vodenog žiga u frekvencijske podopsege HL i LH predstavlja kompromis između robusnosti vodenog žiga i perceptualnog kvaliteta zaštićenog videa.

Daljom dekompozicijom LL podopsega dobija se sledeći nivo dekompozicije. Nivo dekompozicije zavisi od potrebe aplikacije, a u ovom radu je korišćen drugi nivo, čime se izjednačavaju rezolucije dekomponovanog frejma

i vodenog žiga.

SVD transformacija

SVD transformacija se bazira na teoremi da se pravougaona matrica A dimenzija $m \times n$ može razložiti na tri matrice:

$$A = USV^T \quad (4)$$

gde je $A \in \mathfrak{R}^{n \times n}$, $U \in \mathfrak{R}^{n \times m}$ i $V \in \mathfrak{R}^{m \times m}$. Matrice U i V su ortogonalne matrice, a kolone ovih matrica se nazivaju levi, odnosno, desni singularni vektori. Matrica, S je dijagonalna matrica, poznata pod nazivom matrica singularnih vrednosti. Ako je r rang matrice A , tada elementi matrice S zadovoljavaju sledeću relaciju:

$$\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \dots \geq \sigma_r \geq \sigma_{r+1} = \sigma_{r+2} = \dots = \sigma_n = 0, \quad (5)$$

a matrica A se može predstaviti na sledeći način:

$$A = \sum_{p=1}^r \sigma_p \mathbf{u}_p \mathbf{v}_p^T \quad (6)$$

gde \mathbf{u}_p i \mathbf{v}_p predstavljaju p -tu sopstvenu vrednost matrica U i V , dok je σ_p p -ta singularna vrednost. Singularni vektori specificiraju geometriju matrice A , dok singularne vrednosti specificiraju energiju (osvetljaj slike) matrice A . Ako se matricom A predstavi jedan video frejm, onda se nizom sličnih matrica može predstaviti video. Najvažnije karakteristike SVD transformacije koje su važne za ovaj rad su invarijantnost na transponovanje, skaliranje, rotaciju i zamenu kolona i vrsta matrice. Ove karakteristike su značajne za očuvanje samog video sadržaja kao i za obezbeđenje otpornosti insertovanog vodenog žiga na geometrijske i druge atake.

3. POUZDANI DWT-SVD ALGORITAM

Kod videa se insertovanje vodenog žiga može obaviti u nekodovanom ili kodovanom domenu. Zbog svojih dobrih karakteristika u ovom radu je primenjeno insertovanje vodenog žiga u nekodovanom domenu. Iako se klasifikacija algoritama za insertovanje vodenih žigova u nekodovanom domenu može izvršiti po više kriterijuma, u osnovi postoje dve velike klase. Jedna klasa algoritama se bazira na insertovanju vodenog žiga u prostornom domenu (engl. *spatial domain*), dok se druga klasa algoritama zasniva na insertovanju vodenog žiga u transformacionom domenu (engl. *transform domain*). U slučaju kada se prva klasa algoritama primenjuje na video, vodeni žig se skriva u vrednostima lumentne komponente prostorno distribuiranih piksela slike. Druga klasa algoritama skriva vodeni žig u modifikovanim transformacionim koeficijentima video sadržaja. Za ove potrebe se mogu koristiti transformacioni koeficijenti određeni primenom DCT-a (engl. *Discrete Cosine Transform*), FFT-a (engl. *Fast Fourier Transform*), SVD-a (engl. *Singular Value Decomposition*) ili DWT-a (engl. *Discrete Wavelet Transform*). Inverznim algoritimima se iz modifikovanih transformacionih koeficijenata mogu ekstrahovati insertovane informacije [6].

U ovom radu se ugradnja i ekstrakcija vodenog žiga u video frejm u SVD domenu obavlja pouzdanim algoritmom [6] baziranom na principal komponenti. Pouzdani SVD algoritam rešava problem lažne detekcije

žiga koji je svojstven standardnom SVD algoritmu. Detalji pouzdanog algoritma za ugradnju i ekstrakciju kriptovanog vodenog žiga u DWT-SVD domenu su predstavljeni nizom sledećih I i E koraka.

Algoritam ugradnje vodenog žiga

Korak I_1 : Dekompozicija frejma F primenom drugog nivoa DWT transformacije:

$$\{F^k, F^l\} = DWT_2(F)_{Haar} \quad (7)$$

$$k \in \{LL_2, HL_2, LH_2, HH_2\}$$

$$l \in \{HL_1, LH_1, HH_1\}$$

Korak I_2 : SVD dekompozicija podopsega F^k :

$$F^k = U_F^k \cdot S_F^k \cdot (V_F^k)^T \quad (8)$$

Korak I_3 : Kriptovanje originalnog vodenog žiga W' (niže rezolucije) primenom generalizovane višestapne Arnoldove transformacije i dobijanje vodenog žiga W koji se insertuje u svaki frejm.

$$W = Gen_Arnold(W')_{E_i(a_i, b_i, k_i, N_i, T_i)} \quad (9)$$

$$i = 1, 2, \dots, I.$$

Korak I_4 : SVD dekompozicija kriptovanog vodenog žiga W i računanje principal komponente A_{wa} [6].

$$W = U_w \cdot S_w \cdot V_w^T = A_{wa} \cdot V_w^T; A_{wa} = U_w \cdot S_w \quad (10)$$

Korak I_5 : Ugradnja principal komponente A_{wa} u dijagonalnoj matrici podopsega S_F^k sa faktorom insertovanja α :

$$S_{F,1}^k = S_F^k + \alpha \cdot A_{wa} \quad (11)$$

Korak I_6 : Kreiranje modifikovanog podopsega sa ugrađenim vodenim žigom:

$$F_w^k = U_F^k \cdot S_{1,F}^k \cdot (V_F^k)^T \quad (12)$$

Korak I_7 : Zamena originalnih podopsega drugog nivoa frejma sa modifikovanim i primena inverzne diskretne wavelet transformacije IDWT₂ za dobijanje žigovanog frejma.

$$F_w = IDWT_2(F_w^k, F^l)_{Haar} \quad (13)$$

Algoritam ekstrakcije vodenog žiga

Proces ekstrakcije vodenog žiga W^* iz zaštićenog videa se može obaviti sledećim E koracima:

Korak E_1 : Dekompozicija originalnog frejma F primenom drugog nivoa DWT transformacije:

$$\{F^k, F^l\} = DWT_2(F)_{haar} \quad (14)$$

$$k \in \{LL_2, HL_2, LH_2, HH_2\}$$

$$l \in \{HL_1, LH_1, HH_1\}$$

Korak E_2 : SVD dekompozicija podopsega F^k :

$$F^k = U_F^k \cdot S_F^k \cdot (V_F^k)^T \quad (15)$$

Korak E_3 : Dekompozicija potencijalno atakovanog frejma F_w^* primenom drugog nivoa DWT transformacije:

$$\{F_w^{*k}, F_w^{*l}\} = DWT_2(F_w^*)_{Haar} \quad (16)$$

Korak E_4 : SVD dekompozicija podopsega F_w^{*k} :

$$F_w^{*k} = U_{F_w}^{*k} \cdot S_{F_w}^{*k} \cdot (V_{F_w}^{*k})^T \quad (17)$$

Korak E_5 : Kreiranje razlike originalnog (F^k) i zaštićenog frejma (F_w^{*k}):

$$F_1^k = F_w^{*k} - F^k \quad (18)$$

Korak E_6 : Određivanje principalne komponente [6]:

$$A_{wa}^{*k} = \frac{(U_F^k)^{-1} \cdot F_1^k \cdot (V_F^k)^{-1} \cdot (V_F^k)^T}{\alpha} \quad (19)$$

Korak E_7 : Izračunavanje insertovanog kriptovanog vodenog žiga W^{*k} se obavlja na sledeći način:

$$W^{*k} = A_{wa}^{*k} \cdot V_w^T \quad (20)$$

Korak E_8 : Dekriptovanje originala vodenog žiga W^{*k} primenom inverzne generalizovane višestepne Arnoldove transformacije i dobijanje originalnog žiga W^{*k} :

$$W^{*k} = \text{Inv_Gen_Arnold}(W^{*k})_{E_i(a_i, b_i, k_i, N_i, T_i)} \quad (21)$$

$$i = 1, 2, \dots, I.$$

4. EVALUACIJA ALGORITMA

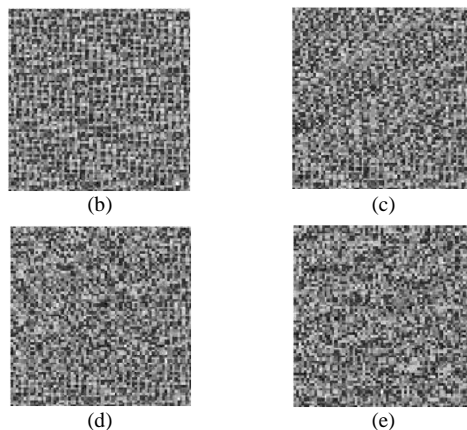
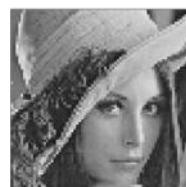
U ovom radu je pretpostavljeni .yuv format za čuvanje nekodovanog video sadržaja. Poznato je da se kod ovog formata informacije o frejmovima čuvaju u karakterističnim matricama označenim kao Y , C_b i C_r . U matrici Y se čuvaju vrednosti osvetljaja za svaki piksel frejma, dok se informacije o boji čuvaju u matricama C_b i C_r . Insertovanje vodenog žiga se može obaviti u svakoj od ovih matrica. U ovom radu se insertovanje vodenog žiga obavlja u Y matrici, čime se vodeni žig skriva u osvetljajima piksela video frejmova. Za razliku od prethodnih radova, gde je insertovanje vodenog žiga obavljeno u DCT-SVD domenu, u ovom je insertovanje vodenog žiga obavljeno u DWT-SVD domenu. Kasnije, kodovanjem ovako zaštićenog videa, vodeni žig se prenosi i u kodovani domen. Primena različitih koda će imati manje ili više uticaja na preživaljavanje vodenog žiga u kodovanom domenu. U ovom radu je kodovanje zaštićenih video sekvenci obavljeno JM referentnim softverom ITU-a (engl. *International Telecommunication Union*) u verziji 18.4 FRExt. Kvalitet kodovanja je definisan skupom FRExt parametara, a najuticajniji su: $IntraPeriod = 12$, $NumberReferenceFrames = 5$ i $NumberBFrames = 1$.

Simulacioni rezultati

Kao vodeni žig u eksperimentalnom delu ovog rada korišćen je adaptirani centralni deo poznate slike „Lena.bmp“ u rezoluciji 72×72 piksela. Izgled originalnog vodenog žiga prikazan je na slici 1(a).

Kako je već pomenuto u uvodnom delu rada, da bi se povećao nivo zaštite, sadržaj ovog vodenog žiga se pre insertovanja šifruje (skrembluje) GMSAT algoritmom. U ovom radu je primenjen 4-etapni GMSAT sa parametrima prikazanim u Tabeli 1. Skup parametara (22) predstavlja ključ Key_4 za skremblovanje vodenog žiga 4-etapnim GMSAT-om:

$$Key_4 = f(E_1, E_2, E_3, E_4). \quad (22)$$



Slika 1. Izgled vodenog žiga a) original, posle b) prve (c) druge d) treće e) četvrte etape GMSAT-a.

Na slikama od 1(b) do 1(e) su prikazani dobijeni vodeni žigovi na kraju svake etape GMSAT-a. Sa slike 1 se jasno može uočiti prostorna dekorelacija piksela originalnog vodenog žiga u svim etapama GMSAT-a. Za vraćanje skremblovanog vodenog žiga u originalni, nužno je posedovati inverzni GMSAT, parametre svih etapa kao i početne uslove svake etape. Ako samo jedan parametar GMSAT-a nije poznat nije moguće dešifrovati skremblovani vodeni žig.

Iako se insertovanje vodenog žiga može obaviti u svim DWT podopsezima, u ovom radu je insertovanje skremblovanog vodenog žiga sa slike 1e) obavljeno samo u LL2 DWT podopsegu. Za insertovanje je primenjen DWT-SVD algoritmom sa faktorom insertovanja $\alpha=0.05$. U cilju evaluacije predloženog algoritma u ovom radu su zaštićene poznate tri video sekvence. Izgled prvih frejmova zaštićenih video sekvenci su prikazani na slici 2. Na slici 2(a) prikazan je izgled prvog frejma video sekvence pod nazivom *Coastguard*. Rezolucija svih originalnih video sadržaja je data u cif formatu 288×352 piksela, dok su za potrebe ovog rada frejmovi ograničeni na 288×288 piksela. Na slici 2(b) prikazan je izgled prvog frejma video sekvence *Soccer* u rezoluciji 288×288 piksela, dok je na slici 2(c) prikazan izgled prvog frejma video sekvence *Foreman* u istoj rezoluciji.

TABELA 1: PARAMETRI 4-ETAPNOG GMSAT-A.

Parametri	Etapa			
	E_1	E_2	E_3	E_4
a	2	1	4	3
b	2	1	2	1
N	72	60	50	72
k	9	5	7	7
T	12	60	18	18



Slika 2. Adaptirani originalni početni frejmovi u rezoluciju 288×288 piksela razmatranih video sekvenci (a) Coastguard (b) Soccer i (c) Foreman.



Slika 3. Izgled zaštićenih početnih frejmova razmatranih video sekvenci (a) Coastguard (b) Soccer i (c) Foreman u kojima je insertovan vodeni žig sa slike 1(e).



Slika 4. Izgled početnih dekodovanih zaštićenih frejmova iz kojih se ekstrahuje vodeni žig razmatranih video sekvenci (a) Coastguard (b) Soccer i (c) Foreman

U pomenute video sekvence insertovan je vodeni žig prikazan na slici 1(e). Izgledi prvih zaštićenih frejmova razmatranih video sekvenci su prikazani na slici 3. Na slici 3(a) prikazan je izgled prvog zaštićenog frejma video sekvence *Coastguard*. Na slici 3(b) prikazan je izgled prvog zaštićenog frejma video sekvence *Soccer*, dok je na slici 3(c) prikazan izgled prvog zaštićenog frejma video sekvence *Foreman*. Na ovim slikama se teško mogu uočiti artefakti koje je prouzrokovao algoritam za insertovanje vodenog žiga.

Pažljivom analizom svih zaštićenih frejmova se može uočiti da su artefakti zapravo veoma zavisni od sadržaja samog frejma. Ovo ima za posledicu da se u procesu ekstrakcije dobijaju vodeni žigovi promenljivog kvaliteta. Posle insertovanja vodenih žigova u sve frejmove nekodovanog videa, prvo je izvršeno kodovanje, a zatim i dekodovanje na prijemnoj strani H.264/AVC koderom. Na slici 4(a) prikazan je izgled prvog dekodovanog zaštićenog frejma video sekvence



Slika 5. Izgled vodenih žigova ekstrahovanih iz 50. frejma razmatranih video sekvenci.

Coastguard. Na slici 4(b) prikazan je izgled prvog dekodovanog zaštićenog frejma video sekvence Soccer, dok je na slici 4(c) prikazan izgled prvog dekodovanog zaštićenog frejma video sekvence Foreman. Na ovim slikama se može uočiti zanemarivanje detalja u frejmovima kao posledica kodovanja. Ovo je još jedan razlog zbog koga se u procesu ekstrakcije dobijaju vodeni žigovi varijabilnog kvaliteta. Za potrebe dokazivanja vlasništva nad video sadržajem se iz svakog dekodovanog zaštićenog frejma ekstrahuju insertovani vodeni žigovi. Mereno pomoću SSIM indeksa, kvalitet ekstrahovanih vodenih žigova se kreće u opsegu od 0.05 do 0.52. Na slici 5 prikazani su ekstrahovani vodeni žigovi iz 50-tih frejmova razmatranih videa Coastguard, Soccer i Foreman. Uvidom u sadržaje ekstrahovanih vodenih žigova evidentna je razlika u kvalitetu. Radi popravke kvaliteta ekstrahovanog vodenog žiga primenjen je napredni algoritam. On će na osnovu skupa relativno loših vodenih žigova ekstrahovati vodeni žig većeg kvaliteta. Na slici 6 prikazani su izgledi vodenih žigova posle primene naprednog algoritma za popravku razmatranih video sekvenci. Za ocenu kvaliteta popraavljenih vodenih žigova korišćena su dva parametra SSIM indeks i NC koeficijent.

Na slici 6 su prikazane vrednosti ovih parametara za razmatrane video sekvence. Takođe, na slici 6 su prikazani brojevi iteracija koje je načinio algoritam za popravku kvaliteta za razmatrane video sekvence. Broj iteracija koje algoritam za popravku kvaliteta načini prilikom insertovnja vodenog žiga u DWT-SVD domenu je znatno veći od broja iteracija načinjenih algoritmom za insertovanje u DCT-SVD domenu [7]. Generalno se može reći da će veći broj iteracija ostvariti i bolji kvalitet vodenog žiga. Tako, za isti maksimalni SSIM indeks ekstrahovanih vodenih žigova, algoritam sa većim brojem iteracija, će ostvariti i bolji kvalitet vodenog žiga. Ako je maksimalni SSIM indeks ekstrahovanih vodenih žigova manji, potreban je veći broj iteracija da bi se postigao bolji kvalitet. Za razmatrane video sekvence ostvareni su sledeći parametri kvaliteta ekstrahovanih vodenih žigova: *Foreman*: $SSIM = 0.8956$, $NC = 0.9852$, *Soccer*: $SSIM = 0.8624$ i $NC = 0.9786$ i *Coastguard*: $SSIM = 0.7537$, $NC = 0.9493$. U prikazanim primerima, najviši kvalitet vodenog žiga je ostvaren ekstrakcijom iz video sekvence Foreman:

$$SSIM_{Foreman} > SSIM_{Soccer} > SSIM_{Coastguard} \quad (23)$$

$$NC_{Foreman} > NC_{Soccer} > NC_{Coastguard} \quad (24)$$

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu je razmatrana zaštita video sadržaja insertovanjem skremblovanog vodenog žiga u DWT-SVD domenu pre publikovanja.



	Coastguard	Soccer	Foreman
Original SSIM	0.7537	0.8624	0.8956
NC	0.9493	0.9786	0.9852
Br. iteracija	21	25	32

Slika 6. Popraavljeni ekstrahovani vodeni žigovi sa objektivnim parametrima SSIM, NC i brojem iteracija za razmatrane video sekvence.

Za tri karakteristične video sekvence je testiran predloženi algoritam za insertovanje/ekstrakciju/popravku koji je predložen u ovom radu. Predloženi algoritam je zavisao od sadržaja vodenog žiga i video frejma tako da se prilikom ekstrakcije dobijaju vodeni žigovi varijabilnog kvaliteta. Primenon naprednog algoritma za popravku objektivni parametri kvaliteta ekstrahovanih vodenih žigova bili su u sledećim opsezima: $0.7537 < SSIM < 0.8956$, odnosno $0.9493 < NC < 0.9852$. Za sve razmatrane video sekvence dobijeni su ekstrahovani vodeni žigovi zadovoljavajućeg kvaliteta. U nastavku istraživanja biće testirane mogućnosti insertovanja vodenih žigova u druge podopsege DWT-a i njihov uticaj kako na kvalitet zaštićenog videa tako i na kvalitet ekstrahovanog vodenog žiga.

LITERATURA

- [1] P. Swire, J. Hemmings, A. Kirkland, „*Online Privacy and ISP: ISP Access to Consumer Data is Limited and Often Less than Access by Others*“, The Institut for Information Security & Privacy, Feb. 2016.
- [2] M. Jevtović, Z. Veličković, „Protokoli prepletenih slojeva“, Akademska misao, Beograd, 2012.
- [3] Cisco White Paper, „*Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2015–2020*“, Feb. 2016.
- [4] Z. Veličković, M. Veličković, Z. Milivojević, *Improved Gray-Scale Watermark Encryption Based on Chaotic Maps*, UNITECH 2016, pp. II-145-150, Gabrovo, 2016.
- [5] N. Nikolaidis, A. Tefas, I. Pitas, „*Chaotic sequence for digital watermarking*“, Advances in Nonlinear Signal and Image Processing, Ed. S. Marshall and G. L. Sicuranza, Hindawi, 2006.
- [6] Z. Veličković, Z. Milivojević, M. Veličković, M. Jevtović, „*The impact of prediction structures H.264 encoder on the quality of the extracted watermark from the chaos domain*“, ETF Jour. of Electrical Engineering, Vol. 22, pp. 111-121, Podgorica, 2016.
- [7] Z. Veličković, Z. Milivojević, M. Veličković „*The Insertion of the Encrypted Low-Resolution Watermark in the Uncompressed Video*“, ICEST 2016, pp. 191-194, Ohrid, 2016.
- [8] M. Vetterli, J. Kovačević, *Wavelets and Subband Coding*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1995.

ZAŠTITA INFORMACIJA REGISTROFONA

INFORMATION PROTECTION OF CALL LOGGER AND RECORDER SYSTEMS

Željko Vuković¹, Nikola Luburić¹, Goran Sladić¹, Branko Milosavljević¹, Jelena Zorić²

Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Katedra za Informatiku ¹
Ministarstvo unutrašnjih poslova Republike Srbije ²

Sadržaj - Registrofoni snimaju govornu komunikaciju razmenjenu putem telefonske, radio ili druge veze. Snimci registrofona koriste se prilikom analize toka poslovnog procesa ili službene radnje u cilju usavršavanja ustaljenih procedura, ali i u istražnim i sudskim procesima. Ovaj rad definiše smernice za funkcionalne i nefunkcionalne zahteve sistema koji implementira registrofon, kako bi bili zadovoljeni kriterijumi autentičnosti, neporecivosti, poverljivosti i dostupnosti snimljenog materijala.

Abstract - Call loggers record verbal communication exchanged by telephone, radio or other type of connection. These records are used for analyzing procedures and business processes in order to improve them, as well as in official investigations and in court of law. This paper defines guidelines for functional and non-functional requirements of a system that implements a call logger, so that such a system may suffice criteria of authenticity, irrevocability, confidentiality and availability.

1. UVOD

Registrofoni su uređaji koji služe za snimanje audio zapisa: telefonskih razgovora, radio veze ili razgovora u nekom prostoru. Koriste se za snimanje govorne komunikacije u oblastima gde od toka i sadržaja razgovora može zavisiti bezbednost i sigurnost učesnika ili uspešnost poslovnog procesa, pa ih između ostalih koriste: vatrogasno-spasilačke jedinice, policija, hitna pomoć, kontrola leta, elektro distribucije, taksiprevoznici, kol centri. Kasnijom analizom snimljenog materijala moguće je utvrditi da li je prilikom komunikacije došlo do nepoštovanja procedura, da li je to moglo uticati na tok procesa, da li se eventualni propusti mogu dovesti u direktnu vezu sa posledicama i slično. Snimci se mogu koristiti i za analizu samih procedura i njihovo eventualno korigovanje. Ukoliko je registrofon takav da ga mogu preslušavati i učesnici komunikacije, onda se može koristiti kao sastavni deo procedura - npr. u slučaju za potrebom provere dela komunikacije koji nije bio jasan, a druga strana nije u mogućnosti da ponovi predaju.

U više navrata pojedinci su iznosili sumnju u verodostojnost dostavljenog snimljenog materijala sa registrofona. Rukovaoci i tehničari optuživani su da su brisali ili menjali snimke, kako bi prikrili činjenice. U ovom radu će biti iznete neke funkcionalne i

nefunkcionalne karakteristike koje bi trebalo da zadovolji sistem registrofona, kako bi mogućnost nedozvoljene manipulacije materijalom bila svedena na minimum. Ovim se štiti strana koja koristi snimke registrofona u utvrđivanju činjenica, ali se od lažnih optužbi štiti i strana koji dostavlja materijal, odnosno održava sistem registrofona.

Cilj je definisati zahteve za sistem registrofona tako da se ispune proširene osobine zaštite informacija: integritet, autentičnost, dostupnost, neporecivost i poverljivost. U ovom radu nećemo se baviti pravnim aspektima, odnosno podrazumevamo da entitet (pravno ili fizičko lice) koji koristi registrofon to čini u skladu sa svim važećim zakonima i propisima.

2. OPIS SISTEMA

U prošlosti, registrofoni su bili realizovani kao analogni snimači uvezani sa lokalnom telefonskom centralom i telefonskim aparatom. Za snimanje je korišćena magnetofonska traka. U ovom radu razmatramo samo moderne registrofone koji su bazirani na digitalnim računarskim sistemima. Računarski registrofon se obično sastoji od podsistema za detekciju i prihvatanje poziva, podsistema za skladištenje snimljenog materijala i podsistema za pretragu i reprodukciju snimaka. Ovi podsistemi se mogu nalaziti na jednom ili više računara.

Pod *podsystemom za detekciju i prihvatanje poziva* podrazumevamo hardverska i softverska rešenja koja omogućavaju ulaz audio sadržaja u sistem. Konstrukcija ovog podsistema zavisi od vrste komunikacije koja se beleži. Ulazi mogu biti analogni u slučaju analogne telefonije, snimanja zvuka prostora u kom se boravi (ambijenta) i analognog radija; ili digitalni u slučaju ISDN telefonije, TETRA, DMR ili drugog digitalnog radija, VoIP telefona itd. Sistem može imati i više ulaza, uključujući kombinacije nabrojanih tipova. Ovaj podsistem može vršiti i identifikaciju dolaznog ili odlaznog telefonskog broja ili radio stanice.

Podsystem za skladištenje snimljenog materijala zapisuje na trajnu memoriju računara audio sadržaj sa ulaza i istovremeno zapisuje i prateće podatke o razgovoru: vreme početka, vreme čekanja na javljanje operatera (u slučaju telefona), trajanje razgovora, identifikaciju sagovornika, grupi poziva kojoj pripada (za koji događaj je poziv vezan) i druge.

Podsystem za pretragu i reprodukciju omogućava da korisnik (koji na to ima prava u sistemu) pretraži

snimljene pozive na osnovu nekog kriterijuma i ponovo ih reprodukuje. Sistem može da omogućiti i praćenje poziva sa jednog ili više ulaza u realnom vremenu, tj. dok su još u toku.

3. AUTENTIČNOST

Ukoliko dođe do promene sadržaja pojedinih bita, ili čak celih blokova datoteke koja predstavlja audio zapis, često se ove datoteke i dalje mogu reprodukovati, a da pri tom njihov audio sadržaj ostane prepoznatljiv, uz eventualnu pojavu zvučnih smetnji. Ukoliko je stepen oštećenja takav da je održana razumljivost sadržane govorne komunikacije, za takvu datoteku i dalje možemo reći da je autentična. [1] Međutim, algoritmi heširanja koji se uobičajeno koriste za binarne datoteke su po prirodi takvi da promena već jednog bita sadržaja dovodi do velike promene rezultata heš funkcije. [2] Dakle, gledajući rezultate ovih algoritama, oštećena audio datoteka bi se mogla proglasiti za neautentičnu, što bi moglo dovesti do zaključka da je sadržaj sa namerom izmenjen, iako to nije nužno slučaj.

Audio Fingerprinting [3], [4] predstavljaju tehnike za računanje određene vrste heš koda iz audio zapisa. Za razliku od klasične heš funkcije, ove tehnike će proizvesti isti *fingerprint* za dva audio zapisa koji imaju sličan sadržaj, ali je jedan usled šuma, interferencije, kompresije ili oštećenja datoteke, blago izmenjen. Robusnost ovih algoritama omogućavaju, do izvesne mere, očuvanje integriteta sadržaja audio zapisa, iako nije očuvan integritet kompletnog binarnog zapisa.

Upotrebom mehanizama digitalnog potpisivanja, moguće je heš kod šifrovati tako da se garantuje autentičnost. Digitalno potpisivanje je zasnovano na asimetričnim šiframa, gde se upotrebom privatnog ključa (koji je poznat isključivo vlasniku ključa) šifrira heš kod. Rezultujući šifrat se može dešifrovati upotrebom javnog ključa koji je vezan za vlasnika privatnog ključa, ali je dostupan svima. Dakle, ako bi se dokumentu sračunao heš, i potom šifrovao sa privatnim ključem, mogla bi se proveriti autentičnost (i integritet) dokumenta, tako što bi se sračunao heš dokumenta $H'(X)$, dešifrovao digitalni potpis, izvukao originalni heš $H(X)$ i proverila jednakost

$$H(X) = H'(X). \quad (1)$$

Razmatrajući prethodno navedene mehanizme, predložimo šemu za garanciju integriteta i autentičnosti audio zapisa sa sledećim koracima:

- Neka je X audio zapis, a M_X meta podaci audio zapisa (datum i vreme nastanka zapisa, trajanje, identifikacija učesnika u komunikaciji i drugo);
- H predstavlja bezbednu heš funkciju, F predstavlja bezbednu *audio fingerprint* funkciju, dok D predstavlja bezbednu funkciju za digitalno potpisivanje;
- K predstavlja privatni ključ kojim se formira digitalan potpis;

- Prilikom formiranja audio zapisa, računa se $H(X)$, $H(M_X)$ i $F(X)$;
- Upotrebom ključa K , računa se digitalni potpis

$$A = D_K(H(M_X) + F(X)) \quad (2)$$

$$B = D_K(H(M_X) + H(X)) \quad (3)$$

- Prilikom provere autentičnosti, potrebno je proveriti validnost digitalnog potpisa A i B , i sračunati hešve trenutnog stanja audio zapisa;
- Ukoliko je B validan i integritet je očuvan, moguće je garantovati apsolutno očuvanje integriteta i autentičnosti. Ukoliko integritet za B nije očuvan, ali za A jeste, potrebno je sprovesti veštačenje kako bi se uverili da sadržaj suštinski nije menjan.

Pozadinsko kosmičko zračenje kom su izloženi memorijski moduli sistema može dovesti do spontane promene pojedinih bita neke memorijske lokacije. Isti efekat mogu imati i drugi spoljašnji uticaji, poput toplote[5]. Ove promene mogu dovesti do grešaka prilikom izračunavanja digitalnog potpisa sadržaja ili izmeniti sam sadržaj tako da se proverom u odnosu na digitalni potpis može detektovati da on više nije autentičan. Mogućnost pojave ovakvih oštećenja podataka može se umanjiti korišćenjem memorijskih modula koji podržavaju detekciju i oporavak od grešaka - Error-correcting code (ECC) [9].

4. NEPORECIVOST

Zakon o informacionoj bezbednosti definiše neporecivost kao *sposobnost dokazivanja da se dogodila određena radnja ili da je nastupio određeni događaj, tako da ga naknadno nije moguće poreći*[6]. U kontekstu registrofona, neophodno je obezbediti mogućnost dokazivanja da je određeni poziv prihvaćen i uskladišten. Neporecivost se ostvaruje kombinacijom mehanizama za zaštitu integriteta i pružanje autentičnosti. Očuvan integritet garantuje da se podaci menjaju samo na predviđen način, dok autentičnost nudi informaciju ko je izvršio date izmene.

Merenje vremena

Kako je sastavni deo svakog zabeleženog događaja i vreme događaja, od izuzetne je važnosti da sistem registrofona ima tačno podešeno vreme. Network Time Protocol (NTP) [7] može obezbediti usklađivanje časovnika registrofona sa preciznim atomskim časovnicima raspoloživim na Internetu. Ukoliko sistem nije povezan sa internetom, poželjno je da bar postoji lokalni NTP server, koji će omogućiti da časovnici različitih računara koji su deo sistema registrofona budu međusobno sinhronizovani. Kako bi se sprečile namerne ili nenamerne greške u merenju vremena između dva događaja, registrofon treba i svako pomeranje sistemskog časovnika (bilo ručno ili putem NTP) da registruje kao događaj.

5. POVERLJIVOST

Komunikacija snimljena registrofonom može sadržati informacije koje su označene određenim stepenom tajnosti (službena ili državna tajna, poslovna tajna, itd) ili potpadaju pod odredbe zaštite podataka o ličnosti učesnika u komunikaciji. Stoga, sistem mora obezbediti zaštitu od neovlašćenog pristupa u skladu sa važećim zakonima, propisima, odnosno internih pravilnika entiteta u kom se koristi. Poželjno je da sistem podrži definisanje prava pristupa snimljenom materijalu po kriterijumu starosti snimka. Na taj način se na primer operaterima, ukoliko je to potrebno, može dozvoliti da preslušavaju snimke događaja koji su u toku, ali ne i starije. Ovim se štiti poverljivost snimljenog materijala, a da pri tom nije narušena mogućnost korišćenja snimaka u cilju provere razumljivosti prenetih poziva.

6. DOSTUPNOST

Redundantnost hardvera

Pouzdanost sistema počinje od podsistema napajanja. Ugrađivanjem dve jedinice napajanja u računar obezbeđuje se da on može da nastavi da radi i u slučaju otkaza jedne od njih. Neophodno je i da se jedinica koja je u otkazu može zameniti ispravnom bez prestanka rada sistema (*hot swap*). Poželjno je da ove dve jedinice napajanja budu vezane na dva odvojena strujna kruga, od kojih je svaki opremljen po jednim uređajem za neprekidno napajanje (Uninterruptable Power Supply, UPS) i da je za bar jedan strujni krug obezbeđeno alternativno napajanje agregatom. Minimalno, strujni krugovi bi trebalo da budu povezani na različite faze trofaznog sistema za snabdevanje električnom energijom, dok bi u idealnom slučaju strujni krugovi trebalo da se završavaju na različitim trafo-stanicama energetskog distributivnog sistema.

Pouzdanost podsistema za skladištenje podataka može se povećati korišćenjem više fizičkih hard diskova, koji su povezani u redundantni niz nezavisnih diskova - RAID (redundant array of independent disks). RAID nivoa 1 piše identične kopije svakog bloka sistema datoteka na sve raspoložive diskove u nizu, kojih mora biti minimalno dva. RAID niz ovog nivoa koji se sastoji od n diskova otporan je na otkaz $n - 1$ diskova. [8] U slučaju otkaza pojedinačnog diska, isti se vadi iz sistema i menja ispravnim. Na ispravan disk kopiraju se podaci sa ostatka niza. Ovaj proces zove se *oporavak* niza. Od hardverske i softverske implementacije RAID niza zavisi da li je za oporavak neophodan prekid u redovnom radu sistema, što treba imati u vidu kao faktor prilikom odabira komponenti sistema. U praksi su zabeleženi slučajevi da diskovi iste serije otkazuju u bliskom vremenskom periodu, pa je poželjno korišćenje diskova različitih proizvođača prilikom formiranja niza.

Na kraju, poželjno je da postoji redundantna replika celokupnog hardvera i softvera, kako bi bilo omogućeno nesmetano snimanje u toku rada na održavanju sistema ili u slučaju otkaza komponenti.

Rezervne kopije

RAID pruža zaštitu isključivo od fizičkih otkaza diskova. Ukoliko neko lice ili program namerno ili nenamerno ošteti podatke ili ukoliko dođe do oštećenja podataka u radnoj memoriji, ta oštećenja će biti propagirana na sve članove RAID niza. Stoga, neophodno je periodično pravljenje rezervnih (backup) kopija uskladištenih snimaka i meta podataka. Pored lokalnih rezervnih kopija, poželjno je i periodično pravljenje udaljenih (offsite) rezervnih kopija, koje se skladište na drugoj geografskoj lokaciji. Udaljene kopije služe za oporavak podataka u slučaju fizičkog uništenja ili gubitka podataka sa primarne lokacije (požari, poplave, krađa, itd).

Na izbor tehnike za pravljenje rezervnih kopija uskladištenih audio snimaka značajno utiče sama priroda registrofona, iz koje proizilazi da se postojeće datoteke neće menjati niti brisati, već će se samo dodavati nove.

7. DOSTUPNOST RADIO SIGNALA

Ukoliko služi za snimanje razgovora putem radio veze, neophodno je da signal koji dolazi do radio-stanice putem koje registron prima pozive bude dovoljno kvalitetan (jačina signala, odnos signal-šum) kako bi iz njega mogao biti rekonstruisan audio signal zadovoljavajuće razgovetnosti. Jačina signala zavisi od udaljenosti od predajnika, a kvalitet signala zavisi i od mikrolokacije prijemnika, ali i raznih faktora okoline - atmosferskih pražnjenja, vlažnosti vazduha.

Analogna radio veza se može koristiti u jednom od dva osnovna režima rada: simpleksnom i semi-dupleksnom. Kod simpleksnog rada, radio stanice komuniciraju direktno jedna sa drugom, koristeći istu frekvenciju za prijem i predaju. Kod semi-dupleksnog rada, radio stanice komuniciraju posredstvom repetitora - uređaja koji signal primljen na jednoj frekvenciji pojačava i ponovo emituje, obično na drugoj frekvenciji. U ovom režimu radio stanice koriste različite frekvencije za prijem i predaju: emituju na frekvenciji koju "sluša" repetitor, a primaju na frekvenciji na kojoj repetitor emituje. Repetitori mogu biti uvezani u mrežu repetitora, tako da signal koji primi jedan repetitor šalju svi repetitori. Na ovaj način se postiže pokrivenost šire geografske oblasti.

Režim rada koji će biti korišćen zavisi od uslova u kojima se nalazi korisnik. Ukoliko se stanica nalazi u dometu repetitora, ovaj režim omogućava da poziv čuju svi korisnici koji su u dometu nekog od repetitora u mreži. Međutim, ukoliko udaljenost od repetitora takva da do njega ne stiže signal dovoljne jačine ili je mikrolokacija stanice takva da utiče na dodatno slabljenje signala (npr. ukoliko se stanica nalazi u zatvorenom prostoru), onda se poziv neće čuti u repetitorskoj mreži, pa čak ni na stanicama koje slušaju signal repetitora, a fizički se nalaze u dometu stanice koja je uputila poziv. U tom slučaju se prelazi na simpleksni rad, kako bi radio stanice koje su u blizini mogle da komuniciraju direktno (npr. vatrogasno-spasilačke jedinice na istoj intervenciji).

Ukoliko učesnici u komunikaciji koriste simpleksni režim, registron će moći da prihvati i snimi razgovore samo ukoliko se i njegov prijemnik nalazi u dometu stanice koja vrši predaju, pri čemu predajnici mogu biti

različitih snaga, tako da rezultat može biti da se snimaju pozivi samo pojedinih učesnika u komunikaciji. Ovakvi delimični snimci mogu dovesti do pogrešnog tumačenja i dati lažnu sliku o stvarnom toku komunikacije.

Problem ograničenog dometa simpleksnog režima može se rešiti decentralizacijom prijemnika registrofona. U tom cilju predlažemo korišćenje mobilnih registrofona - uređaja koji bi sadržali podsistem za detekciju i prijem poziva i podsistem za skladištenje poziva. Dimenzije i potrošnja električne energije uređaja moraju biti takvi da se on može postaviti u vozila, ili čak biti deo opreme koju nosi svaki učesnik u komunikaciji. Snimljeni materijal sa mobilnih registrofona bi se periodično prenosio na centralni sistem registrofona i tako postajao deo zabeleženog materijala. Pri tom, neophodno je da ostane očuvan podatak o tome sa kog uređaja je koji snimak potekao.

Ukoliko je mobilni registrofon opremljen sistemom za satelitsko pozicioniranje, onda se upoređivanjem snimljenog materijala sa više uređaja može dobiti informacija o pokrivenosti terena signalom repetitorske mreže, što je korisno licima zaduženim za njeno održavanje.

8. ZAKLJUČAK

U radu su date neke smernice koje mogu poslužiti za specifikaciju funkcionalnih i nefunkcionalnih zahteva koje treba da ispuni sistem registrofona. Na osnovu ovih specifikacija može biti kreirano hardversko i softversko rešenje koje obezbeđuje autentičnost, neporecivost i dostupnost snimljenog materijala. Dat je predlog mehanizma za korišćenje kombinacije digitalnog potpisa, heš funkcije i *audio fingerprint* funkcije kao osnova za mogućnost provere integriteta snimljenog materijala. Ispunjenost ovih zahteva štiti materijal od namernih izmena i uništenja u svrhu prikrivanja određenih dokaza, ali daje i operaterima i osobama zaduženim za održavanje datog sistema osnov za dokazivanje da takvih radnji nije bilo.

Potrebno je dalje istražiti i uporediti konkretne tehnike za *audio fingerprint* mehanizam sa ciljem pronalaženja najboljeg kompromisa između robusnosti algoritma i mogućnosti detekcije namernih izmena. Još jedan pravac daljeg rada je izrada idejnog rešenja za mobilni registrofon, koje podržava izložene tehnike zaštite informacija uz mogućnost sinhronizacije sa centralnim sistemom.

LITERATURA

- [1] Yoo, Byeongyeong, et al. "A study on multimedia file carving method." *Multimedia Tools and Applications* 61.1 (2012): 243-261.
- [2] Preneel, Bart. "Cryptographic hash functions." *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies* 5.4 (1994): 431-448.
- [3] Cano, Pedro, et al. "Audio fingerprinting: concepts and applications." *Computational intelligence for modelling and prediction*. Springer Berlin Heidelberg, 2005. 233-245.
- [4] Cano, Pedro, et al. "A review of audio fingerprinting." *Journal of VLSI signal processing systems for signal, image and video technology* 41.3 (2005): 271-284.
- [5] Govindavajhala, Sudhakar, and Andrew W. Appel. "Using memory errors to attack a virtual machine." *Security and Privacy, 2003. Proceedings. 2003 Symposium on*. IEEE, 2003.
- [6] Zakon o informacionoj bezbednosti, Službeni glasnik RS, br. 6/2016.
- [7] D. Mills et al. - Network Time Protocol Version 4: Protocol and Algorithms Specification (RFC 5905), Internet Engineering Task Force (IETF), 2010
- [8] Chetan, Shiva, Anand Ranganathan, and Roy Campbell. "Towards fault tolerance pervasive computing." *IEEE Technology and Society Magazine* 24.1 (2005): 38-44.
- [9] Yoon, Doe Hyun, and Mattan Erez. "Memory mapped ECC: low-cost error protection for last level caches." *ACM SIGARCH Computer Architecture News*. Vol. 37. No. 3. ACM, 2009.

KONTROLA SENZORA ALARMNOG SISTEMA KORIŠĆENJEM SOFTVERSKOG PAKETA MATLAB

Filip Stepanović, Dušan Stefanović, Slavimir Stošović

Komunikacione tehnologije

Visoka tehnička škola strukovnih studija

Niš, Srbija

dusan.stefanovic@vtsnis.edu.rs, slavimir.stosovic@vtsnis.edu.rs

Sadržaj - U ovom radu je prikazan jedan od načina komunikacije između softverskog paketa MatLab i mikrokontrolera, u ovom slučaju Arduino računarske platforme. Praktično je realizovana ideja da se uz pomoć MatLab GUI (Graphical User Interface) biblioteke prati i kontroliše rad određenih komponenti alarmnog sistema, posredstvom Arduino mikrokontrolera. Arduino i MatLab komuniciraju putem serijske komunikacije na osnovu koje je MatLab-u omogućeno da preuzme kontrolu nad Arduino, a samim tim i realizovanim alarmnim sistemom.

Abstract - In this paper one way of communication between MatLab software package and Arduino microcontroller is shown. MatLab GUI library monitors and controls components of alarm system, using Microcontroller as connection. Arduino and MatLab communicate via serial communication port. In this way MatLab can control Arduino and all sensors which are connected to Arduino, i.e. alarm system.

1. UVOD

Razvojem savremenih tehnologija pojavila se mogućnost izrade jeftinih ali efikasnih alarmnih sistema za obezbeđivanje objekata manjih vrednosti. Ovakvi sistemi se vrlo jednostavno postavljaju, a sastoje se najčešće od jednog mikrokontrolera nekoliko senzora i indikatora. Svrha ovih sistema nije da fizički spreči upad na posed, već da preko određenih zvučnih ili svetlosnih indikatora alarmira prilikom nedozvoljenog pritupa.

Jedan od takvih sistema je predstavljen u ovom radu sa većim osvrtom na ispitivanje samog sistema i karakteristika njegovih komponentata uz pomoć programskog paketa MatLab. Cilj ovog rada je da se uz pomoć MatLab-a prati rad komponentata sistema i time poveća njegova funkcionalnost.

Programski paket MatLab predstavlja vrlo kompleksan skup alata, tako da nalazi široku primenu u svim tehničkim naukama. Koristi se za simulacije, modeliranje, ispitivanje karakteristika i kontrolu elektronskih komponentata, kreiranje jednostavnih aplikacija za rešavanje matematičkih problema, kalibraciju koja omogućava praćenje ponašanja komponentata u realnom vremenu.

U radu je najpre detaljno opisan način rada improvizovanog alarmnog sistema, sa akcentom na rad i karakteristike njegovih komponenti. Takođe je prikazan način povezivanja komponenti na Arduino platformu, kao i njihovo programiranje u programskom paketu Arduino. Prikazana je komunikacija i kompatibilnost MatLab-a sa ostalim uređajima i način povezivanja sa Arduino platformom.

Na kraju rada prikazana je realizovana ideja o kontroli komponentata improvizovanog alarmnog sistema iz MatLab-a, kreiranje grafičkog korisničkog interfejsa, njegove osnovne funkcionalnosti i eksperimentalno kalibrisanje jednog od senzora ovog sistema.

2. OPIS SISTEMA ZA OBEZBEĐIVANJE OBJEKTA

Sistem za obezbeđivanje objekta radi na principu detekcije pokreta uz pomoć PIR senzora i lasera koji je povezan na fotootpornik. Maketa objekta sadrži četiri odvojene prostorije koje su pokrivene odgovarajućim sensorima (Slika 1).



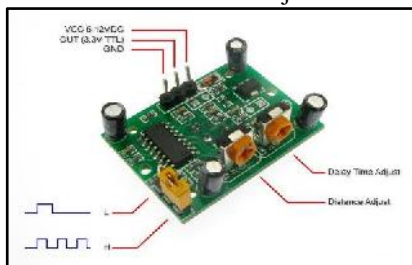
Slika 1. Maketa objekta obezbeđenog alarmnim sistemom

Ulaz u objekat je obezbeđen laserom koji služi kao izvor svetlosti koja pada na fotootpornik. Fotootpornik u zavisnosti od intenziteta svetlosti šalje informaciju mikrokontroleru tj. ukoliko dođe do kretanja, prekida se svetlosni snop lasera i alarm se aktivira. Ostale prostorije su pokrivene PIR sensorima koji detektuju promenu temperature odnosno infracrveno zračenje, tako da ukoliko dodje do nedozvoljenog upada senzor to detektuje, zatim šalje informaciju mikrokontroleru i

aktivira alarm. Sistem takođe sadrži razne indikatore u vidu dioda i LED (*Light-Emitting Diode*) trake, koji vizuelno daju informaciju o stanju sistema. LCD ekran služi da prikaže informacije o sistemu. Sistem se aktivira (deaktivira) pomoću šifre koja se unosi preko šifratora. Kada se unese ispravna šifra sistem se aktivira/deaktivira i odgovarajuća informacija ispisuje na LCD ekranu. Ukoliko dođe do upada alarm se aktivira i ostaje aktiviran sve dok se preko šifratora ne unese ispravna šifra. Preko šifratora takođe postoji mogućnost promene šifre samo u slučaju kada je sistem aktivan [6] [7].

A. PIR (*Passive Infrared*) Senzor

Piroelektrici su strogo definisani kao materijali čija spontana polarizacija anizotropnih modifikacija zavisi od temperatura, odnosno kod kojih naelektrisanje piroelektrika zavisi od temperature na kojoj se nalazi. Imajući u vidu da se veliki deo toplote prenosi putem infracrvenog zračenja i zavisnost naelektrisanja piroelektrika od temperature, pre 30-ak godina konstruisan je prvi senzor poznatiji kao *Passive infrared sensor* ili skraćeno PIR senzor. Ovaj senzor je osetljiv na promenu temperature, odnosno na promenu zračenja koje dolazi do njega. Svako živo biće ima temperaturu koja se znatno razlikuje od temperature okoline što znači da bi svako kretanje blizu piroelektrika izazvalo promenu temperature tj. zračenja, odnosno senzor sa piroelektrikom bi detektovao kretanje.



Slika 2. Izgled PIR senzora korišćenog u radu

PIR senzor (Slika 2) je kao vrsta optičkog senzora osetljivog na promenu elektromagnetnog zračenja u infra-crvenom delu spektra u ovom radu iskorišćen za detekciju pokreta zagrejanih tela tj. ljudi i životinja. Radi fokusiranja zračenja koje pada na piroelektrik koristimo Fresnelovo sočivo [1] [3].

B. Laser sa fotootpornikom

Kretanje na ulazu u objekat se detektuje pomoću lasera koji služi kao izvor svetlosti koja pada na fotootpornik (Slika 3) [2] [4] [5]. Ukoliko dođe do kretanja unutar prostorije pokrivena laserskim snopom direktno uperenim u fotootpornik, dolazi do prekida snopa a samim tim i do smanjenja intenziteta svetlosti koju fotootpornik očitava. Da bi prilagodili fotootpornik projektovanom sistemu potrebno je da on očitava samo promene lasera. Programski se ovaj problem u kodu rešava na jednostavan način [4] [5].

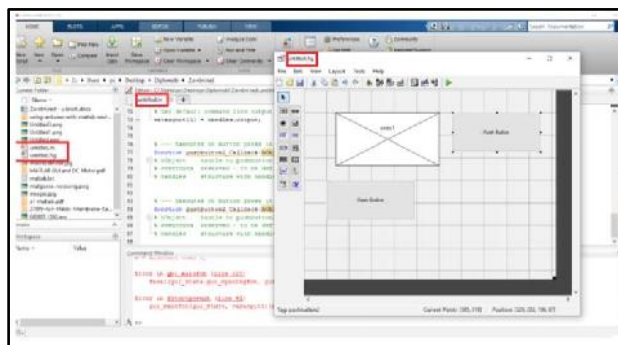


Slika 3. Laser sa fotootpornikom

3. MATLAB GUI (GRAPHICAL USER INTERFACE)

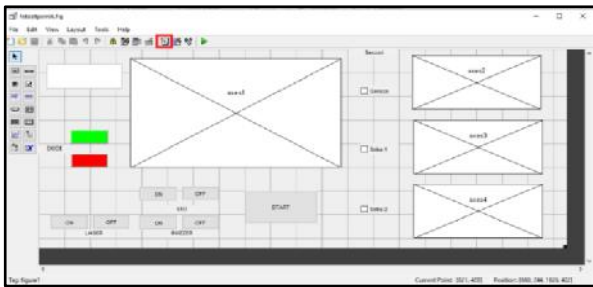
GUI (Graphical User Interface) ili grafički korisnički interfejs radi na principu grafičkog komuniciranja korisnika sa uređajem uz pomoć prethodno definisanih funkcija. GUI omogućava da grafički sagledamo neke od aritmetičkih, numeričkih ili logičkih operacija. Na taj način korisniku se značajno olakšava komunikacija sa računarom a korisničko iskustvo u velikoj meri zavisi od GUI-a [8].

Programski paket MatLab u sebi sadrži i opciju kreiranja GUI datoteke. GUI se sastoji praktično iz dva fajla: ".fig" i ".m". fajla koji u sebi sadrži kod, upravlja i nosi informacije o GUI-u. U MatLab-u nije potrebno posebno pamtit ovaj fajl jer prilikom kreiranja GUI-a, program sam po sebi kreira oba fajla. ".fig" fajl sadrži sve one grafičke informacije koje GUI poseduje. On pamti sve vrednosti, slike, pozicije, grafike... i pakuje ih u jedinstveni fajl. Spajanjem informacija sačuvanih u ova dva fajla dobijamo GUI (Slika 4) [8].



Slika 4. Izgled grafičkog korisničkog interfejsa

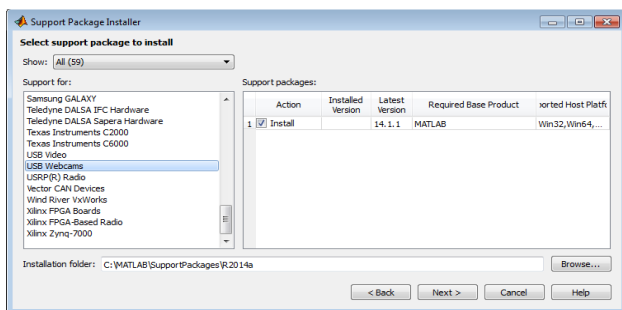
Da bi vizuelno pratili rad komponenti ovog sistema korišćena je GUI aplikacija programskog paketa MatLab. Ideja same aplikacije je da se kontrolom komponenti sistema vizuelno prate njihove karakteristike. Naravno da bi ovo bilo moguće prvo je potrebno obezbediti komunikaciju između MatLab-a i Arduino mikrokontrolera koja je objašnjena u narednom poglavlju. Nakon povezivanja potrebno je kreirati GUI fajl. Za početak je potrebno kreirati grafički interfejs prikazan na Slici 5. Nakon kreiranja grafičkog interfejsa, potrebno je napisati programski kod pomoću kojeg je moguće pratiti i kontrolisati rad sistema. Kada je grafički interfejs kreiran potrebno je da se klikom na *editor* otvori prozor za unošenje programskog koda [7] [8].



Slika 5. Grafički interfejs spreman za unošenje koda

4. POVEZIVANJE MATLAB-A SA ARDUINO PLATFORMOM

MatLab i Arduino komuniciraju putem serijske komunikacije. Pre svega je potrebno da je Arduino povezan na uređaj koji već sadrži programski paket MatLab. MatLab podržava brojne računarske platforme, ali je podrebnno da se sa povezivanjem platforme obezbede i dodatni hardverki paketi koji se razlikuju od tipa računarske platforme koja se koristi. MatLab u sebi sadrži aplikaciju koja nosi informacije o svim hardverskim paketima koje MatLab podržava, tako da je potrebno samo odabrati paket u skladu sa računarskom platformom koja se koristi (Slika 6).



Slika 6. Hardverski paketi koje MatLab podržava

Nakon toga je hardverski deo posla obavljen, ono što sledi jeste da se obezbedi i softverska podrška radi omogućavanja korisniku da programskim kodom upravlja određenim sistemom. Ona se vrši unošenjem određene naredbe u komandni prozor MatLab-a kojom se omogućava komunikacija, i korisnik ima mogućnost da programskim kodom koji se *upload*-uje na platformu upravlja njenim radom [6].

5. UPRAVLJANJE KOMPONENTAMA IMPROVIZOVANOG ALARMNOG SISTEMA

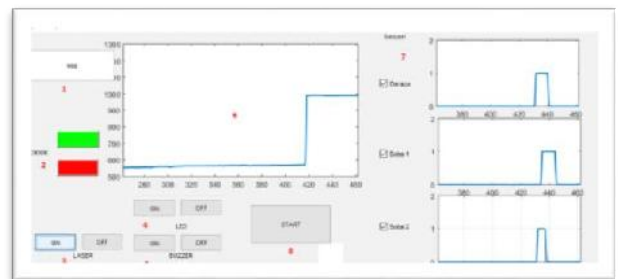
Kontrola komponenata se vrši tako što MatLab može da šalje i prima signal od Arduina, što znači da MatLab preuzima ulogu mikrokontrolera na neki način. Samim tim što koristi ulazno-izlazne signale Arduina, ima mogućnost da upravlja sistemom, naravno uz pomoć određenih naredbi koje se unose programskim kodom. Najpre je potrebno da se na Arduino mikrokontroler *upload*-uje određeni kod koji je integrisan uz hardverski dodatak koji nam je potreban za povezivanje Arduina sa MatLab-om. Ovaj kod definiše osnovne funkcije i

objekte na način koji omogućava MatLab-u da u potpunosti preuzme ulogu mikrokontrolera odnosno da nesmetano upravlja Arduinoom.

Kada MatLab u potpunosti preuzme kontrolu nad Arduinoom *editor* prozor je spreman za unošenje naredbi, odnosno koda za upravljanje komponentama sistema.

Na Slici 9. prikazane su funkcionalnosti korišćenja grafičkog interfejsa za kontrolu i vizuelno praćenje rada komponenata sistema.

- 1- Prostor u kome se ispisuje vrednost intenziteta svetlosti na fotooptorniku
- 2- Tasteri za kontrolu rada dioda
- 3- Tasteri za kontrolu rada lasera
- 4- Tasteri za kontrolu rada LED trake
- 5- Tasteri za kontrolu rada buzera
- 6- Grafički prikazano očitavanje intenziteta svetlosti na fotooptorniku u interval od 1s
- 7- *Check Box*-ovi koji služe za kontrolu senzora zajedno sa grafičkim prikazom u intervalu od 1s
- 8- Taster za pokretanje sistema



Slika 7. Realizovani grafički interfejs za kontrolu i vizuelno praćenje rada komponenata sistema

C. Upravljanje indikatorima

Sistem takođe sadrži indikatore (diode, LED traku, sirenu) kojim se može upravljati preko tastera. Prvo se u grafičkom interfejsu postave tasteri, nakon toga je potrebno zadati naredbu šta će se desiti ukoliko se taster pritisne. MatLab automatski kreira funkcije za svaki taster kreiran u grafičkom interfejsu potrebno je samo definisati njihov rad. Pošto su indikatori ti koji obično primaju signal koji šalje mikrokontroler, potrebno je deklarirati vrednost signala koji se šalje. Odnosno, potrebno je definisati u kom slučaju će se aktivirati. To se realizuje dodeljivanjem vrednosti (0 ili 1) pinu na koji je indikator povezan [2].

D. Upravljanje laserom

Laser služi kao izvor određenog intenziteta svetlosti koji pada na fotooptornik. Laser zajedno sa fotooptornikom ima funkciju senzora koji će se aktivirati prilikom prekida tog intenziteta svetlosti koji proizvodi sam laser. U grafičkom interfejsu kreirana su dva tastera koja služe

za upravljanje intenziteta svetlosti koji proizvodi laser. Kao i kod indikatora sistema u određenom trenutku je moguće dodeliti laseru jednu vrednost (0 ili 1). Intenzitet svetlosti lasera može imati samo dve vrednosti.

E. Upravljanje PIR sensorima

Sistem takođe koristi i PIR senzore, tačnije tri PIR senzora koji su postavljeni u različitim prostorijama zbog najbolje moguće pokrivenosti prostora samog objekta. Za razliku od indikatora, ovi senzori su ti koji šalju signal odnosno informaciju mikrokontroleru. PIR senzori radi na principu detekcije infracrvenog zračenja, odnosno toplote. Samim tim se zaključuje da i oni prilikom detekcije infracrvenog zračenja šalju signale mikrokontroleru, ti signali, odnosno informacije mogu imati samo jednu vrednost (0 ili 1). Senzor u sistemu ima funkciju da samo detektuje promenu toplote odnosno infracrveno zračenje, ali ne i da nosi informacije o intenzitetu tog zračenja, kao i nekim drugim parametrima.

Iz grafičkog interfejsa (Slika 7) se vidi da se upravljanje sensorima vrši preko *Check Box*-ova, dok se vrednost informacije koju oni nose može i grafički posmatrati u određenom vremenskom intervalu (u ovom slučaju 1s). Svaki PIR senzor je povezan na zaseban *Check Box* tako da je u određenom vremenskom intervalu moguće upravljati jednim ili više senzora. Kao i kod tastera, *Check Box* takođe ima svoju funkciju koja se automatski kreira, samo je potrebno definisati instrukcije u slučaju njihove aktivacije. U ovom slučaju potrebno je samo da se vrednost koju ima senzor u slučaju da je *Check Box* aktiviran sačuva kao globalna promenljiva koja vrednost dobija samo u ovoj funkciji. Ta vrednost je potrebna da bi se u glavnom programu mogla iskoristiti za njen grafički prikaz [3].

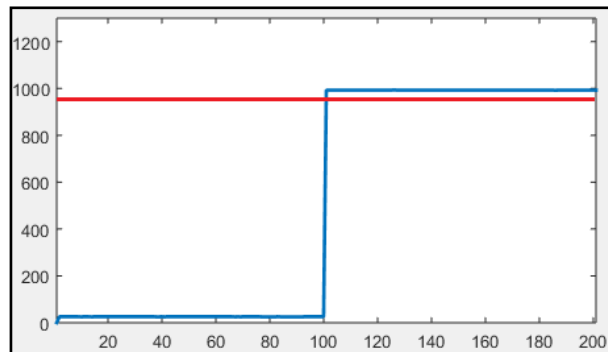
6. RAD APLIKACIJE

Pritiskom na "START" taster pokreće se glavni program U glavnom programu se vrši obrada svih vrednosti komponenata sistema i njihovo grafičko prikazivanje. Glavni program na neki način simulira rad alarmnog sistema u velikoj meri, samo što je sad moguće i vizuelno pratiti rad komponenti sistema. Vrednost koju detektuje fotooptornik prikazana je grafički (Slika 7). Od samog pokretanja programa fotooptornik detektuje određeni intenzitet svetlosti i tu vrednost možemo videti na *Static Text*-u koji se nalazi u gornjem levom uglu, odmah pored grafika. Intenzitet se može videti i na samom grafiku ali se zbog bolje preglednosti i preciznosti koristi *Static Text*. Kao što je gore navedeno, vrednosti koje ima PIR senzor se obrađuju i grafički prikazuju u glavnom programu. U slučaju da se neki od senzora aktivira oglašavaju se alarm (buzer) i odgovarajući indikatori [8].

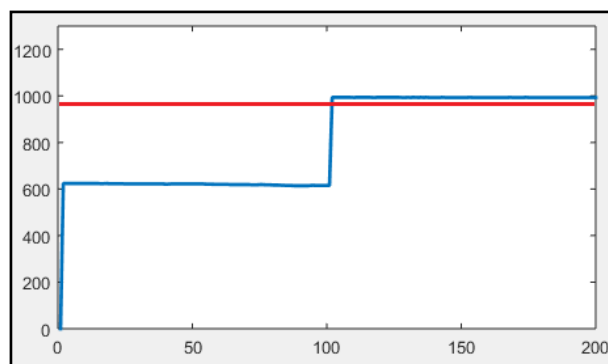
7. PRIMENA MATLAB-A ZA KALIBRACIJU KOMPONENATA SISTEMA

S obzirom da je nemoguće odvojiti uticaj dnevnog svetla na fotooptornik izvršena su merenja tj. očitavanja na fotooptorniku uz pomoć MatLab-a. Mogući problem na

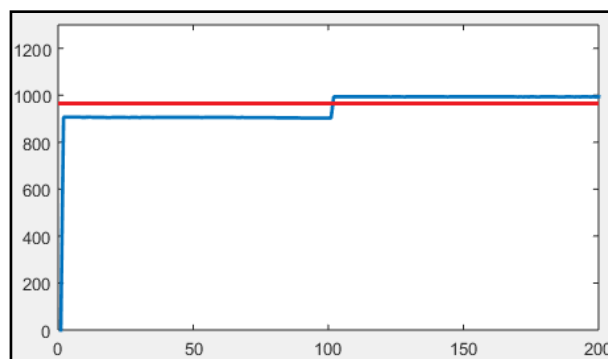
sistemu laser-fotooptornik se javlja ukoliko je prag aktiviranja alarma manji od intenziteta dnevne svetlosti. Odnosno, ukoliko je intenzitet dnevne svetlosti koju očitava fotooptornik bliska intenzitetu svetlosti lasera, tada je moguće "preseći" lasersku svetlost i ne aktivirati alarm. Zbog svega toga trebalo je izmeriti prag aktiviranja alarma i postaviti ga između opsega očitavanja dnevne svetlosti i opsega očitavanja laserske svetlosti.



Slika 8. Očitavanje fotooptornika tokom noći (plava linija) i prag aktiviranja alarma (crvena linija)



Slika 9. Očitavanje fotooptornika tokom oblačnih dana (plava linija) i prag aktiviranja alarma (crvena linija)



Slika 10. Očitavanje fotooptornika tokom sunčanog dana (plava linija) i prag aktiviranja alarma (crvena linija)

Tokom noći spolja skoro da ne dolazi nikakva svetlost, pa je razlika očitavanja intenziteta svetlosti na fotooptorniku sa uključenim i isključenim laserom velika (Slika 8).

U tom slučaju nema nikakvih problema pri radu sistema. Kada je dan oblačan razlika očitavanja intenziteta je i dalje velika, tako da i dalje nema problema pri radu (Slika 9).

Na Slici 10. prikazana su očitavanja intenziteta dnevne svetlosti (oko 900) i lasera (oko 1000). Ove dve vrednosti su vrlo bliske kao što se i vidi na slici, pa odatle i opasnost od greške sistema. Zbog toga je prag postavljen između ove dve vrednosti (950) tj. kad god očitavanje na fotooptorniku padne na vrednost manju od praga aktiviraće se alarm. Zanimljivo je primetiti da je očitavalje intenziteta laserske svetlosti u sva tri slučaja konstantno (oko 1000).

8. ZAKLJUČAK

U ovom radu je prikazan MatLab kao koristan softverski paket pri razvoju sistema čija je glavna komponenta mikrokontroler Arduino. Kreiran je kod za kontrolu sistema kao i grafički korisnički interfejs, uz pomoć kojeg se rad svake komponente prati i analizira. Za razliku od softverskog paketa Arduino, koji osim *Serial Print*-a ne daje povratne informacije o sistemu, MatLab pruža mogućnost praćenja i upoređivanja informacija koje mikrokontroler Arduino prima i šalje u svakom trenutku. Takođe moguća je i direktna kontrola komponenti, odnosno MatLab direktno šalje signal bilo kojoj komponenti sistema. Grafički korisnički interfejs vidno olakšava rad pri ispitivanju i razvoju sistema kao što je i prikazano u trećem poglavlju. Pre svega se misli na jednostavan način uključivanja i isključivanja lasera ili sličnih komponenti pritiskom na taster, crtanja grafika tj. vremensko praćenje očitavanja rezultata na raznim komponentama.

LITERATURA

- [1] Passive Infrared Sensor, <http://www.engineersgarage.com/articles/what-is-passive-infrared-pir-sensor>, Septembar 2015.
- [2] Stojan Ristić “Elektronske komponente“, Elektronski fakultet Niš, novembar 2011.
- [3] Pema Chodon, Passive Infrared (PIR) Sensor Based Security System, International Journal of Electrical, Electronics and Computer Systems. Vol: 14 Issue: 2, June 2013.
- [4] A. Cusano, Optics & Laser Technology, International Journal of Electrical, Electronics and Computer Systems Januar 2011.
- [5] B. N. Denisov, A photoresistor as a multifunctional optoelectronic element, New Electronic Systems and Units September 2005.
- [6] Design of a Home Automation System Using Arduino, International Journal of Scientific and Engineering Research 6(6) · June 2015.
- [7] Yi-Jen Mon, The Gyroscope Sensor Test by Using Arduino Platform, International Journal Of Scientific & Technology Research Volume 4, Issue 06, June 2015
- [8] Harini Guruhappa, A Graphical User Interface (GUI) in Matlab to Compute the Thermal Lithospheric Thickness and its Error Bounds, International Journal of Computer Applications (0975 – 8887), Volume 78 – No.4, September 2013

BEZBEDNA SERVISNA TRANSFORMACIJA U ULOZI MEHANIZMA INTEROPERABILNE INTEGRACIJE TEHNOLOŠKI RAZNOVRISNIH SISTEMA

SECURE SERVICE TRANSFORMATION AS A MECHANISM FOR INTEGRATION OF TECHNOLOGICALY DIVERISVE SYSTEMS

Miladin Ivanović¹, Duško Batočanin, Tanja Baković¹

Ministarstvo unutrašnjih poslova – Sektor za analitiku, telekomunikacione i informacione tehnologije¹

Sadržaj – Globalno posmatrano, nalazimo se u dobu visokog stepena razvijenosti informaciono-komunikacionih tehnologija (IKT), praćenom velikim tehnološkim raznovrsnostima, dinamičnim promenama na polju tehničko-tehnoloških i bezbednosnih standarda i neizostavnom potrebom za korišćenjem istih u svim sferama privatnog i poslovnog života. Razmena podataka između IKT sistema u heterogenom i dinamičnom tehnološkom okruženju predstavlja izazov, te postizanje interoperabilnosti u ovoj razmeni predstavlja permanentni trošak za institucije i organizacije. Ministarstvo unutrašnjih poslova Republike Srbije, shodno pratećim izazovima, razvilo je sistem za elektronsku razmenu podataka, koju u skladu sa zakonom vrši sa organima javne uprave, pravnim licima i drugima organizacijama, baziran na transformaciji servisa kojom se postiže prilagođavanje tehnološki različitim sistemima, uključujući i mobilne, kao i višeslojnom bezbednosnom arhitekturom u svim segmentima sistema. Sistem se uspešno prilagođava tehnološkim i bezbednosnim promenama, a fleksibilna arhitektura i organizacija sistema omogućava jednostavna proširenja i unapređenja. Pomenuti sistem za elektronsku razmenu podataka uspešno se koristi u velikom broju eGovernment i ePolice poslovnih procesa.

Abstract -Globally, today's society is in the era of the high level of development of information and communication technologies (ICT), accompanied by a large technological diversity, dynamic changes in the field of technology and security standards and the inevitable need for using them in all aspects of private and business life. The exchange of data between ICT systems in a heterogeneous and dynamic technological environment is a great challenge, and achieving interoperability in this data exchange is a permanent cost to organizations. Ministry of Internal Affairs of the Republic of Serbia, in accordance with the accompanying challenges, has developed a system for the electronic exchange of data, which, in accordance with the law, implements with other public administration bodies, legal persons and other organizations, based on the service transformation as a way of achieving a technological adaptation of different systems, including mobile, with a multi-layer security architecture in all segments. The system is successfully adapting to technological and security changes while flexible architecture and organization allows system easily to expand and upgrade. This system for electronic data exchange has been successfully used in a large number of eGovernment and ePolice business processes.

1. UVOD

Dvadeset prvi vek obeležila je ekspanzija informaciono-komunikacionih tehnologija (IKT) u svim sferama privatnog i poslovnog života pojedinca i društva. Uticaj ovog tehnološkog koncepta dao je finalnu reč u težnji za uspostavljanjem globalističkog pristupa u daljem toku razvitka civilizacije. Povezanost (interkonekcija), kao osnovna karika u sistemu razmene informacija, omogućila je jednostavnu komunikaciju udaljenih tačaka u prostoru. Ovaj nekada veoma skup i vremenski zahtevan podvig, danas je razvojem globalnih komunikacionih mreža poput Interneta, društvenih mreža, mobilnih informaciono-komunikacionih tehnologija i raznih drugih servisa koje IKT nudi, svojom jednostavnošću, fleksibilnošću, rasprostranjenošću i malom cenom učinio da svako može da komunicira sa svakim. Ljudi, organizacije, institucije i države, danas svakodnevno razmenjuju velike količine informacija. Informacija je sve više, njihova dostupnost sve je veća, pa se prirodno javljaju i novi izazovi za njihove korisnike, koji nastaju u ovakvom informacionom okruženju kakvo je danas.

Sve je veća dinamika razvoja novih tehnologija i servisa, njihove mogućnosti u smislu procesiranja, brzine i prezentacije su izuzetne, ali ovako veliki broj tehnologija, čiji smo svedoci, sve više ima za posledicu problem interoperabilnosti. Tehnološke raznolikosti pojedinih sistema mogu biti veoma velike, a neizostavna potreba za njihovom integracijom može biti pravi izazov. Problem interoperabilnosti posebno dolazi do izražaja u novim tehnološkim konceptima, kao što su Internet uređaji (Internet of Things - IoT).

Sa druge strane, informaciona bezbednost javlja se kao jedan od najkompleksnijih izazova za IKT sisteme u procesu integracije i elektronske razmene podataka. Uprkos velikim ulaganjima u ovu oblast, pretnje koje su prisutne za IKT sisteme su u stalnom porastu, pa ulaganje u informacionu bezbednost predstavlja permanentnu potrebu, ali i trošak za operatere IKT sistema.

Institucije i organizacije u cilju iznalaženja rešenja za navedene probleme u IKT okruženju, moraju se okrenuti strateškom pristupu i uložiti napor u definisanju ciljeva, prioriteta i standarda u ovim oblastima.

2. PROBLEM INTEGRACIJE TEHNOLOŠKI RAZNOVRNIH SISTEMA

Neminovnost integracije informaciono-komunikacionih sistema posebno dolazi do izražaja u oblasti državne i javne uprave. Cilj svake savremene razvijene države je da omogući brzo, pouzdano i bezbedno okruženje u kome država, građani i poslovni sektor mogu posredstvom savremenih tehnologija, vodeći se pre svega zakonom, jednostavno da komuniciraju i razmenjuju informacije. Ovakav vid komunikacije posredstvom IKT popularno se naziva elektronska uprava.

Elektronska uprava (e-uprava) podrazumeva način organizovanja javnog sektora sa ciljem povećanja efikasnosti, transparentnosti, lakšeg pristupa i odziva zahtevima građana, intenzivnom i strategijskom primenom tehnologije (IKT) u javnom sektoru. [2]

Razvoj elektronske uprave u Republici Srbiji je u poslednjih nekoliko godina doživeo pravu ekspanziju, uzrokovanu kvalitetnim elektronskim uslugama koje su pojedini organi javne uprave, samostalno, ili zajednički u okviru međuinstitucionalnih projekata, ponudili građanima, ali i poslovnom sektoru, koji je i sam dao veliki doprinos u ovim težnjama.

Stepen informatičke razvijenosti institucija u Republici Srbiji razlikuje se od slučaja do slučaja. Pojedine institucije imaju bogatu istoriju na polju informaciono-komunikacionih tehnologija. Ove institucije karakterišu kompleksni sistemi, koji su kroz višedecenijski razvoj trpeli svaku tehnološku evoluciju, pa su često u velikoj meri tehnološki heterogeni. Sa druge strane, pojedine institucije su proces informatizacije pokrenule tek poslednjih nekoliko godina i karakteriše ih upotreba novijih tehnologija i veća tehnološka homogenost. Ove informatički mlade institucije često odlikuje, manji stepen digitalizacije podataka i poslovnih procesa, nedovoljno kadra za upravljanje IKT sistemom i prirodno, malo iskustvo u oblasti IKT. U skladu sa navedenim, može se zaključiti da Republiku Srbiju odlikuje tehnološki raznovrsno IKT okruženje, a treba istaći da je to slučaj i sa većim brojem razvijenijih zemalja Evrope i sveta.

Ovakva tehnološka raznovrsnost često ima za posledicu problem interoperabilnosti, koji se ogleda u tome da dva, ili više informaciono-komunikacionih sistema zbog svojih tehnoloških različitosti ne mogu da ostvare zahtevani nivo integracije. Kao rešenje navedenog problema, poslednjih godina IKT industrija posebno daje akcenat na razvoju standardizovanih komunikacionih i aplikativnih protokola i formata podataka koji obezbeđuju kompatibilnost između različitih tehnoloških platformi. Primer za to je tehnologija web servisa koja posredstvom XML, kao interoperabilnog formata podataka omogućava elektronsku razmenu podataka između raznovrsnih tehnoloških platformi. Uprkos velikom stepenu usvojenosti XML kao standardnog interoperabilnog formata problem integracije nije redak, a nastaje u slučajevima korišćenja različitih izvedenih oblika XML standarda, poput SOAP, WSDL, XSD i drugi, koji kada je

reč o raznim bibliotekama i polisama koje mogu biti prisutne u ovim standardnim formama XML ne moraju biti podržani u svim aplikativnim sistemima. Ovo je pogotovo karakteristično za zatvorenije sisteme koji nisu izloženi aktivnom konekcijom sa Internetom, kao i starije verzije danas pristutnih aplikativnih serverskih sistema. Ovu situaciju (kada govorimo o XML kao inertoperabilnom standardu) možemo slobodno nazvati i „paradoks interoperabilnosti“, s obzirom da se upravo oblici XML poput SOAP, WSDL i XSD, koriste u tehnologiji web servisa koja danas predstavlja de facto standard za interoperabilnu elektronsku razmenu podataka.

„Takva perzistentnost u tehnološkoj neusklađenosti podstaknuta je spoljnim šokovima prema tehnološkom okruženju. Primetno je da težnje organizacija za istraživanjem i razvojem (bilo da je u pitanju inovativan ili imitativan) su po prirodi prilagodljive, s obzirom da se sama aktivnost istraživanja i razvoja modelira kao proces traganja u okviru koga sve organizacije pokušavaju da se približe jedinstvenoj optimalnoj tehnologiji. Po prijemu šoka iz spoljnog tehnološkog okruženja, postepeno prihvatanje od strane organizacija (posredstvom istraživanja i razvoja) smanjuje stepen tehnološke neusklađenosti u industriji, sve dok se ne dogodi novi šok. Kada dođe do novog šoka, on nudi nove mogućnosti za potencijalne učesnike da uđu sa tehnologijama različitim od onih koje su u upotrebi, povećavajući tako stepen tehnološke neusklađenosti u industriji. Ovo znači da je sam stepen tehnološke neusklađenosti rezultat odnosa ova dva uticaja: 1) Spoljnih šokova prema tehnološkom okruženju, koji povećavaju stepen tehnološke neusklađenosti; i 2) Aktivnosti istraživanja i razvoja zaposlenih koji smanjuju stepen tehnološke neusklađenosti povećavajući stepen prihvatanja novog tehnološkog okruženja.“ [3]

Problem interoperabilnosti se posebno usložnjava poslednjih godina razvojem novijih tehnoloških koncepata kao što su mobilne tehnologije i Internet uređaji (Internet of Things). Razvoj ovih novih tehnologija zahteva od operatora IKT sistema da se prilagode novim izazovima, što podrazumeva velika ulaganja u razvoj novih servisa, ali i u infrastrukturu koja može da odgovori na nove zahteve.

U smislu navedene problematike, kao i u skladu sa evropskim preporukama i inicijativama (Evropski okvir interoperabilnosti) Republika Srbija je u toku 2014. godine usvojila Nacionalni okvir interoperabilnosti u okviru koga su utvrđene osnovne smernice u cilju stvaranja interoperabilnog IKT okruženja između organa državne uprave. Direkcija za elektronsku upravu Republike Srbije imenovana je od strane Vlade za koordinatorka aktivnosti koje se sprovode u vezi sa usvojenim nacionalnim okvirom. Takođe, usvojena je i objavljena Lista standarda interoperabilnosti (verzija 2.0) u novembru 2016. godine koja definiše spisak preporučenih standarda, sa njihovim referencama. Kako bi se stvorilo interoperabilno IKT okruženje, koje je suštinska osnova za integraciju sistema na nivou države

neophodno je da se operateri IKT sistema vode definisanim standardima, kao i da se nadležne institucije konstantno staraju da definisana lista preporučenih standarda bude ažurna sa stanovišta tehnoloških promena u IKT svetu i primenjiva u postojećem IKT okruženju.

3. PROBLEM BEZBEDNOSTI U INTEGRACIJI SISTEMA

Potreba za integracijom sistema u cilju ostvarivanja elektronske razmene podataka, posebno kada su državne institucije u pitanju, podrazumeva otvaranje do skoro potpuno zatvorenih sistema i njihovo povezivanje i planiranja ovakve tehnološke promene, sistemi se izlažu velikom broju rizika koji za posledicu mogu imati nedovoljnu skalabilnost, performantnost, interoperabilnost, a posebno razne bezbednosne rizike poput gubitka podataka, neovlašćenog i nekontrolisanog pristupa podacima, napade na informaciono-komunikacioni sistem i infrastrukturu i druge vidove zloupotrebe podataka i sistema.

Velika dostupnost, jedna od osnovnih odlika globalnih komunikacionih mreža kao što je Internet omogućila je razne vrste zloupotreba informaciono-komunikacionih tehnologija. Na zabranjenim mrežama kao što su Dark web i Deep web velike grupe hakera obrazuju čitave zajednice u vidu posebnih društvenih mreža i online tržišta informacijama, na kojima dele informacije o ranjivostima IKT sistema i popularnih komercijalnih sistemskih rešenja, korisničkim lozinkama za bankarske kartice i online naloge i druge informacije koje se mogu koristiti za zloupotrebe na Internetu.

Upravo iz navedenih razloga informaciona bezbednost danas predstavlja jedan od najvećih izazova u upravljanju informaciono-komunikacionim sistemima, a ujedno i sve veći trošak za organizacije. Prema Gartneru, trošak na svetskom nivou na proizvode i servise informacione bezbednosti dostiže 81,6 milijardi dolara, što je 7,9 % više u odnosu na prethodnu 2015. godinu. [4] Uprkos velikim ulaganjima na globalnom nivou pretnje za pojedince i IKT sisteme na otvorenim mrežama su u stalnom porastu.

„Informaciona bezbednost predstavlja skup mera koje omogućavaju da podaci kojima se rukuje putem IKT sistema budu zaštićeni od neovlašćenog pristupa, kao i da se zaštiti integritet, raspoloživost, autentičnost i neporecivost tih podataka, da bi taj sistem funkcionisao kako je predviđeno, kada je predviđeno i pod kontrolom ovlašćenih lica“. [5]

U januaru 2016. godine Republika Srbija je usvojila Zakon o informacionoj bezbednosti, koji ujedno predstavlja i prvi sistemski zakon koji uređuje oblast informacione bezbednosti u našoj zemlji. U decembru 2016. godine usvojena su i podzakonska akta, koja po prvi put definišu osnovne mere bezbednosti koje su operateri IKT sistema od posebnog značaja u obavezi da definišu kroz interni akt (Akt o bezbednosti IKT sistema od posebnog značaja), kao i način dostave podataka o

incidentima u IKT sistemima od posebnog značaja nadležnom organu. Zakonom je predviđena obaveza formiranja CERT timova (Computer Emergency Response Team - Tim za reagovanje na incidente u IKT sistemu) u operaterima IKT sistema od posebnog značaja i službama bezbednosti, nacionalnog CERT tima, CERT tima republičkih organa, Tela za koordinaciju informacione bezbednosti i Inspekcije za informacionu bezbednost kao kontrolnog organa za sprovođenje zakona. Iako Srbija u ovoj oblasti kasni u donošenju ovakvih regulativa za razvijenim zemljama, učinjen je veliki pomak ka uspostavljanju bezbednijeg okruženja za elektronsko poslovanje i upravu. Osim navedenog, u toku je izrada nacionalne strategije informacione bezbednosti, koja bi trebala da definiše ciljeve i prioritete Srbije na polju navedene oblasti i akcioni plan za realizaciju ovih ciljeva.

Treba istaći da je od trenutka donošenja Zakona o informacionoj bezbednosti Ministarstvo unutrašnjih poslova jedini organ koji je formirao CERT tim.

4. KONCEPT BEZBEDNE INTEGRACIONE PLATFORME U MUP

U skladu sa nadležnostima definisanim zakonom, posebno u oblasti evidencija, MUP predstavlja jedan od ključnih organa za uspostavljanje elektronske uprave u Republici Srbiji. Evidencija prebivališta i boravišta građana, evidencija rezidenata, evidencija vozila, vozača, saobraćajnih prekršaja... predstavljaju ključne evidencije za sprovođenje gotovo svih upravnih, prekršajnih, inspeksijskih i drugih procesa i radnji u oblasti javne uprave, a samo su deo nadležnosti ovog ministarstva.

Imajući u vidu značaj uključivanja MUP u proces razvoja nacionalnog informaciono-komunikacionog sistema (sistem elektronske uprave) i njegovu ulogu u stvaranju uslova za elektronsko poslovanje države sa građanima i privredom, javila se potreba za uspostavljanjem Ekstranet platforme za bezbednu elektronsku razmenu podataka sa drugim IKT sistemima. U skladu sa rizicima koje integracija sa spoljnim sistemima nosi u oblasti bezbednosti, interoperabilnosti i skalabilnosti sistema, strateški se pristupilo projektovanju rešenja koje će zadovoljiti potrebe elektronske razmene podataka u oblasti javne uprave, policijskih poslova, saradnje sa službama bezbednosti i međunarodne saradnje.

Vodeći se osnovnim izazovom u povezivanju IKT sistema MUP sa spoljnim sistemima, glavni akcenat je stavljen na bezbednost. Ekstranet sistem MUP projektovan je kao zasebna, odvojena mreža sa infrastrukturom koja može zadovoljiti potrebe elektronske razmene podataka (integraciju) sa tehnološki različitim spoljnim sistemima.

Izlaganje pristupa evidencijama MUP u najvećoj meri znači pristupanje ličnim podacima građana, koji se smatraju posebno osetljivim i na koje treba primeniti stroge, posebne mere informacione bezbednosti kako bi se svaki pokušaj neovlašćenog pristupa, gubitka, izmene, ili zloupotrebe onemogućio. U tom smislu, kreirane su

posebne baze podataka u Ekstranet sistemu u koje se, u skladu sa definisanim vremenskim intervalima, vrši repliciranje podataka iz evidencija MUP koje su u zaštićenoj Intranet zoni, posredstvom posebno zaštićenih kanala. Replikacija podrazumeva presipanje isključivo onih podataka koji će biti predmet elektronske razmene podataka kroz Ekstranet sistem, čime je obezbeđeno minimalno izlaganje podataka u ovoj demilitarizovanoj zoni (DMZ).

Kako bi se obezbedila maksimalna bezbednost u procesu presipanja podataka između ova dva segmenta IKT sistema MUP primenjena je zaštita na svim mrežnim nivoima koja obezbeđuje jednosmernu komunikaciju u pravcu Ekstraneta, pa je na taj način onemogućena bilo kakva konekcija na zaštićenu internu mrežu. Na aplikativnom nivou, primenjen je mehanizam zaštite koji podrazumeva koncepte pouzdane serverske autentifikacije i enkripcije podataka. Sam proces presipanja podataka podrazumeva međusobnu autentifikaciju servera korišćenjem infrastrukture javnih ključeva (Public Key Infrastructure - PKI), čime se nedvosmisleno utvrđuje da se sesija uspostavlja između dva za to određena servera. Bitno je istaći da je u cilju sprečavanja svakog vida dekonspiracije sistema zaštite baziranog na PKI potrebno koristiti digitalne sertifikate generisane u sopstvenom sertifikacionom telu (Certification Authority - CA). Nakon upešne autentifikacije, vrši se uspostavljanje kriptotunela i presipanje podataka, bez mogućnosti neovlašćenog pristupa podacima u procesu replikacije.

Komunikacija između komponenata u Ekstranet sistemu takođe je obuhvaćena strogom kontrolom na mrežnom nivou. Na ovaj način napravljeno je potpuno razdvajanje testne i produkcione infrastrukture, formirane zone aplikativnih servera, servera baza podataka, bezbednosne zone (sa bezbednosnim uređajima) i druge, kao i pravila komunikacije svake od komponenti između formiranih zona. U kontrolisanom okruženju poput ovog, uspostavljanje sistema za monitorisanje mreže i podataka je relativno jednostavan posao, s obzirom da je mogućnost bilo kakve nepredviđene komunikacije svedena na minimum, ili potpuno eliminisana. Uprkos navedenom, monitoringom mrežne komunikacije i kontrolom podataka korišćenjem specijalizovanih alata omogućeno je praćenje opterećenja mreže, identifikacija grešaka, potencijanih napada na sistem i drugih pretnji, te mogućnost da se na vreme reaguje u slučaju bilo kakvih nepredviđenih okolnosti, ili otkaza pojedinih delova sistema.

Bezbednost Ekstranet sistema baziran je na višeslojnoj zaštiti i tehnološkoj raznovrsnosti bezbednosnih rešenja koja su u upotrebi. Primenom raznovrsnih bezbednosnih rešenja, gde se pre svega podrazumeva i upotreba rešenja različitih proizvođača opreme, obezbeđuje se da potencijalne ranjivosti jednog rešenja budu dopunjene drugim bezbednosnim slojevima. Svako od bezbednosnih uređaja u ovom višeslojnom sistemu zaštite konfigurisan je da obezbeđuje različite tehnologije zaštite jednog ili više mrežnih slojeva po OSI mrežnom modelu. Tako na primer, jedan uređaj u sistemu zaštite može pokriti

kontrolu pristupa mreži na nivou linka (L2 nivo po OSI modelu), sledeći uređaj implementira zaštitu na mrežnom nivou (L3 nivo po OSI modelu), dok treći uređaj implementira zaštitu na oba sloja (L2 i L3), primenom potpuno drugačije tehnologije.

Kombinovana zaštita, opisana u tekstu, iako daje izuzetno visok nivo bezbednosti, zahteva detaljnu analizu i posebanu pažnju u konfiguraciji zaštitnih mehanizama i kontrola, kao i izbor uloge koju svako od bezbednosnih rešenja, odnosno uređaja uzima u sistemu zaštite. Loše konfigurisan sistem zaštite, pogotovo slojevit i kombinovan, može u velikoj meri narušiti performanse sistema i dovesti do narušavanja osnovnih funkcionalnosti.

Veza sa eksternim sistemima u procesu elektronske razmene podataka podrazumeva izlaganje svog sistema spoljnim mrežama, a samim tim i izlaganje sistema raznim bezbednosnim rizicima i potencijalnim napadima na sistem. U tom smislu, doneta je strateška odluka da se spreči izlaganje Ekstranet sistema javnim mrežama. Komunikacija sa organima državne uprave orijentisana je na mrežu Uprave za zajedničke poslove republičkih organa (Mreža državnih organa - MDO) kroz zaštićeni optički prsten koji uvezuje veći broj državnih organa, dok je za ostale učesnike u elektronskoj razmeni podataka obezbeđena privatna zaštićena mreža u kontroli MUP. Za potrebe mobilnog informacionog sistema razvijena je posebno zaštićena 3G mreža, a u procesu je i razvoj 4G (LTE) mreže za ove potrebe. Elektronska komunikacija u okviru zaštićenih privatnih mreža dodatno je obezbedila Ekstranet sistem, a bezbednosni rizici od napada i drugih vidova zloupotrebe svedeni su na ovaj način na minimum.

5. SERVISNA TRANSFORMACIJA U ULOZI INTEROPERABILNOSTI

„Kako bi MUP RS primenio Akcioni plan za sprovođenje aktivnosti definisane Strategijom razvoja elektronske uprave u Republici Srbiji za period od 2009. do 2013. godine, bilo je neophodno povezivanje sa Mrežom državnih organa (MDO) i nadogradnja Informacionog sistema (IS) MUP-a RS za eGovernment poslove.

Tako je realizovano rešenje EKSTRANET MUP-a RS koje omogućava povezivanje IS MUP-a RS sa MDO i G2G integraciju poslovnih procesa MUP-a RS i poslovnih procesa drugih državnih organa.

EKSTRANET MUP-a RS je projektovan tako da se u zavisnosti od eGovernment poslova koji se obavljaju biraju načini korišćenja EKSTRANET-a.“ [6]

U cilju ostvarenja interoperabilnosti i u tom smislu prilagođavanja servisa MUP za elektronsku razmenu podataka sa tehnološki raznovrsnim informaciono-komunikacionim sistemima, izvršena je strateška analiza koja je obuhvatila oblast razvoja, struktura podataka koje se razmenjuju, tehnoloških promena na polju IKT, potrebe za korišćenjem mobilnih uređaja, uključujući razvoj mobilnog informacionog sistema, standarde u

oblasti IKT i druge parametre koje mogu uticati na sposobnost Ekstranet sistema da odgovori svim izazovima i troškovima koji mogu proisteći u procesima nadogradnje sistema. Kao odgovor na navedene izazove razvijena je platforma za integraciju (Integration Gateway Module) koja se u servisnom smislu može prilagoditi različitim tehnološkim platformama.

Imajući u vidu brzinu promena u domenu informaciono-komunikacionih tehnologija, neophodno je obezbediti dugoročno planiranje opremanja svih nivoa organizacije odgovarajućom opremom, uz istovremeno omogućavanje nadogradnje sistema „otpornog na budućnost“. [7]

Integracioni modul, kao osnovna komponenta Ekstranet sistema u smislu interoperabilnosti, omogućava razvoj „atomičnih“ web servisa za razmenu definisanih grupa podataka, koji se zatim u integracionom modulu mogu posredstvom servisne transformacije prilagoditi različitim strukturama i standardima, odnosno različitim tehnološkim platformama. Primera radi, SOAP web servis baziran na XML strukturi podataka se u okviru integracionog modula transformiše i izlaže kao RESTful web servis baziran na JSON strukturi podataka prilagođen mobilnim uređajima i obrnuto. Osim navedenog, sama struktura podataka u okviru SOAP poruke web servisa se može prilagoditi u smislu skupa podataka koje sadrži (filtriranje podataka) i formata podataka, u zavisnosti od pozivaoca web servisa, a takođe je moguće vršiti i transformacije na nivou opisa servisa (transformacija WSDL fajla) i tako različitim korisnicima izložiti različite verzije istog web servisa, shodno potrebama. Slična funkcija integracionog modula se može primeniti i u suprotnom smeru, pa se na taj način web servisi spoljnih sistema koje koristi MUP mogu prilagoditi u smislu strukture, formata i standarda, prema porebama MUP. Navedene konfiguracije koje su implementirane u okviru integracionog modula su u cilju automatizacije celokupnog procesa definisane na nivou autorizacionih odluka. Ovo znači da se nakon pouzdane autentifikacije pozivaoca servisa (npr. IKT sistem nekog državnog organa), u okviru autorizacione baze vrši izbor transformacije koja će se primeniti za konkretan web servis. Na primer, ukoliko je web servis pozvan od strane državnog organa koji u skladu sa zakonom poseduje ovlašćenja za preuzimanje određenog seta podataka, a izvorni web servis vraća širi set podataka, vrši se trijaža (filtriranje) podataka u okviru transformacije i pozivalac na taj način dobije upravo očekivani set podatak (za koji je u skladu sa zakonom ovlašćen da vodi u svom sistemu).

Jedna od osnovnih funkcionalnosti integracionog modula je orkestracija servisa. Ovom funkcijom omogućeno je razvijanje radnih tokova koji mogu uspostaviti korelacije više servisa u jedinstvenu procesnu transakciju. Tako na primer, jedan radni tok može podrazumevati pozivanje više web servisa istovremeno, zatim spajanje više odgovora u jedan, njegovo transformisanje i prosleđivanje novom web servisu u vidu ulaznog podataka (poziva). Primenom ovakvih funkcionalnosti može se jednostavno odgovoriti potrebama za složenim procesima u elektronskoj razmeni podataka, gde je zahtevana interakcija više IKT sistema i gde je neophodno

ispoštovati hronologiju aktivnosti (redosled pozivanja web servisa) u okviru poslovnog procesa. Primer za ovakve slučajeve su usluge elektronske uprave u okviru koje se razmenjuju podaci između više organa.

Integracioni modul, pored navedenog, ima i mogućnosti digitalnog potpisivanja i validacije digitalnog potpisa na nivou poruke web servisa, kao i na nivou svakog podatka u poruci. Osim toga, omogućena je simetrična i asimetrična enkripcija podataka, kako na nivou poruke, tako i na nivou podatka, pa se integracioni modul kao takav može smatrati i sastavnim delom mehanizma zaštite u okviru Ekstranet sistema.

Primena koncepta servisne transformacije u procesu integracije sistema predstavlja fleksibilno rešenje koje se može prilagoditi raznim tehnološkim promenama i izazovima. Dok sa jedne strane, ovim konceptom povećavamo bezbednost sistema prikrivajući originalne strukture podataka, kao i samu arhitekturu sistema, sa druge strane činimo sistem maksimalno fleksibilnim da odgovori svim promenama u okruženju, bilo da je reč o servisima koje MUP koristi, ili onima koje izlaže spoljnim sistemima. Dodatno, primenom ovakvog modela integracije znatno se smanjuju troškovi razvoja i prilagođavanja sistema promenama koje nastaju u IKT okruženju koje često mogu zahtevati i arhitekturne izmene celog sistema.

6. ZAKLJUČAK

Sposobnost Ministarstva unutrašnjih poslova da odgovori na izazove koje elektronska uprava i drugi vidovi i svrhe elektronske razmene podataka stvaraju ogleda se u fleksibilnoj i visoko bezbednoj arhitekturi Ekstranet sistema. Orkestracija i transformacija servisa, omogućena integracionim modulom omogućava jedinstven koncept razvoja, u kome se jednom kreirani atomični servisi mogu prilagođavati različitim formatima, strukturama i standardima, stvarajući na ovaj način interoperabilan sistem koji se može jednostavno prilagoditi svim promenama. Primenom ovakvog koncepta umanjuju se troškovi razvoja i štiti arhitektura sistema, kako od otkrivanja spoljnim IKT sistemima, tako i od potreba za izmenama koje nastaju usled dinamičnih tehnoloških promena.

Bezbednost Ekstranet sistema, bazirana na slojevitoj tehnološkoj i platformskoj raznovrsnoj strukturi, obezbeđuje kontrolu na svim nivoima mreže i podataka, svodi rizike od napada, neovlašćeni pristup podacima, maliciozne pretnje i druge vidove zloupotrebe na minimum. U ovom strogo kontrolisanom okruženju vrši se monitorisanje mrežnog saobraćaja i podataka između svih komponenti, čime je omogućena detekcija svakog vida abnormalnog ponašanja i rana detekcija pretnji. Ekstranet sistem kao takav može se smatrati visoko bezbednim okruženjem koji može zadovoljiti potrebe elektronske uprave, policijskih poslova na terenu, saradnje sa bezbednosnim službama, kao i međunarodne saradnje.

Model Ekstranet sistema kao takav, primenjiv je na sve zatvorene IKT sisteme koji imaju potrebu za otvaranjem u smislu elektronske razmene podataka i visok nivo bezbednosti, kako u smislu pristupa sistemu, tako i u smislu zaštite podataka koji se razmenjuju.

LITERATURA

- [1] Overview of the Internet of things, International Telecommunication Union - Recommendation ITU-T Y.2060 (06/2012);
- [2] Vasković, J., Kreća, M. Analiza stanja servisa elektronske uprave u Srbiji. Arandelovac: InfoTech. 2013;
- [3] A Computational Model of Industry Dynamics, Myong-Hun Chang, Routledge, 2015.;
- [4] <http://www.gartner.com/newsroom/id/3404817>, (06.02.2017. godine);
- [5] Zakon o informacionoj bezbednosti, "Sl. glasnik RS", br. 6/2016;
- [6] G2G integracija MUP-a Republike Srbije sa portalom eUprava, V. Nikolić, J. Protić, P.Đikanović, ETRAN 2013, ETRAN 2013.
- [7] Strategija razvoja Ministarstva unutrašnjih poslova 2011-2016, MUP RS, 2010.

MODELI ADAPTIBILNIH I ADAPTIVNIH DISTRIBUIRANIH INFORMACIONIH SISTEMA MODELS OF ADAPTIBLE AND ADAPTIVE DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEMS

Ljubica Kazi¹, Biljana Radulović¹, Zoltan Kazi¹

Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“ Zrenjanin¹

Sadržaj – Mnogi savremeni informacioni sistemi su organizovani kao distribuirani sistemi koji funkcionišu u heterogenim okruženjima. U ovom radu dat je pregled pristupa i tehnoloških rešenja koja se odnose na adaptibilne i adaptivne distribuirane informacione sisteme.

Abstract – Many contemporary information systems are organized as distributed systems that operates in heterogeneous environments. This paper presents an overview of approaches and technology solutions that are related to adaptable and adaptive distributed information systems.

1. UVOD

Prema [1] sistemi automatskog upravljanja predstavljaju uređaje koji sami generišu upravljačka dejstva. U odnosu na koncept upravljanja, sistemi automatskog upravljanja mogu biti otvoreni (sa i bez kompenzacije poremećaja, tj. sa uzimanjem u obzir informacije o željenom izlazu sistema sa ili bez informacije o poremećaju), zatvoreni (sa povratnom spregom, tj. informacijom o grešci izlaza) i kombinovani. Adaptivni sistemi predstavljaju posebnu klasu kombinovanih sistema automatskog upravljanja. Prema [2], adaptacija u opštem smislu predstavlja modifikaciju koja je pokrenuta od strane izmenjenih okolnosti, pomoću kojih sistem počinje da bude bolje usklađen sa novim okruženjem.

Prema [3], upravljanjem se se željeni cilj funkcionisanja postiže uticajem na funkcionisanje pojedinih elemenata. Samoregulišući sistemi poseduju poseban vid upravljanja kojim se intervencija usmerava na smanjenje odstupanja između zadatog i stvarnog stanja sistema koristeći povratnu spregu. Sistemi koji mogu dinamički da menjaju svoje unutrašnje osobine, unutrašnju strukturu, u zavisnosti od izmenjenih okolnosti (okruženja), nazivaju se adaptivni sistemi. U adaptivnim sistemima se, pored interne negativne povratne sprege, nalazi i adaptivna povratna sprega, koja menja strukturu i funkcionisanje (algoritam ponašanja) elemenata sistema.

Kompleksni adaptivni sistem (Complex Adaptive Systems - CAS) [4] predstavlja mrežu međusobno povezanih elemenata koji iskazuju adaptivno ponašanje u odnosu na promene u okruženju ili u odnosu na karakteristike samog sistema. Performanse sistema ne zavise linearno od performansi pojedinačnih elemenata, već dinamički od paralelnih aktivnosti entiteta. Entiteti međusobno komuniciraju u skladu sa odgovarajućim skupom pravila. Elementi se mogu menjati, evoluirati u toku vremena, učeći na osnovu interakcije sa okruženjem.

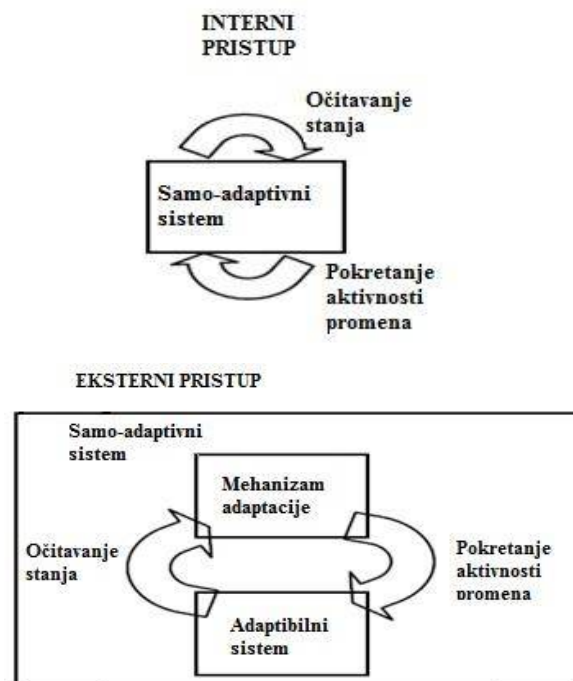
CAS sistemi iskazuju osobine samo-organizacije, procesa u kojem nove strukture obrasci i osobine se pojavljuju kao posledica interakcije između entiteta sistema.

U ovom radu dat je pregled osnovnih teorijskih koncepata koji se odnose na adaptibilne i adaptivne sisteme, kao i pregled modela tehnoloških rešenja adaptibilnih i adaptivnih distribuiranih informacionih sistema. Ovaj rad daje pregled dela teorijskih istraživanja koja su izvršena u okviru doktorske disertacije [5].

2. ADAPTIBILNI I ADAPTIVNI SISTEMI

Osnovni teorijski koncepti u ovom radu odnose se na pojmove adaptibilnih i adaptivnih sistema. Pod pojmom adaptibilni sistem podrazumeva se sistem koji je podesan za prilagođavanje promenama ali, odlučivanje o promenama se vrši eksterno, van tog sistema. Pod pojmom adaptivni sistem podrazumeva samoregulišući sistem koji automatski interno izvršava promene svoje strukture i funkcionisanja elemenata kako bi se prilagodio promenama okruženja.

U radu [6] dat je opis osnovnih teorijskih postavki koje se odnose na adaptibilne i adaptivne sisteme. Na slici 1. prikazana su dva osnovna pristupa adaptivnosti – adaptivni i adaptibilni sistemi.



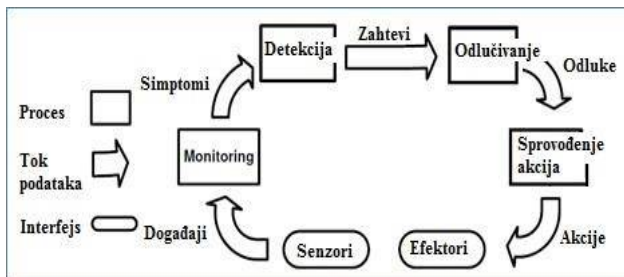
Slika 1. Adaptivni i adaptibilni sistemi (prema [6])

Osnovne funkcionalne karakteristike koje samoadaptivni sistem treba da ima predstavljene su na slici 2. Početni (primitivni) nivo obuhvata funkcije samosvesnosti (self-awareness) i svesnosti konteksta (context awareness). Osnovni (glavni – major) nivo obuhvata funkcije samokonfigurisanja, samoizlečenja, samozaštite i samooptimizacije, dok najviši nivo samoadaptivnosti obuhvata sve prethodne funkcionalnosti.



Slika 2. Osnovne funkcionalne karakteristike samoadaptivnih sistema (prema [6])

Proces realizacije samoadaptacije prikazan je na slici 3. Proces počinje detektovanjem stanja senzori i procesiranjem primljenih signala putem monitoring. Detektuju se simptomi koji iniciraju zahteve za odlučivanje. Nakon donošenja odluka sprovode se akcije koje izvršavaju efektori.



Slika 3. Proces samoadaptacije sistema (prema [6])

3. DISTRIBUIRANI INFORMACIONI SISTEMI

Prema [7], pod pojmom distribuirani informacioni sistem podrazumeva se informacioni sistem koji podržava distribuiranu obradu podataka nad distribuiranom bazom podataka. Prema [8], prednosti razvoja i korišćenja distribuiranih sistema ogledaju se u podršci kooperativnom radu geografski udaljenih učesnika i pristupu udaljenim uslugama, uz povećanje pouzdanosti rada i omogućavanje inkrementalnog rasta sistema.

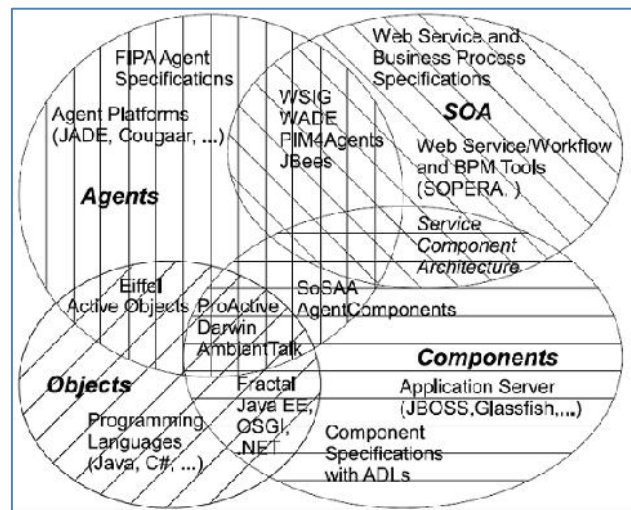
Prema [8], [9], neki od problema kreiranja distribuiranih informacionih sistema obuhvataju:

- Kompozicija resursa različitih tehnologija, koji treba da se usaglase radi bezbednog transfera podataka

- Korišćenje mrežnih resursa povećava rizik pouzdanosti i bezbednosti razmene podataka
- Pouzdanost softverskih komponenti na različitim serverima.

Iz navedenih razloga, prema [8], izuzetno je važno obezbediti kvalitet distribuiranih sistema koji se ogleda u karakteristikama: skrivanja detalja implementacije, fleksibilnosti, raspoloživosti, pouzdanosti, performansi i skalabilnosti.

Osnovni softverski elementi distribuiranih informacionih sistema predstavljaju distribuirane baze podataka i distribuirani modula programskog koda. U radu [10] opisani su problemi distribuiranih baza podataka, posebno sa aspekta replikacije. U radu [11] dat je pregled koncepata koji se koriste u okviru programiranja distribuiranih sistema (Slika 4).



Slika 4. Prikaz osnovnih tehnologija u programiranju distribuiranih sistema [8]

U programiranju distribuiranih sistema, savremene tehnologije obuhvataju web servise i agente. U radu [12], [13] opisan je razvoj i primena softverskih agenata. U radu [14] razmatra se kvalitet kompozicije web servisa distribuiranog sistema.

4. ADAPTIVNOST I ADAPTIBILNOST SOFTVERA

Adaptibilnost i adaptivnost softvera može biti implementirana na razne načine. Prema [2], adaptacija je implementirana kada je adaptivni deo softvera odgovoran za:

- 1) "posmatranje" okruženja u kome se ciljni (adaptibilni) softver izvršava, kako bi se detektovali novi uslovi
- 2) odlučivanje o odgovarajućim modifikacijama koje treba da se primene na ciljni (adaptibilni) softver
- 3) primenu tih modifikacija, prilagođavanjem ciljnog (adaptibilnog) softvera novim uslovima.

Savremeni samoadaptivni softveri treba da imaju mogućnost da se adaptiraju samostalno [2]. Prema [15],

pod pojmom adaptivni softver, podrazumeva se softver koji dinamički prilagođava strukturu i-ili ponašanje u izvršnom režimu („run-time“) kao odgovor na promene uslova u okruženju računarsko-komunikacione infrastrukture.

Prema [6], pojam samo-adaptivnog softvera definisan je kao sistem zatvorene povratne sprege, gde se povratna informacija dobija iz samog sistema (self - celina softvera organizovana kroz slojeve arhitekture) i okruženja (kontekst – sve što se nalazi u operativnom okruženju, a utiče na osobine ili ponašanje sistema).

Poseban aspekt adaptibilnosti softvera je povezan sa prilagođavanjem softvera korisniku. U radu [16] posebno se razmatra adaptivnost web baziranih informacionih sistema u odnosu na profil, odnosno model korisnika, koji se formira na osnovu znanja, ciljeva, interesovanja, istorije ranijeg korišćenja itd. Prema [16] razlikujemo:

- Adaptibilnost sistema – prilagođavanje statičkom profilu korisnika koji pripada nekoj grupi, a dešava se na početku korišćenja softvera
- Adaptivnost sistema – višestruka prilagođavanja „dinamičkom profilu korisnika“, u toku njegovog korišćenja sistema. Korisnik u toku korišćenja sistema menja karakteristike i one moraju stalno biti praćene kako bi se sistem dinamički prilagođavao.

Neke od tehnika implementacija samoadaptivnog softvera opisane su u radovima:

- Rad [17] opisuje strukturno-baziranu adaptaciju, gde se apstraktni objekti transformišu u programski kod konkretnog objektno-orjentisanog programskog jezika, a transformacija se zasniva na grafu klasa, grafu propagacije i specifikaciji prenošenja.
- U radu [15] predstavljen je model-bazirani razvoj dinamički adaptivnog softvera, gde je adaptivnost orjentisana na aspekt ponašanja. Specifikacija adaptacije je predstavljena petrijevim mrežama. Adaptacija je bazirana na zameni postojećih objekata novim ili uticajem na stanja objekata.
- U radu [18] predložena je arhitektura softvera sa odvojenim modulom za procesiranje osnovnih zadataka, modulom koji realizuje koordinaciju i kontrolu osnovnog ponašanja programa i modulom koji realizuje konfiguraciju, odnosno sadrži pravila i servise koji kontrolišu evoluciju sistema.

U okviru rada [6] dat je pregled rezultata većeg broja istraživanja i tehnologija implementacija samoadaptivnog softvera:

- Senzori (detekcija podataka o sistemu i okruženju): na osnovu - logovanje, monitoring i modeli informacija o događajima, protokoli i

standardi upravljanja, profilisanje, radni okviri menadžmenta, aspekt-orjentisano programiranje, monitoring signala.

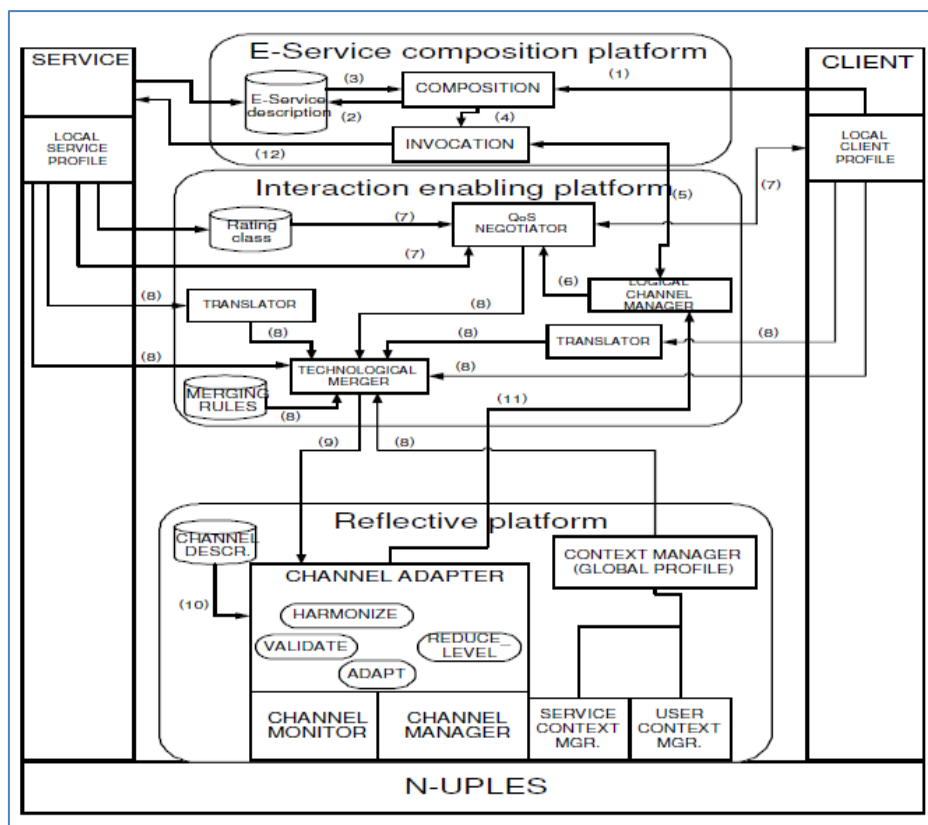
- Efektori (realizuju promene): zasnovani na – dizajn obrascima, arhitekturni obrasci, autonomni obrasci, efektori srednjeg sloja, metaobjektni protokoli, uvezivanje dinamičkih aspekata, funkcionalni pointeri.
- Slabe aktivnosti adaptacije obuhvataju: keširanje, menjanje kvaliteta podataka, menjanje tipa podatka, kompresija podataka, podešavanje parametara, balansiranje opterećenjem, menjanje aspekata, menjanje algoritma ili metode
- Jake aktivnosti adaptacije podrazumevaju – zamene, dodavanja ili uklanjanja elemenata, restrukturiranje ili promena arhitekture, obezbeđivanje resursa, restartovanje ili ponovno postavljanje (deployment).

5. ADAPTIVNOST INFORMACIONIH SISTEMA

U radu [19] opisan je pristup razvoju adaptivnih informacionih sistema u kategoriji e-Servisa (Slika 5). Osnovni pristup adaptivnosti odnosi se na prilagođavanje servisa ulaznim podacima, koji su dostavljeni putem distribucionih kanala. Platforma za kompoziciju e-Servisa zadužena je za prijem zahteva od klijenta i obezbeđivanje pokretanja odgovarajućeg e -servisa. Platforma integracija zadužena je za prikupljanje ograničenja od strane klijenta, e-servisa i konteksta i na osnovu toga definisanje karakteristika kvaliteta usluge. Platforma za rezonovanje zadužena je za monitoring koliko sam e-servis izvršava svoje aktivnosti u skladu sa definisanim nivoom kvaliteta i za adaptiranje distribucionog kanala u skladu sa zahtevima kvaliteta. U navedenom radu predložen je novi pristup gde se adaptiraju distribicioni kanali u odnosu na postojeće servise. U navedenom radu predložen je pristup razlikovanju logičke i tehnološke adaptivnosti. Tehnološka adaptivnost nastoji da promeni neke karakteristike kako bi se prilagodila ograničenjima, a logička adaptivnost dostavlja kompletno novu n-torku karakteristika.

U radu [20] opisana je arhitektura adaptivnog web baziranog multikanalnog informacionog sistema. Korisnik bira apstraktne servise, koji se transformišu u konkretne servise u skladu sa kontekstom. Upravljanje kontekstom realizovano je korišćenjem komponenti:

- Repository – sadrži metapodatke, pravila i ontologije
- Context Manager – procesira rezonovanje na osnovu istorijskih i izvršnih podataka
- Context Agent – omogućava primenu kontekst zasnovanog procesiranja u okviru udaljenih uređaja, prikupljanjem podataka o kontekstu na strani korisnika.



Slika 5. Prikaz arhitekture adaptivnog e-Servis informacionog sistema [19]

6. ADAPTIVNOST ELEMENATA DISTRIBUIRANIH INFORMACIONIH SISTEMA

Na osnovu [21], najčešće arhitekture distribuiranih informacionih sistema predstavljaju višeslojne sisteme, gde svaki sloj funkcioniše na posebnom serveru. U okviru navedene arhitekture, adaptivnost u srednjem sloju („middleware“) je u dosadašnjim istraživanjima realizovano kao:

- Odvajanje aspekata („Separation of concerns“) – nastojanje da se dodatne funkcionalnosti odvoje i kasnije uklope u zajedničku implementaciju.
- Rezonovanje u toku procesiranja („Computational reflection“) – računarski program vrši samokontrolu („inspect itself“) u toku izvršavanja i adaptira se/menja parametre rada („settings“) dinamički ako je potrebno.
- Komponent-bazirani dizajn – organizacija distribuirane aplikacije kroz komponente koje mogu dinamički biti zamenjene ako je potrebno.

Rezultati istraživanja i tehnoloških rešenja adaptivnosti distribuiranih informacionih sistema realizovani su po pojedinim slojevima i tipovima tehnologija:

- Adaptivno procesiranje distribuiranih baza podataka.
- Adaptivnost poslovnih procesa i primena poslovnih pravila.
- Adaptivnost servisno-orjentisanih arhitektura.
- Adaptibilnost komponenti i objekata distribuiranih sistema.

- Adaptivnost softverskih agenata.
- Adaptivnost mobilnih aplikacija.
- Adaptivno modelovanje korisnika.

Rezultati u oblasti *adaptivnog procesiranja distribuiranih baza podataka* predstavljeni su:

- U radu [22], koji predstavlja adaptivnu replikaciju podataka uz keširanje i algoritam koji meri troškove replikacije i odlučuje o načinu replikacije,
- U radu [23], koji opisuje dinamičku adaptaciju korisničkog interfejsa i izvora podataka. Distribuirana pretraga podataka se zasniva na adaptivnoj meta-pretrazi različitih izvora podataka.
- U radu [24] opisane su tehnike adaptivnosti u podršci kontinuiranim upitima u distribuiranom okruženju, koja je realizovana na nivou operatora, nivou stanja i nivou planiranja run-time upita.
- U radu [25] predstavljena je adaptivna heš tabela koja se koristi u monitoringu indeksa koji se koriste u pretraživanju distribuiranih baza podataka.

U oblasti *adaptivnosti poslovnih procesa i automatske primene poslovnih pravila*, istražen je uticaj promene poslovnih procesa na informacioni sistem i dati su predlozi tehnologija automatizacije primene promena:

- U radu [26] u okviru deklarativnog pristupa upravljanju dinamičkim promenama poslovnih

- procesa, dat je opis jezika modelovanja poslovnih procesa i softvera koji ga koristi,
- U radu [27] opisan je proces-svesni adaptivni informacioni sistem, gde se promene poslovnog procesa pomoću navedenog sistema mogu vršiti u strukturnom delu (promene tipa procesa) ili na nivou instance pojedinačnog procesa (rešavajući specifične slučajeve).
 - U radu [28] opisani su elementi i vrste promena u tehnološkoj implementaciji adaptibilnosti informacionog sistema na promene u poslovnim procesima. Promene u informacionom sistemu, pod uticajem promena poslovnih procesa, mogu biti u odnosu na vreme (u dizajn režimu ili izvršnom režimu rada), obuhvat (promene toka procesa ili specifičnog slučaja) i perspektivu (promene procesa, podataka ili servisa). Predložen je Change Protocol for Collaboration koji može biti korišćen za usklađivanje poslovnih procesa između poslovnih partnera. Korišćen je BPEL2Java mehanizam uz automatizaciju pravila koja pokreću određene aktivnosti.
 - U radu [29] samoadaptivnost softvera realizovana je primenom pravila, koja su definisana u posebnoj formi XML zapisa (Slika 6). Samoadaptivni softver treba da ima tri komponente: monitoring, odlučivanje i akcije. U predloženom modelu pravila, razlikuju se događaji (nad njima se vrši monitoring radi detektovanja promena), parametri (treba da se menjaju kada nastupe određeni događaji) i pravila (ako uslov onda akcija). Mehanizam primene pravila je ključni element sistema koji povezuje podatke od receptora sa akcijama posredstvom pravila koja ih povezuju. Predloženi sistem je implementiran u okviru J2EE aplikativnog servera.

U oblasti *adaptibilnosti servisno-orjentisanih arhitektura*, u radu [28] opisana su rešenja za kolaboraciju poslovnih procesa više organizacija i njihovih informacionih sistema kroz web servise, gde se za definisanje toka poslovnih procesa koristi WS-BPEL ili BPEL4WS (Business Process Execution Language for Web Services). U ovom radu su analizirana postojeća profesionalna rešenja i mogućnosti njihove adaptibilnosti (Microsoft BizTalk Server, Oracle BPEL Process Manager, IBM WebSphere Process Server, Hewlett Packard eFlow). U radu [30] predložen je XML bazirani jezik AO4BPEL kojim se proširuje jezik WS-BPEL aspekt-orjentisanim principima programiranja (Aspect J), čime se omogućava primena poslovnih pravila nad više veb servisa i dinamička izmena kompozicije veb servisa u toku izvršavanja, radi adaptibilnosti na promene.

U oblasti *adaptibilnosti softverskih agenata*, u radu [31] opisana je potreba za realizacijom i korišćenjem inteligentnih adaptivnih softverskih agenata, organizacijom multiagentnog sistema (interfejs agent-realizuje komunikaciju sa korisnikom, task agent-

realizuje zadatke, informacioni agent- obezbeđuje podatke iz heterogenih izvora). U oblasti *mobilnih aplikacija*, u radu [32] razmatrana je adaptivnost mobilnih aplikacija na promene koje se dešavaju u kvalitetu komunikacione infrastrukture, gde mobilna aplikacija dobija povratnu informaciju o promeni kvaliteta komunikacione infrastrukture. U radu [33] opisana je softverska arhitektura adaptivnih i distribuiranih mobilnih aplikacija koja omogućava adaptaciju u tri dimenzije: vremenska, prostorna i personalna.

```

<?xml version=1.0'?'>
.....
<Rule>
  <Condition>
    <Events>
      <Component>
        <Name>A</Name>
        <ClientNumber>
          <UpperLimit>100</UpperLimit>
        </ClientNumber>
      </Component>
    </Events>
    <States>
      <Relation>AND</Relation>
      <CPU>
        <Available>0.1</Available>
      </CPU>
      <RAM>
        <Available >2</Available>
      </RAM>
    </States>
  </Condition>
  <Action>
    <Parameters>
      <Component>
        <Name>A</Name>
        <InstanceNumber>120</InstanceNumber>
      </Component>
    </Parameters>
  </Action>
</Rule>
.....
if ( ( A.GetClientNumber() > 100 )
    &&( CPU.Available() >= 0.1
        && RAM.Available() >= 2 ) ){
A.SetInstanceNumber(120);
}

```

Slika 6. Forma XML zapisa sa pravilima i ekvivalentu u objektno-orjentisanoj implementaciji [29]

7. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisan je koncept adaptibilnih i adaptivnih sistema i tehnologije distribuiranih informacionih sistema. Detaljno su opisana istraživanja i rešenja u oblasti adaptivnosti softvera, informacionih sistema i distribuiranih informacionih sistema. U okviru distribuiranih informacionih sistema, posebno su razmatrana rešenja adaptivnosti distribuiranih baza podataka, adaptivnosti poslovnih procesa uz primenu poslovnih pravila i adaptibilnosti servisno-orjentisanih arhitektura, softverskih agenata i mobilnih aplikacija.

LITERATURA

- [1] Jacić LjA, Nikolić G, Rančić MV, Debeljković DLJ: „Osnovi automatskog upravljanja i regulisanja“, GIP “Kultura”, Beograd, 1998.
- [2] David PC, Ledoux T: “An Aspect-Oriented Approach for Developing Self-Adaptive Fractal Components”, W. Löwe and M. Südholt (Eds.): SC 2006, LNCS 4089, pp. 82–97, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006.

- [3] Šoti F: „Uvod u kibernetiku“, Radnički univerzitet „Radivoj Čirpanov“, Novi Sad, 1978.
- [4] Pathak SD, Day JM, Nair A, Sawaya WJ, Kristal MM: "Complexity and Adaptivity in Supply Networks: Building Supply Network Theory Using a Complex Adaptive Systems Perspective", *Decision Sciences*, Volume 38 Number 4, November 2007.
- [5] Kazi Lj: „Razvoj adaptibilnog distribuiranog informacionog sistema za podršku upravljanju realizacijom softverskih projekata“, Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“ Zrenjanin, 2016.
- [6] Salehie M, Tahvildari L: *Self-Adaptive Software: Landscape and Research Challenges*, *ACM Transactions on Autonomous and Adaptive Systems*, March 2009.
- [7] Mogin P, Lukovic I, Govedarica M: "Principi projektovanja baza podataka", Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2000.
- [8] Krzyzanowski P: "A taxonomy of distributed systems", Rutgers University, 2000/2003.
- [9] Tsui T-T, Jeng A.B: "Challenges and Solutions of Distributed Systems Composition", *Telecom Technology Center*, 2009.
- [10] Khan SU, Ahmad I: "Data Replication in Large Distributed Computing Systems using Supergames", in *International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA)*, Las Vegas, NV, USA, June 2006, pp. 38-44.
- [11] Braubach L, Pokahr A: *Addressing Challenges of Distributed Systems using Active Components*, *Proceedings of the 5th International Symposium on Intelligent Distributed Computing – IDC 2011*, Delft, The Netherlands – October 2011.
- [12] Dzitac I, Barbat BE: „Artificial Intelligence + Distributed Systems = Agents“, *Int. J. of Computers, Communications & Control*, ISSN 1841-9836, E-ISSN 1841-9844, Vol. IV, No. 1, pp. 17-26, 2009.
- [13] Fortino G, Russo W: "ELDAMeth: A Methodology for Simulation-based Prototyping of Distributed Agent Systems", *Information and Software Technology* 54, 6, 608-624, 2012.
- [14] Zeng L, Benatallah B, Ngu AH,H, Dumas M, Kalagnanam J, Chang H: "QoS-Aware Middleware for Web Services Composition", *IEEE Transactions on Software Engineering*, Vol. 30, No. 5, May 2004.
- [15] Zhang J, Cheng BHC: "Model-Based Development of Dynamically Adaptive Software", *ICSE'06*, May 20–28, 2006, Shanghai, China.
- [16] Houben, GJ: "Challenges in Adaptive Web Information Systems: Do Not Forget the Link", *Engineering Advanced Web Applications*, *Proceedings of Workshops in Connection with 4th International Conference on Web Engineering (ICWE2004)*, pp. 3-11, Publ. Rinton Press, 2005.
- [17] Berg JP, Xiao C, Eberherr KLL: "Efficient implementation of Adaptive Software", *ACM Transactions on Programming Languages and Systems*, Vol. 17, No. 2, March 1995, pages 264-292.
- [18] de Lemos R, Fiadeiro J.L: "An Architectural Support for Self-Adaptive Software for Treating Faults", *WOSS '02*, Nov 18-19, 2002, Charleston, SC, USA.
- [19] Maurino A, Modafferi S, Pernici B: "Reflective architectures for adaptive information systems", *Service-Oriented Computing - IC3OC 2003*.
- [20] Cappiello C, Comuzzi M, Mussi E, Pernici B: "Context Management for Adaptive Information Systems", *Electronic Notes in Theoretical Computer Science* 146, 69–84, 2006.
- [21] van Steen M: "Distributed Systems Principles and Paradigms", Vrije University Amsterdam, Dept. Computer Science, 2012.
- [22] Wolfson O, Kalpakis K: „Adaptive Data Replication in Distributed Systems“, *Project Summary*, 1997-2001.
- [23] Huang L, Thiel U, Hemmje M, Neuhold E.J: *Distributed Information Search with Adaptive Meta-Search Engines*, K.R. Dittrich, A. Geppert, M.C. Norrie (Eds.): *CAiSE 2001*, LNCS 2068, pp. 315–329, 2001. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2001.
- [24] Liu B, Zhu Y, Jbantova M, Momberger B, Rundensteiner E.A: "A Dynamically Adaptive Distributed System for Processing Complex Continuous Queries", *Proceedings of the 31st VLDB Conference*, Trondheim, Norway, 2005.
- [25] Klemm F, Datta A, Aberer K: „A Query-Adaptive Partial Distributed Hash Table for Peer-to-Peer Systems“, *Current Trends in Database Technology-EDBT 2004 Workshops*, Springer Berlin Heidelberg, 2005.
- [26] Pesic M., van der Aalst W.M.P.: "A Declarative Approach for Flexible Business Processes Management", In: J. Eder, S. Dustdar et al. (Eds.): *BPM 2006 Workshops*, LNCS 4103, pp. 169–180, 2006. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006.
- [27] Reichert M, Rinderle S, Kreher U, Dadam P: "Adaptive Process Management with ADEPT2", *Proceedings of the 21st International Conference on Data Engineering (ICDE)*, 2005.
- [28] Khriiss I, Tremblay G, Lévesque E, Jacques A: "Towards Adaptability Support in Collaborative Business Processes", *2008 International MCETECH Conference on e-Technologies*.
- [29] Wang Q: „Towards a Rule Model for Self-adaptive Software“, *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes* Page 1 January 2005, Vol. 30 No. 1.
- [30] Charfi A, Mezini M: "Aspect-Oriented Web Service Composition with AO4BPEL", In L.-J. Zhang and M. Jeckle (Eds.): *ECOWS 2004*, LNCS 3250, pp. 168–182, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2004.
- [31] Decker K, Sycara K: "Intelligent Adaptive Information Agents", *Journal of Intelligent Information Systems*, 9, pp. 239-260, Kluwer Academic Publishers, 1997.
- [32] Davies N, Friday A, Blair G.S, Cheverst K: "Distributed systems support for adaptive mobile applications." *J. Mobile Networks and Applications* 1, 4, 399-408, 1996.
- [33] Augustin I, Barbosa J.L.V, Yamin A.C, Geyer C.F.R: "ISAM, a software architecture for adaptive and distributed mobile applications", *Proceedings of Seventh International Symposium on Computers and Communications*, 2002.