27th CONFERENCE AND EXHIBITION

Kopaonik

YU INFO 2021

ZBORNIK RADOVA

Izdavač:

Društvo za informacione sisteme i računarske mreže

Urednik:

Prof. dr Miodrag Ivković

Mesto i godina izdanja:

Beograd, 2021.

ISBN:

978-86-85525-25-4

YU INFO 2021

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 Medodij, 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

Jovan Đukić, Vladimir Jocović, Marko Mišić, Jelica Protić, Aleksa Srbljanović, Miloš Obradović – Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet	AUTOMATIZACIJA OCENJIVANJA PYTHON PROGRAMSKIH ZADATAKA NA SISTEMU MOODLE SA DODATKOM CODERUNNER GRADING AUTOMATIZATION OF PYTHON PROGRAMMING ASSESMENTS USING MOODLE SYSTEM WITH CODERUNNER PLUG-IN
Srđan Simić – Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet, Srbija; Dejan Ristanović – PC Press, Beograd, Srbija; Jelica Protić – Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet, Srbija	SOFTVER ZA PARSIRANJE TEKSTUALNIH SADRŽAJA DISKUSIONOG SISTEMA I MODELIRANJE SADRŽAJA GRAFOVSKOM BAZOM NEO4J SOFTWARE TOOL FOR PARSING CONFERENCE SYSTEM TEXT CONTENT AND ITS MODELING USING GRAPH DATABASE NEO4J
Velibor Premčevski, Aleksandar Jašić, Branko Markoski, Dragana Šević – University of Novi Sad, Technical Faculty “Mihajlo Pupin”, Zrenjanin; Serbia Aleksandar Sofić – University of Novi Sad, Faculty of Tehnical Sciences, Novi Sad, Serbia	Synchronous and asynchronous Tasks in ASP.Net Core technology
Milica Batinić, Dražen Drašković – Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet	UPOREDNI PRIKAZ ALGORITAMA MAŠINSKOG UČENJA U PREDVIĐANJU USPEHA STUDENATA RAČUNARSKIH ODSEKA ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA A REVIEW OF MACHINE LEARNING ALGORITHMS IN PREDICTING THE SUCCESS OF STUDENTS AT THE DEPARTMENT OF COMPUTER ENGINEERING AT THE SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING
Atif Avdović, Safet Purković, Vesna Jevremović, Edis Mekić – Državni Univerzitet u Novom Pazaru	KREIRANJE APLIKACIJE ZA UČENJE STATISTIČKIH TESTOVA – HI-KVADRAT TEST NORMALNOSTI RASPODELE CREATING THE APPLICATION FOR LEARNING OF STATISTICAL TESTS - CHI-SQUARE TEST OF NORMALITY
Balša Knežević, Maja Vukasović, Dražen Drašković – Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet	REŠAVANJE PROBLEMA PRONALAŽENJA POTPUNOG PODGRAFA SOLVING THE PROBLEM OF FINDING A COMPLETE SUBGRAPH
Milena Vujošsević Janičcić Faculty of Mathematics, University of Belgrade, Belgrade, Serbia	Moderni pristupi za obezbedivanje ispravnosti softvera Modern approaches for software verification

Atanasijević Jordan – Generalštab Vojske Srbije, GARDA, Beograd; Atanasijević Nevena – ZU AP „Oaza zdravlja" Beograd; Lazović Danilo – Vojna akademija, Beograd	AUTOMATIZOVANI PROCES ODREĐIVANJA "CRNIH TAČAKA" U SAOBRAĆAJU KORIŠĆENJEM SISTEMA POSLOVNE INTELIGENCIJE AUTOMATED PROCESS OF DETERMINING "BLACK POINTS" IN TRAFFIC USING BUSINESS INTELLIGENCE SYSTEMS
Miloš Mravik, Marko Šarac – Univerzitet Singidunum	TEACHING APPROACH IN DIFFICULT KNOWLEDGE TRANSFER CONDITIONS DUE TO THE PANDEMIC STATE OF EMERGENCY
Đuro Klipa – Ustavni sud, Republika Srbija; Rade Dragović – Institut za standarde i tehnologije, Beograd	ZAŠTITA PRIVATNOSTI NA INTERNETU PROTECTION OF PRIVACY ON THE INTERNET
Nenad Petrović – University of Niš, Faculty of Electronic Engineering	COVID-19 SAFETY SYSTEMS DESIGN EXERCISES IN COMPUTER SCIENCE UNIVERSITY COURSES REALIZACIJA SISTEMA ZA ZAŠTITU OD COVID-19 U OKVIRU UNIVERZITETSKIH KURSEVA RAČUNARSTVA
Đuro Klipa – Ustavni sud, Republika Srbija; Rade Dragović – Institut za standarde i tehnologije, Beograd	ZAŠTITA DECE NA INTERNETU CHILD PROTECTION ON THE INTERNET
Milan Miljković – Univerzitet odbrane Ministarstva odbrane; Katarina Miljković – Vojska Srbije	KONCIPIRANJE STRATEGIJE SAJBER BEZBEDNOSTI – MEĐUNARODNE SMERNICE CONCEPT OF CYBER SECURITY STRATEGY – INTERNATIONAL GUIDELINES
Siniša Nikolić, Marko Stanić, Aleksandar Kaplar – Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija	Aplikacija za preporuku unosa obroka korišćenjem sistema baziranih na pravilima Application for recommending meal intake using the rule-based system
Nenad Petrović, Milorad Tošić, Valentina Nejković – Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet	MOBILNE APLIKACIJE ZA KOORDINACIJU ROBOTA ZASNOVANE NA PROŠIRENOJ STVARNOSTI
Srećko Jovanović, Boriša Jovanović – Centar za primenjenu matematiku i elektroniku, UTI (J-6) GŠVS; Ivan Tot – Vojna akademija, Univerzitet odbrane	RAČUNARSKI PODRŽANO KRIPTOGRAFSKO INŽENJERSTVO – KRATAK PREGLED COMPUTER AIDED CRYPTOGRAPHIC ENGINEERING – A BRIEF OVERVIEW
Milica Todorović, Ivana Terzić, Slobodan Aleksandrov, Goran Miodragović – Akademija strukovnih studija Šumadija, odsek Trstenik, Srbija	PRIMENA SIMULACIJE U KINEMATIČKOJ ANALIZI MEHANIZAMA APPLICATION OF SIMULATION IN THE KINEMATIC ANALYSIS OF MECHANISMS

Zoran Pavlović, Zoran Bundalo, Marko Bursać Goran Tričković – Akademija tehničko-umetničkih strukovnih studija Beograd, Odsek Visoka železnička škola	INOVATIVNI IKT MODELI E-POSLOVANJA U ŽELEZNIČKOM TRANSPORTU INNOVATIVE ICT MODELS OF E-BUSINESS IN RAILWAY TRANSPORT
Zoran Pavlović, Zoran Bundalo, Marko Bursać Goran Tričković – Akademija tehničko-umetničkih strukovnih studija Beograd, Odsek Visoka železnička škola	ANALIZA PRIMENE ELEKTRONSKOG POSLOVANJA U ŽELEZNIČKOM SAOBRAĆAJU ANALYSIS OF THE APPLICATION OF ELECTRONIC BUSINESS IN RAILWAY TRAFFIC
Đorđe Milošević, Dane Subošić, Vojkan Nikolić – Kriminalističko–policijski univerzitet, Zemun; Branko Markoski – Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet ‘‘M. Pupin‘‘ u Zrenjaninu; Aleksandar Sofić – Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad	Primena k-means algoritma kao podrška procesu donošenja odluka policijskim službenicima MUP-a Republike Srbije
Slobodan Aleksandrov, Milica Tufegdžić, Zvonko Petrović – Akademija strukovnih studija Šumadija – Odsek u Trsteniku	IMPLEMENTACIJA NOVIH TEHNOLOGIJA INDUSTRIJE 4.0 U KURIKULUM STRUKOVNOG INŽENJERA MAŠINSTVA IMPLEMENTATION OF NEW TECHNOLOGIES OF INDUSTRY 4.0 IN THE CURRICULUM OF PROFESSIONAL MECHANICAL ENGINEER
Tamara Gajić – Ministarstvo odbrane i Vojska Srbije, Centar za komandno-informacione sisteme i informatičku podršku, Beograd, Srbija	PYTHON BOT ZA ODREĐIVANJE KVALITETA VAZDUHA AIR QUALITY PYTHON BOT
Milan Banković – Matematički fakultet, Beograd	AUTOMATSKO REŠAVANJE IGRE SOKOBAN POMOĆU VEŠTAČKE INTELIGENCIJE AUTOMATED SOLVING OF SOKOBAN PUZZLE USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE
Vesna Marinković – Matematički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija	MODERNA NASTAVA MATEMATIKE ZASNOVANA NA METODAMA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE MODERN TEACHING OF MATHEMATICS BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS
Milica Cvetković – Visoka poslovna škola strukovnih studija „Prof. dr Radomir Bojković“ Kruševac; Vladimir Đorđević, Raica Milićević - Visoka škola za poslovnu ekonomiju i preduzetništvo Beograd; Dejan Dimitrijević, Marko Janković – Parking servis Niš	POSLOVANjE PREDUZEĆA U DIGITALNOJ EKONOMIJI BUSINESS ENTERPRISE IN DIGITAL ECONOMY
Vladimir Petrović, Sofija Thompson – University Of Belgrade Faculty of Organizational Sciences, Belgrade, Serbia	Defining Financial Service Marketing Strategy and Technology Implementation for Generation Y
Ivan Todorović, Stefan Komazec, Ondrej Jaško –	MODEL PODATAKA ZA INFORMACIONI SISTEM KOJI

University of Belgrade, Faculty of Organizational Sciences	OPTIMIZUJE ANGAŽOVANJE KADROVA NA ODRŽAVANJU TEHNIČKIH SISTEMA DATA MODEL FOR INFORMATION SYSTEM THAT OPTIMIZES HUMAN RESOURCE ENGAGEMENT ON TECHNICAL SYSTEM MAINTENANCE
Đurđa Tanasković – Fakultet tehničkih nauka u Čačku, Univerzitet u Kragujevcu	VEB ORIJENTISAN SISTEM ZA PRAĆENJE MOBILNIH UREĐAJA WEB ORIENTED SYSTEM FOR TRACKING MOBILE DEVICES
Rina Vukanac – Univerzitet u Beogradu, Fakultet Organizacionih Nauka	POTENCIJAL I ZNAČAJ KORIŠĆENJA DRUŠTVENIH MREŽA POSREDOVANIH INTERNETOM U ODNOSIMA SA JAVNOŠĆU POTENTIAL AND SIGNIFICANCE OF USING INTERNET-MEDIATED SOCIAL NETWORKS IN PUBLIC RELATIONS
Aleksa Ćuk, Uroš Dragović, Marko Tanasković, Nebojša Bačanin, Miloš Stanković – Univerzitet Singidunum, Beograd	Obuka perceptrona hibridizovanom metodom između Genetskog algoritma i Firefly algoritma Perceptron training by hybridized method between Genetic algorithm and Firefly algorithm
Teodora Lukić, Marija Jović – Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka	FAKTORI KOJI UTIČU NA USVAJANJE AR TEHNLOGIJA PROŠIRENE REALNOSTI OD STRANE KORISNIKA FACTORS AFFECTING THE ADOPTION OF AR AUGMENTED REALITY TECHNOLOGIES BY THE USERS
Andrijević Nebojša – Visoka tehnička škola strukovnih studija Novi Sad; Vlade Urošević – Fakultet tehničkih nauka Čačak	RAZVOJ SISTEMA ZA KONTINUIRANO PRAĆENJE STANJA PČELINJEG DRUŠTVA DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR CONTINUOUS MONITORING OF THE BEES SOCIETY
Srđan Marković, Vladimir Jocović, Marko Mišić – Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet	PREPOZNAVANJE LICA U PRISUSTVU MEDICINSKIH ZAŠTITNIH MASKI FACE RECOGNITION IN THE PRESENCE OF MEDICAL PROTECTIVE MASKS
Sanja Maksimović Moićević, Srđan Maričić, Miodrag Brazaković, Boris Ličina – Fakultet za primenjeni menadžment, ekonomiju u finansije	IoT za moderne sisteme u elektroenergetici IoT for modern systems in power engineering
Vladimir Otašević, Marija Punt – Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet	Metode za predviđanje QoS vrednosti QoS prediction methods
Nada Ratković Kovačević, Đorđe Dihovični, Dragan Kreculj – The Academy of Applied Technical Studies Belgrade, Department of Computer-Machine Engineering, Belgrade,	PRIMERI PRIMENE INTERNETA INTELIGENTNIH UREĐAJA – IoT U OBRAZOVANJU EXAMPLES OF INTERNET OF THINGS – IoT

Serbia; Ivana Krulj – The Academy of Applied Technical and Preschool Studies, Nis,Department of Vranje, Vranje, Serbia; Radiša Stefanović, Dragan Milovanović – The Academy of Applied Technical Studies Belgrade, Department of Applied Engineering Sciences, Požarevac, Serbia	IMPLEMENTATIONS IN EDUCATION
Safet Purković, Atif Avdović, Bratislav Mirić, Edis Mekić – Državni univerzitet u Novom Pazaru	PRIMENA STATISTIKE KOD ANALIZE BIG DATA – NOVI PRISTUP APPLICATION OF STATISTICS IN ANALYSIS BIG DATA – A NEW APPROACH
Adrian Milaković, Vladimir Jocović, Dražen Drašković – Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet	UNAPREĐENJE PRAKTIČNE NASTAVE NA PREDMETU INTELIGENTNI SISTEMI NA ELEKTROTEHNIČKOM FAKULTETU UNIVERZITETA U BEOGRADU PRACTICAL CLASSES IMPROVEMENT IN THE SUBJECT INTELLIGENT SYSTEMS AT THE UNIVERSITY OF BELGRADE - SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING
Saad Merrouche, Boban Bondžulić, Dimitrije Bujaković, Milenko Andrić – Univerzitet odbrane u Beogradu, Vojna akademija	ODREĐIVANJE DALJINE DO CILJA U STEREOVIZIJSKIM SISTEMIMA OBJECT DISTANCE MEASUREMENT BY STEREO VISION SYSTEMS
Mahir Zajmović – Sveučilište/Univerzitet „VITEZ“ Vitez, BiH, Fakultet informacionih tehnologija	PRETRAŽIVANJE I OPORAVAK IZBRISANIH DOKUMENATA SEARCH AND RECOVERY OF DELETED DOCUMENTS
Vukman Korać, Perica Štrbac, Miloš Pejanović – ATUSS – Odsek Visoka škola elektrotehnike i računara	MODIFIKOVANI DVONIVOVSKI ALGORITAM ZA DETEKCIJU IVICA NA SATELITSKIM SLIKAMA MODIFIED TWO-LEVEL EDGE DETECTION ALGORITHM ON SATELLITE IMAGES
Teodora Lukić, Marija Jović – Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka	DIGITALNA TRANSFORMACIJA U KOMPANIJAMA - USVAJANJE AR TEHNOLOGIJA IZ PERSPEKTIVE KOMPANIJA DIGITAL TRANSFORMATION IN ORGANIZATIONS - ADOPTION OF AR TECHNOLOGY FROM THE PERSPECTIVE OF COMPANIES
Aleksandra Vukmirović – Beogradska akademija poslovnih i umetničkih strukovnih studija; Jovanka Vukmirović – Fakultet organizacionih nauka Univerzitet u Beogradu; Milica Branković, Ana Zekavica – Beogradska akademija poslovnih i umetničkih strukovnih studija	PRIMENA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE U E-UPRAVI THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN E-GOVERNMENT
Robert Pinter, Mikloš Pot, Sanja Maravić Čisar – Visoka Tehnička Škola Strukovnih Studija	PRIMENA TEHNIKE PRAĆENJA POKRETA OČIJU U NASTAVI

Subotica; Attila Kővári – University of Dunaújváros, Hungary	EYE TRACKING TECHNIQUE IMPLEMENTATION IN THE EDUCATION PROCESS
Mikloš Pot, Robert Pinter – Subotica Tech, Subotica, Serbia	DIGITAL IMAGE COMPRESSION USING BIT PLANE SLICING METHOD

AUTOMATIZOVANI PROCES ODREĐIVANJA "CRNIH TAČAKA" U SAOBRAĆAJU KORIŠĆENJEM SISTEMA POSLOVNE INTELIGENCIJE

AUTOMATED PROCESS OF DETERMINING "BLACK POINTS" IN TRAFFIC USING BUSINESS INTELLIGENCE SYSTEMS

Atanasijević Jordan[1], Atanasijević Nevena[2], Lazović Danilo[3]
Generalštab Vojske Srbije[1], GARDA, Beograd
ZU AP „Oaza zdravlja[2], Beograd
Vojna akademija[3], Beograd

Sadržaj – *Osnovna postavka rada vezana je za unapređenje trenutnog načina odlučivanja korišćenjem sistema poslovne inteligencije, značajnog za odlučivanje o konkretnom problemu, a u cilju ostvarivanja benefita pri donošenju odluka na najvišem nivou. Unapređenje mora da bude primereno razvoju sistema poslovne inteligencije u uslovima kada već postoji ranije akumulirano znanje o problemu. Dobijeni rezultati treba da pokažu da se sistemom poslovne inteligencije, mogu identifikovati opasna mesta na putevima, kao prva i veoma važna faza u postupku upravljanja "crnim tačkama", i predstavlja proceduru za otkrivanje konkretnih lokacija na putnoj mreži na kojima je potrebno delovati odgovarajućim konkretnim merama.*

Abstract - *The basic setting of the paper is related to the improvement of the current way of decision-making by using the business intelligence system, important for decision-making on a specific problem, and in order to achieve benefits in decision-making at the highest level. The improvement must be appropriate to the development of the BI system in conditions when there is already previously accumulated knowledge about the problem. The obtained results should show that the business intelligence system can identify dangerous places on the roads, as the first and very important stage in the process of managing "black points", and is a procedure for detecting specific locations on the road network where appropriate concrete measures need to be taken.*

1. UVOD

Skladištenje podataka i poslovna inteligencija su tehnike koje obezbeđuju poslovnim ljudima informacije i alate koji su im potrebni za donošenje odluka o operativnom i strateškom poslovanju.

Korisnici su uglavnom poslovni ljudi u kompanijama. Ali ne nose svi poslovni ljudi isti značaj. Potrebno je posebno se pobrinuti za one koji donose strateške poslovne odluke. Jedna dobra poslovna odluka može doneti milione dolara kompanijama. Zato su glavni korisnici rukovodioci, menadžeri i analitičari u kompanijama. Skladište podataka i poslovna inteligencija (*DW/BI*) jesu sistemi visokog uticaja.

Termin strateški, takođe označava važnost. To su odluke koje mogu da donesu dobitak, ali i gubitak preduzeću. Prema tome, *DW/BI* sistem je sistem visokog poslovnog rizika. Kada se donese strateški važna odluka, neko dobija, a neko često i gubi.

DW/BI sistem takođe podržava i donošenje operativnih odluka, naročito kada donosilac istih mora da vidi arhivu podataka ili integrisane podatke iz više izvora. Mnoge analitičke aplikacije imaju takav operativni fokus. Bilo da je odlučivanje strateško ili operativno, *DW/BI* sistem mora da pruži informaciju koja je potrebna za donošenje tih odluka.

Odluke najčešće zahtevaju jedinstveni podskup informacija, koji u osnovi nije predodređen. Potrebno je da se izgradi informaciona infrastruktura koja integriše podatke iz cele organizacije i potencijalno izvan organizacije, a zatim čisti, ispravlja i restruktuira podatke da budu fleksibilni i upotrebljivi što je više moguće. Dok većina modula transakcionog sistema radi sa jednim tipom informacija, kao što su fakture, nalozi ili potraživanja, *DW/BI* sistem mora da ih integriše sve zajedno. *DW/BI* sistem zahteva tehnički sofisticirano upravljanje i prikupljanje podataka.

Konačno, neophodno je donosioca odluke obezbediti alatima kojima će iskorišćavati podatke. U ovom slučaju, termin „alati" je mnogo više od samog softvera. On označava u ovom slučaju sve što je korisnicima potrebno da mogu razumeti koje su im informacije dostupne, zatim da mogu pronaći podskup informacija koji im je potreban i da na kraju mogu struktuirati podatke kako bi uvideli poslovnu dinamiku. „Alati" obuhvataju obuku, dokumentaciju i podršku, zajedno sa *ad hoc* upitima, izveštajima i analitičkim aplikacijama.

2. CILJ RADA

Osnovni cilj rada može se definisati kao istraživanje mogućnosti identifikacije i određivanja "crnih tačaka", pre svega primenom programskog paketa *SQL Server Integration Services (SSIS)* koji omogućava automatsko izdvajanje, transformaciju i učitavanja podataka, tj razvoj *ETL* sistema i otkrivanja zakonitosti u podacima za potrebe brojnih analiza i upotrebe rezultata u cilju donošenja pravovremenih i ispravnih odluka i *Power BI* za vizuelizaciju podataka.

Poseban cilj rada je praktična implementacija dobijenog novog i objedinjenog pristupa u cilju korišćenja istog u svrhu predikcije budućih stanja i postizanja optimalnih parametara rada u različitim situacijama kod donošenja poslovnih odluka.

3. POSLOVNA INTELIGENCIJA

Izraz poslovna inteligencija prvi put je upotrebljen 1996. godine kako bi označio kategoriju sredstava analize podatka, postavljanja upita, izveštavanja, koji korisniku u poslovnim procesima mogu pomoći da iz ogromne količine podataka sintetizuju vredne informacije na kojima će zasnivati svoje poslovne odluke.

Fenomen poslovne inteligencije može se posmatrati sa dva aspekta - makro i mikro aspekta. Posmatrana sa makro aspekta, poslovna inteligencija označava složenu agregiranu kategoriju, koja se stvara sistematskim, ali ne ciljanim prikupljanjem podataka o makro ekonomskim kretanjima u određenoj geopolitičkoj sredini. Ona, takođe, podrazumeva njihovo organizovanje i strukturirano beleženje, kao i logičko-računsku obradu radi otkrivanja trendova. Danas posebnu pažnju inženjera znanja sve više pobuđuje fenomen poslovne inteligencije posmatran sa mikro aspekta. U ovom slučaju se radi o otkrivanju prikrivenih znanja iz poslovnih podataka, koje neka organizacija prikuplja rutinski, obavljajući svoje svakodnevne poslovne transakcije.

Poslovna inteligencija je relativno mlad pojam za koji postoji više definicija, ali svaka se svodi na to da je poslovna inteligencija proces prikupljanja podataka, pretvaranje tih podataka u informacije koje su korisne za donošenje važnih odluka. Poslovna inteligencija kao termin se najčešće koristi za označavanje računarske podrške odlučivanju. Sistem poslovne inteligencije je deo informacionog sistema organizacije namenski razvijen da podrži upravljanje. Upravljanje zahteva sveobuhvatan i blagovremen uvid u pokazatelje funkcionisanja organizacije kako bi donošene odluke bile pouzdane i precizne. Prema savremenim teorijama ovaj uvid treba da omogući što većem broju zaposlenih od kojih se, kada ga dobiju, može očekivati i veća efikasnost i odgovornost za ostvarene rezultate. Tehnike poslovne inteligencije (*data warehousing, reporting, OLAP, data mining, dashboards i dr.*) ekstrahuju podatke iz postojećeg informacionog sistema i transformišu ih u oblik pogodan za odlučivanje. Implementacija *BI* tehnika povećava upotrebnu vrednost postojećeg informacionog sistema organizacije, usled čega je interesovanje za sisteme poslovne inteligencije veliko i još uvek raste.

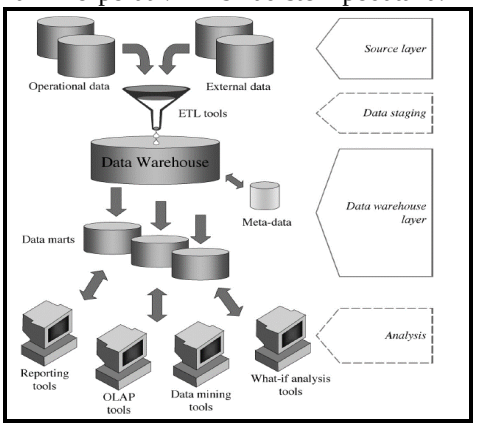
Pošto ne postoji univerzalna definicija pojma poslovna inteligencija, različiti autori ga definišu na različite načine. Jedna od najčešće korišćenih i opštijih definicija je sledeća: "Poslovna inteligencija je takvo korišćenje podataka koje vodi ka donošenju boljih poslovnih odluka. Ono se odnosi na pristup, analizu i otkrivanje novih mogućnosti".

4. KORIŠĆENI MODEL ARHITRKTURE SKLADIŠTA PODATAKA

Zahtev za razvdvajanje igra ključnu ulogu u definisanju tipične arhitekture u sistemu skladišta podataka, kao što je prikazano na narednoj slici (slika.1.). [1] Iako se obično naziva dvoslojnom arhitekturom, da naglasi razdvajanje između fizički raspoloživih izvora i skladišta podataka, zapravo se sastoji od sledeće četiri faze kroz koje podaci prolaze:

1. Izvorni sloj: Sistem skladišta podataka koristi heterogene izvore podataka. Ti podaci se obično čuvaju u korporativnim relacionim bazama podataka a mogu doći iz informacionih sistema koji su izvan korporativnih zidova.
2. Prenos podataka: Memorisane podatke u izvorima treba izvući, očistiti od nedoslednosti, popuniti praznine i integrisati da se spoje heterogeni izvori u zajedničku šemu. Takozvani *ETL (Extraction, Transformation and Loading tools)* može da spojiti heterogenu šemu, ekstrahuje, transformiše, očisti, potvrdi, filtrira i učita podatke iz nekog izvora u skladište podataka. Tehnički rečeno, ova faza se bavi problemima koji su tipični za distribuirane informacione sisteme, kao što je nekonzistentno upravljanje podacima i nekompatibilne strukture podataka.
3. Sloj skladišta podataka: Informacije se čuvaju u jednom logičnom centralizovanom skladištu, skladištu podataka. Skladištu podataka se može direktno pristupiti, ali se takođe može koristiti kao izvor za stvaranje „data marts"- ova podataka, koji delimično ponavljaju sadržaj skladišta podataka i dizajnirani su za određena odeljenja preduzeća.
4. Analiza: U ovom sloju, integrisani podaci su na efikasan i fleksibilan način dostupni za izdavanje izveštaja, dinamičku analizu informacije i simulaciju hipotetičkih poslovih scenarija. Tehnički rečeno, trebali bi imati sledeća svojstva: navigaciju nad agregiranim podacima, optimizere kompleksnih upita i korisnički orijentisan *GUI.*

Arhitekturna razlika između skladišta podataka i *data-marts* svakako treba biti jasno izražena. Komponenta označena kao skladište podataka na narednoj slici (slika.1.), se takođe često naziva primarnim skladištem podataka ili korporativnim skladištem podataka.



Slika 1. Arhitektura skladišta podataka

Svaka analiza stvarnih podataka uključuje manipulaciju podacima, vizualizacija i modeliranje. Vizualizacija i modeliranje su komplementarni. Vizualizacije će nam pomoći da poboljšamo nejasna pitanja i oslanja se na ljudsku interpretaciju. Modeli su mnogo bolji i omogućavaju složenije računanje, ali su ograničeni svojim pretpostavkama. Programski paket *Microsoft Power BI*, veoma je pogodan za ovakvu vrstu analize i prezentovanja rezultata, na korisniku razumljiv način.

Krajnji proizvod analize nije model, već je to retorika. Analiza je besmislena ukoliko ne ubedi nekoga da preduzme akciju. U poslovanju, to obično znači ubediti više rukovodioce koji imaju malo statističkog znanja, pri donošenju neke odluke.

5. PORTAL OTORENIH PODATAKA

Trend razvoja Republike Srbije prati poređenje i praćenje najboljih i najnaprednijih zemalja u svim oblastima, pa tako i u saobraćaju. Iz tih razloga, potrebno je strateški delovati kako bi se aktivirao sistem bezbednosti saobraćaja u Republici Srbiji. Republika Srbija je počela da otvara svoje podatke, a nadležna institucija koja je zadužena za uvođenje otvorenih podataka (*engl. open data*) je Kancelarija za informacione tehnologije i elektronsku upravu u okviru Direkcije za elektronsku upravu.

Otvoreni podaci su digitalni podaci, dostupni javnosti. Imaju takve tehničke i pravne karakteristike da svako, u svakom trenutku i svuda može da ih koristi, ponovo koristi i preraspodeljuje. Otvoreni podaci mogu da pomognu vladama, građanima i organizacijama da postignu bolje rezultate na polju javnih usluga.

Skupovi podataka na potralu otvorenih podataka dati su u .CSV format, koji je izuzetno pogodan za transformaciju, sažimanje i analizu, a takođe je dostupan za konverziju u mnoge druge formate, pogodne za analizu podataka.

U objavljenom dokumentu o broju saobraćajnih nezgoda, koje su se desile na teritoriji grada Beograda u 2018. godini, nalazi se sedam promenljivih (varijabli), odnosno kolona. Nazivi kolona definisani su sledećom tabelom.

Tabela 1. Nazivi i objašnjenje promenljivih koje se nalaze u skupu otvorenih podataka korišćenog u istraživanju

Redni broj	Naziv promenljive	Objašnjenje
1.	NEZG_ID	Identifikacioni broj saobraćajne nezgode
2.	VREME_NEZ	Datum i vreme saobraćajne nezgode
3.	VRSTA_NEZ	Vrsta saobraćajne nezgode
4.	NAZIV_TIP	Naziv i tip saobraćajne nezgode
5.	NAZIV_DET	Detaljniji opis saobraćajne nezgode
6.	WGS_X	X koordinata WGS (engl. World Geodetic System) ili Geografska dužina
7.	WGS_Y	koordinata WGS (engl. World Geodetic System) ili Geografska širina

NEZG_ID - Identifikacioni broj saobraćajne nezgode, koji je predstavljen kao broj od sedam cifara.

VREME_NEZ - Datum i vreme saobraćajne nezgode je dato u formatu dd.mm.yyyy, hh:mm (dan.- mesec.godina, čas:minut). Iz datih podataka, može se zaključiti da su u bazi dostupni kompletni podaci za svih dvanaest meseci za 2016, 2017, 2018 i 2019 godinu.

VRSTA_NEZ - Vrsta saobraćajne nezgode se deli na: 1) saobraćajne nezgode sa materijalnom štetom; 2) saobraćajne nezgode sa povređenim licima; 3) saobraćajne nezgode sa poginulim licima.

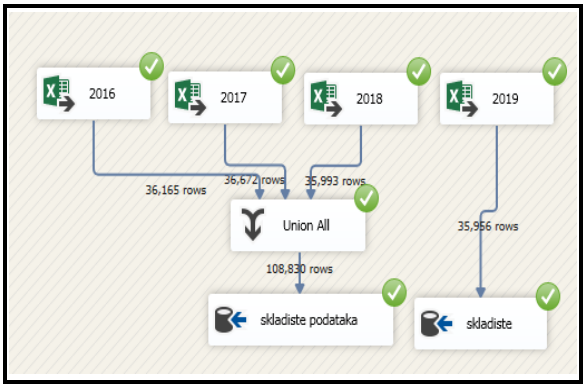
NAZIV_TIP - Naziv i tip saobraćajne nezgode se deli na: 1) saobraćajne nezgode sa jednim vozilom; 2) saobraćajne nezgode sa najmanje dva vozila (bez skretanja); 3) saobraćajne nezgode sa najmanje dva vozila (skretanje ili prelaz); 4) saobraćajne nezgode sa parkiranim vozilima; 5) saobraćajne nezgode sa pešacima.

NAZIV_DET - Detaljniji opis saobraćajne nezgode sadrži 68 događaja: 1) saobraćajne nezgode sa jednim vozilom (11 događaja); 2) saobraćajne nezgode sa najmanje dva vozila (bez skretanja) (9 događaja); 3) saobraćajne nezgode sa najmanje dva vozila (skretanje ili prelaz) (18 događaja); 4) saobraćajne nezgode sa parkiranim vozilima (5 događaja); 5) saobraćajne nezgode sa pešacima (25 događaja).

6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

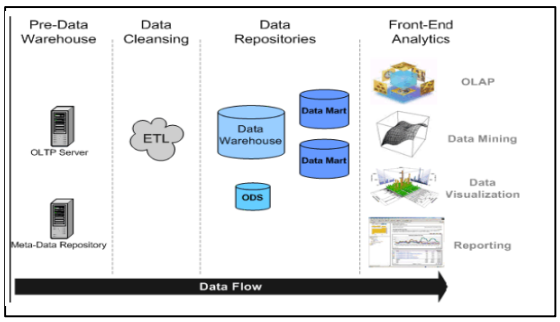
Za razvoj skladišta podataka korišćen je *SQL Server Integration Services (SSIS)* koji omogućava automatizovani proces izdvajanja, transformacije i učitavanja podataka, tj razvoj ETL sistema. Kao što je predhodno rečeno, kao izvori podatkaka korišćeni su excel fajlovi koji su dostupni na portalu otvorenih podataka.

Na sledećoj slici prikazan je proces učitavanja podataka o saobraćajnim nezgodama, koji će se kasnije koristiti za analizu.



Slika 2. Učitavanje podataka u skladište podataka

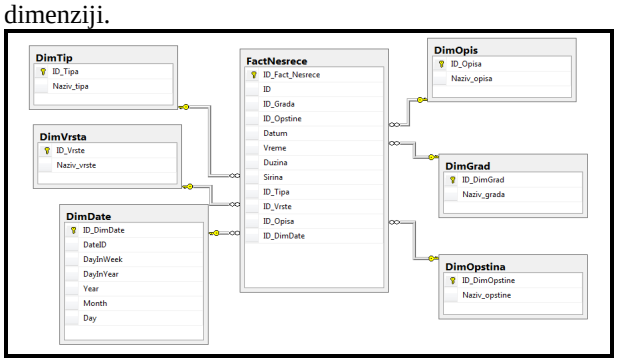
Podaci koji su korišćeni, predhodno su učitani, transformisani i skladištemi u *SQL Server 2016 DBMS*. Tok obrade podataka prikazan je na slici 3.



Slika 3. Tok obrade podataka i vizuelizacije podataka

Dimenzionalno modelovanje je tehnika logičkog dizajniranja čiji je cilj prezentacija podataka u standardnom obliku koji obezbeđuje visoke performanse sistema. Rezultat dimenzionalnog modelovanja je dimenzionalni model podataka koji obuhvata definisanje dimenzija, hijerarhija i veza. U dimenzionalnom modelu podaci se organizuju tako da opisuju dimenzije i mere.

Dimenzije definišu svaku transakciju i čuvaju se u tabelama koje su povezane sa tabelom činjenica. Mere su numerički podaci koji se čuvaju u tabeli činjenica. Na ovaj način kreira se model podataka koji koristi višedimenzionalne nizove da bi se dobio pogled na podatke kako ih vide rukovodioci, menadžeri, analitičari ili planeri. Korisnici obično pregledaju i analiziraju podatke po vremenskom periodu, osobi ili po nekoj sličnoj dimenziji.



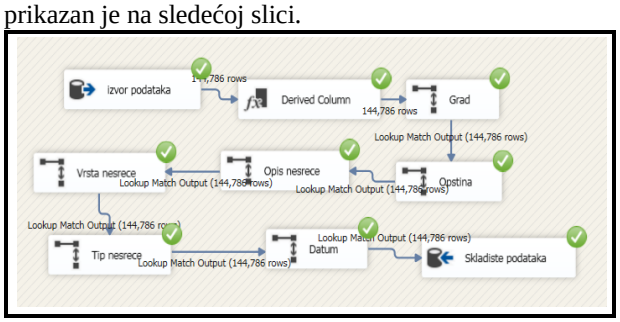
Slika 4. Model podataka skladišta podataka

Šema zvezde skladišti sve informacije o dimenziji u jednu tabelu. Svaki nivo hijerarhije predstavljen je kolonom ili skupom kolona u tabeli dimenzija. Dimenzionalni objekat se može koristiti za definisanje hijerarhijskog odnosa između dve kolone (ili skupa kolona). Bez dimenzionalnih objekata, hijerarhijski odnosi su definisani samo u metapodacima. Atributi se nalaze u kolonama tabela dimenzija. Dimenzione tabele sadrže opisne tekstualne informacije. Atributi dimenzionih tabela se koriste kao ograničenja pri zadavanju upita. Svaka dimenzionalna tabela ima svoj primarni ključ, a svi oni učestvuju u stvaranju primarnog ključa tabele činjenica.

Tabele činjenica se koriste za čuvanje mera i sadrže podatke koji su, najčešće, numeričkog tipa i mogu sadržati veliki broj zapisa. Tabele činjenica sadrže kompozitni primarni ključ, koji se sastoji od nekoliko spoljnih ključeva (jedan za svaku tabelu dimenzija) i kolone za svaku meru koja koristi ove dimenzije.

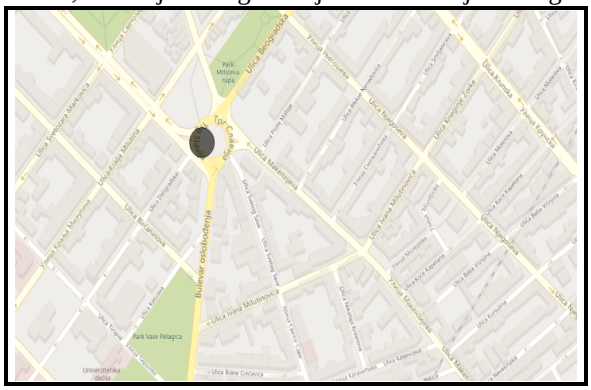
Prvi korak u implementaciji dimenzije je raskidanje veze između *fact* tabele i dimenzija. To se radi zbog pravila referencijalnog integriteta, jer u suprotnom sistem za upravljanje bazom podataka ne bi dozvolio brisanje podataka iz tabele koja predstavlja dimenziju. Nakon raskidanja veze izmedju tabela, tabela koja predstavlja dimenziju se briše i ponovo kreira, sa istim kolonama, atributima, tipovima podataka i ograničenjima. Na taj način se brišu svi predhodni podaci i tabela je spremna za upisivanje najažurnijeg stanja iz izvorišnih pdataka.

Nakon kreiranja svih dimenzija i tabele činjenica, pristupa se kreiranju automatizovanog procesa koji objedinjuje sve radnje. Izgled jednog takvog procesa, prikazan je na sledećoj slici.



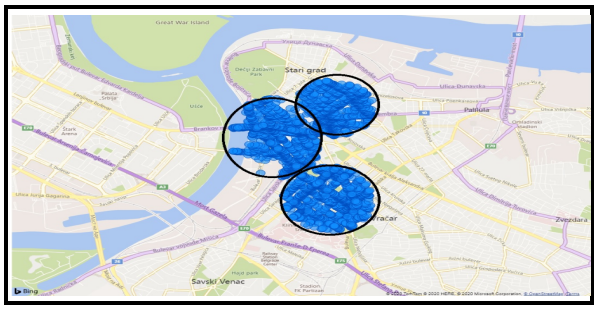
Slika 5. Automatizovani proces popune skladišta podataka

Nakon što je skladište podataka popunjeno najažurnijim podacima, postupkom automatskog učitavanja, transformacije i upisivanja podataka, pristupa se procesu određivanja "crnih tačaka" korišćenjem *SQL Server Managament Studio*. Za određivanje "crnih tačaka" korišćeni su kursori. Kursori se koriste za rad sa pojedinačnim zapisima. Kursor predstavlja skup zapisa koji se formiraju na serveru i kojima je pridružen pokazivač koji ukazuje na tekući red. U konkretnom slučaju, sa tekućim zapisom koji predstavlja lokaciju saobraćajne nezgode koja se dogodila, upoređuju se i beleže one saobraćajne nezgode koje su se dogodile na dužini puta od najmanje 500m, a da su se na njoj dogodile barem dve saobraćajne nezgode sa poginulim ili povređenim licima. Na sledećoj slici, prikazana je "crna tačka", oko koje se dogodi najviše saobraćajnih nezgoda.



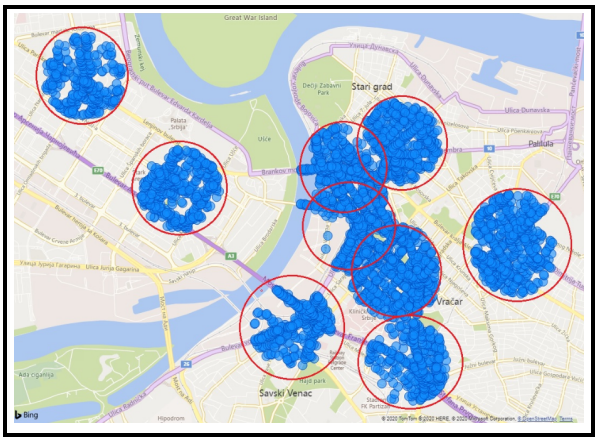
Slika 6. Grafički prikaz "crne tačke" sa najviše saobraćajnih nezgoda

Na slici 7, prikazan je izgled grafičkog prikaza 3 "crne tačke" na teritoriji grada Beograda.



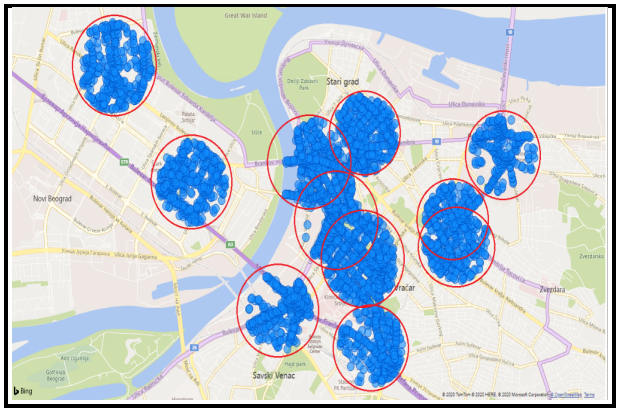
Slika 7. Grafički prikaz 3 “crne tačke” na teritoriji grada Beograda

Na slici 8, prikazan je izgled grafičkog prikaza 9 “crnih tački” na teritoriji grada Beograda.



Slika 8. Grafički prikaz 9 “crnih tački” na teritoriji grada Beograda

Na slici 9, prikazan je izgled grafičkog prikaza 11 “crnih tački” na teritoriji grada Beograda.



Slika 9. Grafički prikaz 11 “crnih tački” na teritoriji grada Beograda

6. ZAKLJUČAK

U radu je analizirano trenutno stanje u području istraživanja, korišćenjem objavljenih radova u prethodnom periodu koji su fokusirani u potpunosti ili delom na elemente korišćenja programskog paketa *Microsoft Power BI*.

Pri izradi i razvoju sistema poslovne inteligencije analizira se da li on olakšava rad krajnjim korisnicima, da li su podaci koji se koriste skupi i može li im se lako pristupiti, da li su informacije koje generiše skupe, da li su podaci lako dostupni i sl.

Pritom se ne sme zanemariti šta je zapravo krajnjem korisniku neophodno. Krajnji korisnik želi korišćenje “svežih” informacija, u bilo koje vreme, sa bilo koje lokacije, a da se sve to uz minimalne napore integriše u postojeći sistem. Takođe, krajnji korisnik želi jedinstven i integrisan izvor podataka, da samostalno pravi izveštaje i da ima jednostavan alat za podršku odlučivanju.

Jedan od glavnih uzroka nedovoljne uspešnosti uvođenja sistema poslovne inteligencije je ljudski faktor, tj. sposobnost krajnjih korisnika da se menjaju i prilagođavaju promenama koje donosi nova tehnologija. Iako postoje brojne metode planiranja, analiza, projektovanja, izgradnje, korišćenja i održavanja sistema poslovne inteligencije, one još ne daju pozitivne rezultate. Neophodno je pronaći načine i metode na koji način promeniti ustaljeni način rada, i sa vođenja evidencija i pisanja izveštaja u formalizovanom obliku (sveske, izveštaji,...) preći na vođenje podataka u elektronskom obliku.

Da bi se ova problematika rešila, neophodni su pozitivni stavovi ljudi iz upravljačkih struktura sistema, zatim prihvatanje novih sistema od strane krajnjih korisnika i profesionalnost, tj. poznavanje te tehnologije i mogućnost njene primene. U radu je predložena primena programskog paketa *Microsoft Power BI* u cilju unapređenja sistema poslovne inteligencije, kada su podaci predhodno učitani, transformisani i skladišteni u nekom od *DBMS.*

LITERATURA

[1] Matteo Golfarelli and Stefano Rizzi: “Data Warehouse Design: Modern principles andtehnologies”, 2009

[2] Kimball, R., Ross, M., Thornthwaite, W., Mundy, J., & Becker, B. (2008). *The data warehouse lifecycle toolkit*. John Wiley & Sons.

[3] Portal otvorenih podataka Republike Srbije [Internet]. [citirano 04.11.2020] Dostupno na: https://data.gov.rs/sr/datasets/

[4] Joseph Rickert, “Big Data Analysis with Revolution R Enterprise”, 2011

[5] Wang, J., & Gu, L. (2016). Challenges of teaching data science in a business school. Issues in Information Systems, 17(3).

[6] Fotache, M., & Strimbei, C. (2015). SQL and data analysis. Some implications for data analysits and higher education. Procedia Economics and Finance, 20, 243-251.

[7] Wickham, H. (2019). Data science: how is it different to statistics?. IMS Bulletin, 48.

[8] Kimball, R., & Ross, M. (2016). Dimension Table Core Concepts. The Kimball Group Reader: Relentlessly Practical Tools for Data Warehousing and Business Intelligence, 327-384.

TEACHING APPROACH IN DIFFICULT KNOWLEDGE TRANSFER CONDITIONS DUE TO THE PANDEMIC STATE OF EMERGENCY

Miloš Mravik[1], Marko Šarac[2]
Univerzitet Singidunum[1]

Abstract - *This paper represents a teaching approach to the transformation of classical lectures teaching. Paper elaborates use of the online platform that enables students with and without disabilities to follow classes without hindrance during the lecture period. The main advantage of this kind of teaching is the possibility of attending classes from any location and from any device, it is only important to be connected to the Internet connection. After the lecture, students also have the ability to view video and presentation materials.*
This paper describes a new approach to teaching and illustrates the expected benefits of online teaching. Full integration with the already existing Faculty Information System has been performed. The platforms used in this integration are Microsoft Azure, Microsoft Office 365 Admin, Microsoft Teams, Microsoft Stream and Microsoft SharePoint.

Keywords: *education, on-line learning, teaching analysis, Microsoft Teams, Microsoft Azure*

1. INTRODUCTION

Starting from March 2020, almost all spheres of business were forced to the online way of doing business. The new health crisis has demanded that more and more organizations use telecommunicating to preserve and respect social spatial distance. Therefore, the conditions created by the Covid-19 pandemic state of emergency provide opportunity for intensive research into teleworking. All for the purpose of adapting to this way of everyday work as well as maintaining the current global economy. This way of working leads to the flexibility of employees in various types of business and provides a completely new way of functioning for the end users of the system. Adapting to these circumstances has increased productivity, reduced the costs of employers and employee fatigue due to daily commuting. Certainly, the biggest issue in terms of nowadays business is reflected in the adaptation to new technologies as well as raising awareness of the necessary computer knowledge of the end users of the system.

This paper describes all parts of the system that are analyzed for the purpose of teaching at university academic studies. Also, the implementation process as well as the student and professor approach to the platform will be described.

Compared to traditional classes, online classes offer myriad benefits for students. Certainly, the two biggest advantages of online teaching is the re-viewing of recorded materials as well as a login to the platform from any location and any device that has Internet access.

2. STATE OF ART

There are various software solutions for online video calls on the market. This part of the area gained its greatest popularity with the appearance of the Covid-19 global pandemic. Softwares such as Microsoft Teams, Zoom, Google Meet, Cisco Webex and many others have diverted much of their revenue to developing additional plug-ins and upgrades to their existing software solution. In this way, each company tries to position itself as a market leader and maintain its popularity with end users.

Among the large number of online video chat platforms, the Microsoft Teams platform stands out the most. In addition to the use of video calls, the platform offers the possibility of using chat messages, video recording of meetings as well as creating tests directly within the platform itself.

Tsai predicts that by the end of 2021, Microsoft Teams will be in use in more than 41% of companies worldwide. [1] The current situation is such that the Microsoft Teams platform is used daily by more than 75 million active users. Statistically speaking, in July 2019, the Microsoft Teams platform had 62 million active users. Based on these data, we conclude that the number of users of this platform has grown rapidly with the appearance of the Covid-19 pandemic.
Microsoft Teams offers the ability to integrate with existing Moodle solutions. In this way, educational institutions are given the opportunity to synchronize Moodle courses, grades, and assignments. By synchronizing these two platforms, we create a unity in which all modules are located on one platform. [2]

Starting from the assumption that the realization of teaching depends on the educational system and the way of knowledge transfer, we can conclude that the introduction of online teaching has badly affected the quality of teaching of educational institutions that are not used to this kind of work. Daisy with his expert team believes that the online way of knowledge transfer has caused a lot of damage to medical educational institutions in many ways. The greatest negative impact is visible in the field of practical knowledge and practical exercises. The problem that arises is that practical classes cannot be held in specialized laboratories. Another negative impact is that practical work in a real environment in the form of going to the hospital is not possible because numerous hospitals have become Covid-19 hospitals and for that reason students do not have access to them. [3] However, despite the challenges posed by the pandemic in providing health care, this type of virtual learning represents acceptable results of knowledge transfer. This way of knowledge

transfer opens the possibility of expanding virtual teaching in all types of education around the world.

3. PROJECT DESCRIPTION

It is important to note that full integration with the already existing Faculty Information System has been performed. It would be good if after enrollment the student gets access to his Microsoft Office 365 account to the platform itself using the same access. Students have Microsoft Office 365 calendars in which the teaching dates in the current year are predefined, which are created by professors and assistants before the beginning of the semester. It is recommended that all students are able to follow the optional courses and that the system is fully open to guests of the system (guest access feature). In addition to classes, consultations are expected to be held through the Microsoft Teams platform.

Each team within the Microsoft Teams platform represents one subject. Each student has insight only into the teams (subjects) he/she is following in the current year. After passing the exam in the subject, the student is excluded from it. Realized lectures and exercises at the university are recorded in their entirety and are all visible to students after lectures and exercises. Students view videos using the Microsoft Stream platform.

For the needs of the analysis, the platform was implemented at several physical locations in Belgrade, Novi Sad and Nis. Before the introduction of the state of emergency in the country, the university realized classes in the classical way with the use of amphitheaters and electronic classrooms. Each of these lectures involved the physical arrival of the student at the university as well as the use of technical equipment by the lecturers and students (computers, monitors, projectors, etc.). After the implementation of the Microsoft Teams platform, university has drastically reduced the cost of technical equipment, and was able to redirect funds in development of online materials and platforms. The analysis of this paper required the assignment of more than 6000 students as well as 300 lecturers to different groups within the Faculty Information System as well as within the Microsoft Office 365 groups.

Students with previous computer knowledge and knowledge in the field of new technologies have created a very optimistic attitude towards the online way of knowledge transfer. Their performance and self-directed learning were directly affected by the use of e-platforms during the Covid-19 pandemic.

4. PROPOSED SOLUTION

In order for integration to be possible, in addition to all other external factors that can potentially affect the quality of video and audio material transmission, the most important item is certainly the Internet connection. In this case, the speed of the Internet connection of the lecturer and the listener is important. Based on the performed test, the obtained results are such that the largest number of listeners and lecturers is in the range of 60-80% of the quality of the Internet connection. The results of this test are shown in the Table 1(*Table 1 – Services points)*.

Service	Points(Min)	Points(Max)
Exchange Online	79	100
SharePoint Online	53	100
Microsoft Teams	72	100
Network assessment	68%	100%
Total points(not +)	204	300

Table 1 - Services points

We will primarily rely on the use of the Exchange Online service. Based on a test done on 6107 users the result shows that the average latency is 30ms. This number indicates that users have been able to use the application without interruption in the previous 30 days. SharePoint gives slightly worse results for a reason. The obtained result is the result of the use of Wi-Fi connection by the end users of the system and slightly worse quality of the upload / download stream. Compared to the SharePoint platform, the Microsoft Teams platform offers much better performance for end users. This is also evident in test results with end results such that UDP latency is 50ms, UDP jitter 27ms and UDP packet loss is 0.33%. [4] Based on the test, information was obtained that 31% of users who use the Microsoft Teams platform spend more than 10 hours each week in meetings / lectures. (*Table 1 - Services points*).

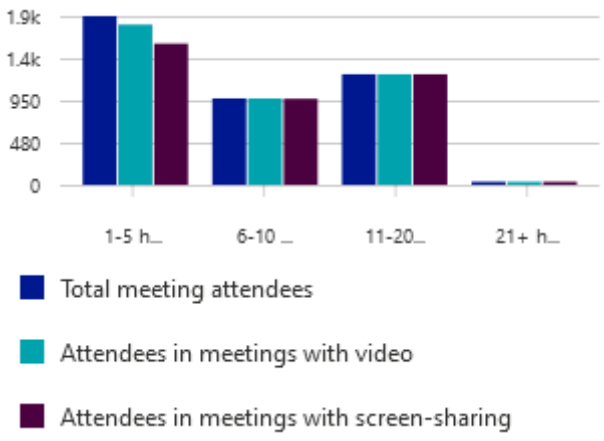


Illustration 1 - Amount of time per week

In addition to classic lectures and exercises, students use the 1-on-1 call option very often. The average obtained based on the test is such that 64% of conversations last more than 30 minutes. Considering this information, we gain insight into the fact that a large number of students use this option to develop projects in groups as well as mutual counseling (*Illustration 1 – Amount of time per week*).

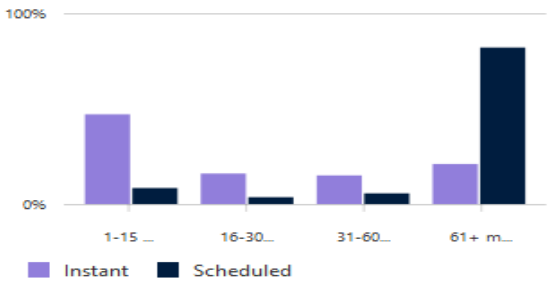


Illustration 2 - Amount of time per instant meet

The number of meetings organized on the Microsoft Teams platform in the previous 30 days is shown in Illustration 3 (*Illustration 3 – Number of collaborations*).

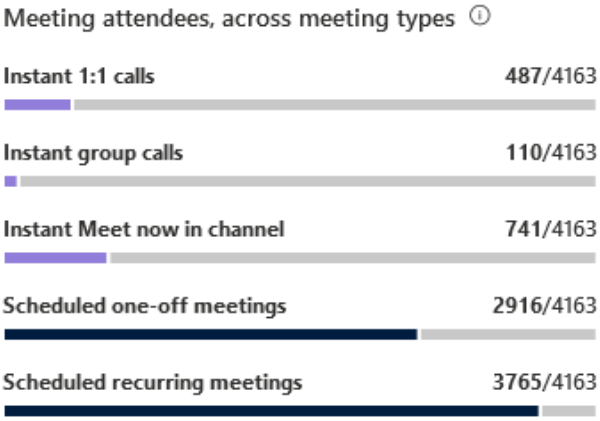


Illustration 3 - Number of collaborations

The use of the Microsoft Teams application in our organization has increased by 1368% since the university switched to online teaching. This is information obtained based on the use of the previous 90 days.

Access to video and presentation materials is possible through the Files and Video materials tabs on the Microsoft Teams platform. Each team / subject has an identical structure that contains the following elements:

- **Posts** – notifications sent to students as well as test results
- **Files** – page of items for storage of presentation materials
- **Class Notebook** – the ability to take notes by students and professors during and after lectures
- **Assignments** – tests created for the team / subject
- **Grades** – review of student grades
- **Video materials** – view student videos using the Microsoft Stream application

Looking at the log files of the Microsoft Teams platform, we can conclude that the platform has the largest number of users access via computers with the Windows operating system, although a large number of system users have the ability to access via mobile phone. The time range of the graphs is 30 days.

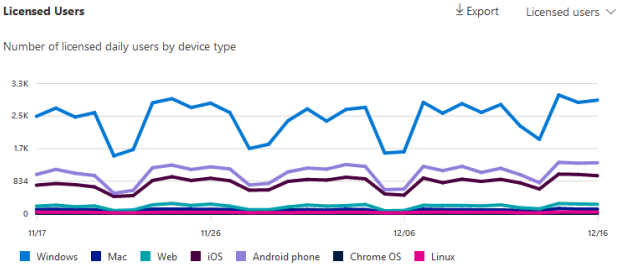


Illustration 4 - Number of used devices

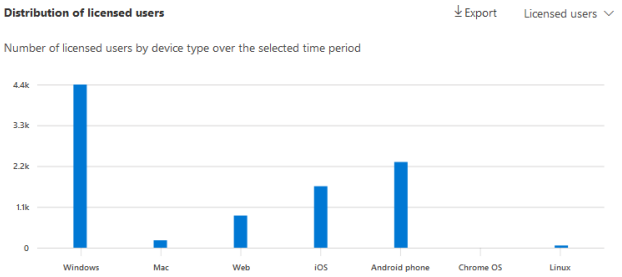


Illustration 5 - Number of used OS's

It is important to note that students are allowed access from almost all existing operating systems. [5]

5. OVERVIEW OF SYSTEM IMPROVEMENT ON ALREADY EXISTING INFRASTRUCTURE

When we look at the presence of students in online classes compared to traditional classes, we come to the fact that a larger number of students more regularly approached classes that are in the online format. Statistics showing student attendance over a 30-day time range are shown in Illustration 6(*Illustration 6 – Number of active users).*

Illustration 6 - Number of active users

Based on the information from the system, we come to the conclusion that on average every day there were 3973 students who joined the Microsoft Teams platform. The interaction of students in relation to classical teaching is much greater. Statistics showing student interaction over a 30-day time range are shown in Illustration 7(*Illustration 7 – Students interaction*).

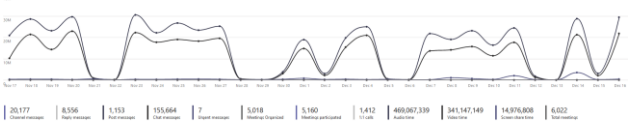


Illustration 7 - Students interaction

The implementation of such infrastructure has greatly reduced the physical attendance at the university. Based on

a test done on active students accessing the Microsoft Teams platform, the result is that 81% of students do only the remote only type of approach while the other 19% are most often university professors, assistants, and administrative staff. [6] The physical presence of students since mid-October is shown in Illustration 8 (*Illustration 8 - Remote only VS Onsite*).

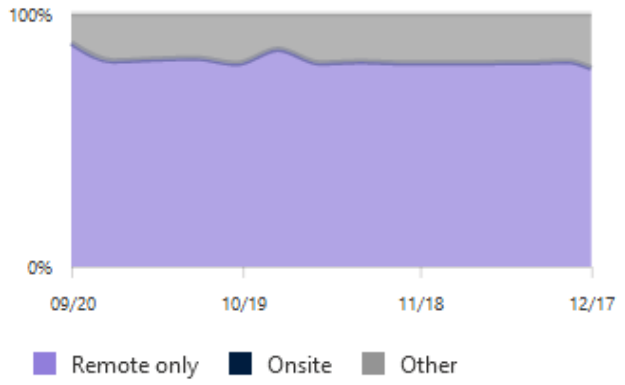


Illustration 8 - Remote only VS Onsite

6. RECOMMENDATIONS, DEVELOPMENT PLAN AND FUTURE STEPS

According to the current situation in the country and the world, the next step in the way of teaching is still unpredictable. For now, based on testing, it is considered that the next step will be the joint implementation of classical and online teaching. The combination of these two modes of knowledge transfer is called Blended learning. [7] This way of teaching offers the end listeners the possibility to choose the teaching format as they wish, as well as the possibility to re-view the recorded video materials after the lecture. [8]

Considering that this way of teaching is realized in one of these two ways, we come to a new concept that represents a hybrid model of teaching. This type of model offers the possibility of listening to lectures simultaneously in both classical and online ways. [9] In this case, it is up to the final listener to decide which way he wants to listen to the lecture. The hybrid model represents a synchronous type of communication while Blended learning represents an asynchronous type of communication. Asynchronous communication types can be used as a complement to a synchronous communication type. [10]

7. CONCLUSION

Faced with a situation that affected the whole world, most educational institutions have been forced to switch to online teaching. The result of the test of working with students on the Microsoft Teams platform showed that by introducing a system for online teaching, we directly affect the improvement and quality of teaching. In addition to the impact on the teaching itself, a great influence was manifested in the segment of reducing the costs of educational institutions in various fields, such as the need for amphitheaters and electronic classrooms. The basic concepts of computer network security and protocols for secure communication between professors and students are covered. The main purpose of this paper is to raise awareness of the importance of teaching online. The increase in the number of users on the Internet leads to the fact that adapting to the online type of teaching should not be a big problem of adapting to end users.

Considering all the above, it can be concluded that the transition to the online way of teaching allows end listeners a comprehensive transfer of knowledge as well as re-listening to the same. This model can be used on an unlimited number of users in all Institutions, regardless of whether the field of activity of these Institutions is of educational background.

LITERATURE

[1] Tsai, P., „Business Chat Apps in 2018: Top Players and Adoption Plans“, Spiceworks, 2018

[2] Louis, M. and Tapp. D., “ Teaching with Teams: An introduction to teaching an undergraduate law module using Microsoft Teams“, Staffordshire University, 2020

[3] Henderson, D., „Keep calm and carry on learning: using Microsoft Teams to deliver a medical education programme during the COVID-19 pandemic“, Sheila Sherlock Postgraduate Medical Education Centre, London, U, 2020

[4] Nachan, N. and Nachan, S., „Configuring Office 365 for Hybrid SharePoint“, India, 2019

[5] Rousselt, R., “Pro Microsoft Teams Development”, Berkley, 2020

[6] NS, J., “Connect Web Services to Microsoft Teams with Webhooks”, Berkley, 2020

[7] Pal D. and Vanijja V., “Perceived usability evaluation of Microsoft Teams as an online learning platform during COVID-19 using system usability scale and technology acceptance model in India“, King Mongkut’s University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand, 2020

[8] Tucker, C., „Balance With Blended Learning: Partner With Your Students to Reimagine Learning and Reclaim Your Life (Corwin Teaching Essentials)“, Corwin, 2020

[9] Tucker, C., Wycoff, T. and Green, J., „Blended Learning in Action: A Practical Guide Toward Sustainable Change (Corwin Teaching Essentials)“, Corwin, 2020

[10] Stevens, G., „Teaching in the Post Covid Classroom: Mindsets and Strategies to Cultivate Connection, Manage Behavior and Reduce Overwhelm in Classroom, Distance and Blended Learning“, Red Lotus Books, 2020

ZAŠTITA PRIVATNOSTI NA INTERNETU

PROTECTION OF PRIVACY ON THE INTERNET

Đuro Klipa[1], Rade Dragović[2]

[1] *Ustavni sud, Republika Srbija*

[2] *Institut za standarde i tehnologije, Beograd*

Sadržaj – Pojava interneta uslovila je neminovno i promenu načina života i u pogledu same komunikacije i dostupnosti informacija. Tako je pojava društvenih mreža, elektronske pošte, *online* trgovine, internet bankarstva i slično, uveliko olakšala svakodnevni život, no i otvorila nove mogućnosti ugrožavanja privatnosti. Kako bi se korisnici interneta znali što bolje zaštititi, neophodno ih je edukovati o medijskoj pismenosti. Privatnost se može ugroziti na više načina – objavljivanjem ličnih podataka (JMBG, imena i prezimena, adrese stanovanja, telefonskog broja, broja bankovnog računa i slično), posebno objavljivanjem ličnih fotografija i video snimaka. Na taj način je svaki korisnik interneta potencijalno ugrožen, s tim što su deca ipak najranjivija. Zato je važno medijsko vaspitanje i medijska pedagogija kako bi ih se edukovalo već od najranije dobi. Neke od mogućnosti zaštite privatnosti su samozaštita i metode šifriranja podataka. Također, bitna je i zakonska regulativa na nivou Republike Srbije, ali i Evropske Unije.

Zaštita privatnosti na internetu, odnosno na društvenim mrežama i uslugama internet pretraživača, već je duže vreme aktuelna, posebno što su korisnici interneta zabrinuti za svoju privatnost te da zbog toga retko objavljuju lične podatke na internetu. Takođe, korisnici interneta smatraju se adekvatno medijski pismenim, te zaključuju da postojeći zakoni nedovoljno štite njihovu privatnost.

Ključne reči: zaštita privatnosti, internet, društvene mreže, internet pretraživači, medijska pismenost, zakonski okvir

Abstract - The advent of the Internet has inevitably caused a change in lifestyle in terms of communication and the availability of information. Thus, the emergence of social networks, e-mail, online shopping, internet banking and the like, greatly facilitated everyday life, but also opened up new opportunities for privacy. In order for Internet users to know how to better protect themselves, it is necessary to educate them about media literacy. Privacy can be compromised in several ways - by publishing personal data (JMBG, name and surname, residential address, telephone number, bank account number, etc.), especially by publishing personal photos and videos. In that way, every internet user is potentially endangered, but children are still the most vulnerable. That is why media education and media pedagogy are important in order to educate them from an early age. Some of the privacy options are self-protection and data encryption methods. Also, the legislation at the level of the Republic of Serbia, but also of the European Union, is important. The protection of privacy on the Internet, ie on social networks and search engine services, has been current for a long time, especially since Internet users are concerned about their privacy and therefore rarely publish personal data on the Internet. Also, Internet users are considered to be adequately media literate, and conclude that existing laws do not sufficiently protect their privacy.

Key word: privacy protection, internet, social networks, search engines, media literacy, legal framework

1. UVOD

Pravo na privatnost jedna je od temeljnih ljudskih prava. Ustavom Republike Srbije (čl.42) zajamčena je zaštita podataka o ličnosti. Sve većim i bržim razvojem interneta i korišćenjem društvenih mreža u svakodnevnom životu, ta prava se ponekad narušavaju. Internet spaja ljude širom sveta, prelazi formalne, geografske i nacionalne granice, omogućuje bržu komunikaciju, nudi brojne podatke, informacije, znanja i stvara virtualna tržišta koja su brzo i jednostavno dostupna svim korisnicima. On postaje centralni oblik društvenog, političkog, privatnog, ekonomskog, tržišnog, prosvetnog i zdravstvenog uticaja. Posećenost društvenih mreža postaje sve veća, a samim tim i mogućnost narušavanja zaštite podataka o ličnosti.

Tabela 1. Najposećenije društvene mreže na svetu (izvor: Alexa internet)

	Društvena mreža	Prosečno dnevno zadržavanje po korisniku (u minutima)	Prosečni dnevni prikazi stranica po posetiocu
1.	Google.com	15:43	17,04
2.	Youtube.com	17:28	9,89
3.	Facebook.com	18:45	8,81
4.	Amazon.com	10:34	9,85
5.	Wikipedia.com	3:49	3,11
6.	Instagram.com	8:51	9,85

Online društvene mreže možemo definisati kao „uslugu baziranu na webu koja omogućuje pojedincima da izgrade javni ili polu-javni profil unutar omeđenog sistema, artikuliraju listu drugih korisnika s kojima dele vezu i gledaju i koriste vlastiti popis veza i popise veza drugih unutar sistema„[1].

Njihov cilj je da objedine što više korisnika na jednom mestu. Ovim mrežama se priključuju pojedinci ili organizacije koje traže svoje interese u novom okruženju - nova poznanstva, žele da stupe u kontakt sa osobama koje su daleko od njih ili, pak, da bi iznosili svoje stavove i učestvovali u raspravama sa drugim ljudima na određenu temu, rešavaju tehnički problem, daju inicijative za pokretanje biznisa, traže zaposlenje, bave se marketingom i dr. Tako, sa jedne strane, postoji tehnološka baza u vidu web infrastrukture koja se fokusira da ostvari preuslove za određene interese, socijalne, koji se bave specifičnim temama po određenim celinama gde svako može postati član. Članstvo u društvenim mrežama je dakle tehnološka i socijalna kategorija pa samim time postoje posebna pravila za ostvarivanje određenih ciljeva. Ciljevi članstva u društvenim mrežama, kao i u životu, nisu isključivo prosperitetni.

2. ZAŠTITA PRIVATNOSTI

Zlonamerni pojedinci mogu direktno napasti vaš računar, pristupajući sistemu preko neke vrste »zadnjih vrata« (backdoor), a zatim mogu krasti i brisati važne podatke ili iskoristiti vaš računar za iniciranje dodatnih napada na druge računare, mreže ili web stranice.
Anonimnost glavno obeležje interneta. Drugim rečima, korisnik interneta ima slobodu kreirati koliko god korisničkih računa želi. No, s druge strane, sve ili barem većina ličnih informacija koje se prenose internetom može se pretraživati, zbog čega je gotovo nemoguće sačuvati privatni život ,,na mreži,,.

Virtualni svet u nekim segmentima ne razlikuje previše od stvarnog sveta. Na primjer, kupujete li preko trgovačkog kataloga ili preko *online* trgovine, u oba slučaja vaši će podaci, poput imena i prezimena, adrese ili broja telefona, ostati zabeleženi u njihovoj bazi podataka. Mnoge kompanije prodaju lične podatke drugim kompanijama pa tako kupci često završe s raznolikom neželjenom poštom, kako u poštanskom sandučiću, tako i na *e-mailu*. S druge strane, podaci mogu biti i ukradeni na virtualnom putu od računara do njihovog odredišta ili iz baza podataka *web* stranica i trgovačkih kompanija.

***Cyber*-kriminal** je računarska aktivnost koja se protuzakonito odvija putem globalne računarske mreže. *Cyber*-kriminal obuhvata kriminalne aktivnosti poput „nedopuštenog pristupa, oštećenja računarskih sistema, širenja virusa, pranja novca i prevara vezanih za elektronsko poslovanje, krađe identiteta, krađe bankarskih podataka i slično.“ [7]

Phishing (izvedenica od engleske reči *fishing* – „ribarenje“). Taj pojam se odnosi na kriminalnu radnju u kojoj se, prikrivanjem pravog identiteta, pokušavaju ukrasti lični podaci trećih lica, na primer, korisničko ime, šifra, broj kreditne kartice, JMBG i slično. Tako često dolazi do krađe identiteta. Poverenik za zaštitu informacija od javnog značaja i zaštitu podataka o ličnosti pojašnjava da se lični podaci u nekim slučajevima zloupotrebljavaju za počinjenje krivičnih dela, poput prevare, ili u svrhu sklapanja lažnih ugovora.

Zbog svega navedenog, mnoge *web* stranice sadrže uslove korištenja kako bi ublažile brige korisnika i ogradile se od potencijalnih zloupotreba. Međutim, postavlja se pitanje koliko su uslovi korišćenja zapravo od pomoći. U slučaju neslaganja s postavljenim uslovima, korisnik ne može pregovarati o njima, već mu je jedini izbor ostati na *web* stranici ili ne „[2].

„Bit je da se ne možete osloniti na *web* stranicu da vodi brigu o vašoj privatnosti. Ustvari, možete očekivati da će mnoge *web* stranice namjerno koristiti podatke koje imaju o vama. Oni paze na svoje poslovanje, a ne na vašu privatnost. Na kraju, jedina sigurna zaštita privatnosti je vaš razum i samodisciplina“, zaključuje Miller „[2].

2.1. Opasnost interneta za decu

Koliko god su odrasle osobe izložene opasnosti na internetu, deca i adolescenti još su ugroženiji, jer imaju specifične načine korištenja interneta, potpuno različite od načina na koje ih koriste njihovi roditelji. Ta razlika u načinu korištenja je posledica medijske socijalizacije dece. Deci se čini da je svet interneta zapravo njihov svet, odnosno, s tehničke strane, deca puno bolje koriste internet od njihovih roditelja. No, određena istraživanja ukazuju na to da adolescenti samopouzdano koriste internet, što zapravo ukazuje na njihovu naivnost. Najopasniji rizici s kojima se deca susreću jesu takozvani *cyberbullying* (nasilje putem interneta) te pedofilija. Takođe, učestalim rizicima smatraju se i nasilni sadržaji kojih su internet portali, poput YouTubea, prepuni. Nasilje i vulgarnosti su česte taktike internetskih medija kako bi povećali broj svojih korisnika, a dobro je poznata činjenica da su deca najbolji potrošači. Uz navedene, postoji još nekoliko načina na koje dete može biti u opasnosti. [3]. Neke od njih su nasilne, nepristojne i uznemirujuće *e-mail* poruke, komunikacija s licima koje ne poznaju te asocijalnost deteta zbog preteranog korištenja računara i interneta .

Kako bi zaštitili decu, moramo upozoriti roditelje da moraju biti informatički pismeni te da primarno s detetom dogovore vreme korištenja računara. Također, roditelji se moraju pobrinuti da deca shvate kako internet ne služi samo za zabavu, već i kao sredstvo informisanja i komunikacije. Nadalje, dete mora shvatiti kako postoje različite opasnosti i da ne ostavlja lične podatke na internetu.
Sistem vaspitanja i obrazovanja, od vrtića do celoživotnog obrazovanja, i deci i roditeljima mora

pružiti dovoljno informacija, ali i znanja, za suočavanje s izazovima novih medija [4].
Danas su roditeljima pružene opcije različitih filtera za računar koji blokiraju ulaz u neželjene stranice. Zaštićene mreže su stranice koje služe kao „vrata“ prema ostalim stranicama koje su filtrirane te je njihov sadržaj prilagođen djeci kako bi ona mogla njima sigurno *surfati*. [5]

2.2. Vrste zaštite privatnosti

Samozaštita

Kako bi se korisnici mogli što bolje sami zaštititi, navešćemo nekoliko preporuka:

- lični podaci ne bi se smeli otkrivati putem interneta;
- na neželjenu poštu nikada se ne bi trebalo odgovarati;
- postaviti internet pretraživač tako da ne prima „kolačiće“ bez prethodnog upita;
- na radnom računaru ne bi se smeli ostavljati lični podaci;
- uslovi privatnosti internet stranica trebali bi se proučiti, a reklamne ponude odbijati;
- • za slanje poverljivih podataka *e-mailom* trebalo bi koristiti lozinku ili neki oblik šifriranja;
- koristiti uslugu virtualne privatne mreže (VPN) kako bi se osigurala potpuna anonimnost.

Tehnologije zaštite privatnosti

Kako bi se bolje zaštitila privatnost, kako pojedinaca, tako i organizacija, razvile su se brojne tehnologije. Takve tehnologije se uglavnom temelje na metodama šifriranja podataka, ali i sprečavanju zadržavanja podataka koji se mogu pronaći u određenim centrima. Drugim rečima, središnje baze podataka s ličnim informacijama više se ne koriste. Ideja je da lični podaci budu anonimni.

Navešćemo dva primera tehnologija zaštite privatnosti. Jedan od njih je „slepi potpis“, odnosno elektronski ekvivalent vlastoručnog potpisa. Njegov je tvorac David Chaum. „Slepi potpis“ služi kao verifikacija verodostojnosti elektronske transakcije i osigurava anonimnost pošiljaoca.

Druga tehnologija zaštite privatnosti je biometrijsko šifriranje. Tu je tehnologiju razvilo poduzeće Mytec Technologies iz Toronta. Biometrijska merenja su najsigurniji dokaz nečijeg identiteta zato što nude biološki dokaz vezan uz tačno određenu osobu. Najčešći oblik biometrijskog merenja je metoda uzimanja otisaka prstiju. „Bioskript“ je metoda biometrijskog šifriranja otisaka prstiju kojom se identitet korisnika utvrđuje, ali ne i otkriva.

3. ZAKONSKA REGULATIVA REPUBLIKE SRBIJE

Kako bi se zaštitila privatnost te spriječila krađa osobnih podataka i identiteta, Narodna skupština Republike Srbije je 2018. godine donela Zakon o zaštiti podataka o ličnosti. [6] Ovim se Zakonom uređuje zaštita podataka o fizičkim licima, te nadzor nad prikupljanjem, obradom i korištenjem ličnih podataka u Republici Srbiji (čl. 4.). To je potrebno kako bi se zaštitio privatni život i ostala ljudska prava. U svrhu toga, lični se podaci smeju prikupljati i dalje obrađivati isključivo pod određenim uslovima. Između ostalog, uz pristanak ispitanika, u slučajevima određenim zakonom ili ako je ispitanik sam objavio podatke (čl.23-24). [6]

Član 5 ovog Zakona nalaže kako „lični podaci u zbirkama ličnih podataka moraju biti odgovarajuće zaštićeni od slučajne ili namerne zloupotrebe, uništenja, gubitka, neovlašćenih promena ili pristupa.“ U slučaju povrede nekog prava zajamčenog ovim Zakonom, osoba tu povredu može prijaviti Povereniku za informacije od javnog značaja i zaštitu podataka o ličnosti (čl. 80). Poverenik je nezavisan i samostalni organ vlasti koji za svoj rad odgovara Skupštini Republike Srbije (4). Nadležnosti Poverenika su, između ostalog, nadzor nad provođenjem zaštite ličnih podataka i uočavanje zloupotrebe pri njihovom prikupljanju (čl. 40).

„Informaciono-komunikacioni sistem je tehnološka organizaciona celina koja obuhvata elektoronsko komunikacione mreže, uređaje, podatke koji se pohranjuju, obrađuju, pretražuju ili prenose pomoću uređaja, a u svrhu njihovog rada, upotrebe i zaštite ili održavanja,, stoji u članu 2. Zakona o informacionoj bezbednosti. Taj je Zakon donet 2016. godine zbog važnosti informacione bezbednosti u očuvanju zaštite podataka. Nadležno državno telo koje reguliše donošenje i primenu mera informacione bezbednosti Republike Srbije je Kancelarija Saveta za nacionalnu bezbednost i zaštitu tajnih podataka (čl.5). Na zaštiti i prevenciji od računarske ugroženosti sigurnosti informacionih sistema, zajedno rade nacionalni CERT (centar za za prevenciju bezbednosnih rizika u IKT sistemima), predstavnici ministarstava nadležnih za poslove informacione bezbednosti, odbrane, MUP-a, pravde, BIA, Generalnog sekretarijata Vlade, UZZPRO i Kancelarije Saveta za nacionalnu bezbednost. [5]

Zakonom o informacionoj bezbednosti između ostalog, uređuju se mere zaštite od bezbednosnih rizika u IKT sistemima, odgovornosti pravnih lica prilikom upravljanja i korišćenja IKT sistema i određuju se nadležni organi za sprovođenje mera zaštite, koordinaciju između činilaca zaštite i praćenje pravilne primene propisanih mera zaštite (čl.1).

4. ISTRAŽIVANJA O ZAŠTITI PRIVATNOSTI

EMC Corporation (danas: Dell EMC) 2014. godine sprovelo je istraživanje naziva „EMC Privacy Index“, globalnu studiju o stavovima korisnika vezanih uz privatnost na internetu. Istraživanje je obuhvatilo petnaest zemalja, odnosno petnaest hiljada korisnika. Studija je pokazala kako stavovi korisnika variraju ovisno o geografskom položaju i sadržaju koji konzumiraju na internetu.

Kao rezultate istraživanja, autori su naveli tri paradoksa:

Paradoks želimo sve (We Want It All)

• bez obzira na ličnost i vrstu koristi, korisnici interneta gotovo da i nisu spremni deliti lične podatke zbog povlastica digitalne tehnologije;

- 91% ispitanika ceni to što digitalna tehnologija omogućuje jednostavniji pristup informacijama;
- samo 27% ispitanika tvrdi kako je voljno podeliti privatnost na internetu zbog praktičnosti i jednostavnosti;
- 85% ispitanika ceni korištenje digitalne tehnologije za zaštitu od kriminalnih i terorističkih aktivnosti, no samo 54% njih je spremno podeliti svoju privatnost u tu svrhu;

Paradoks ništa ne poduzeti (Tako No Action)

• više od polovine ispitanika bilo je žrtvom internet kriminala (*hakovanje* računa, *e-maila* ili društvenih mreža i sl.), a mnogi od njih ne preduzimaju mere zaštite;

- 62% ispitanika ne menja lozinke redovno;
- 40% ispitanika ne prilagođava postavke privatnosti na društvenim mrežama;

Paradoks društvenog dijeljenja (Social Sharing)

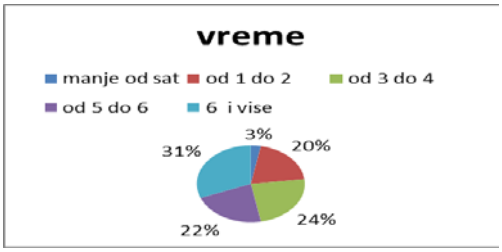
- korištenje društvenih medija naglo se širi uprkos:
  - očekivanjima ispitanika da će njihovu privatnost na društvenim medijima biti teško očuvati u narednih pet godina;
  - mišljenju korisnika kako institucije koje bi trebale štititi njihovu privatnost na društvenim mrežama to ne rade efektivno (51% ispitanika ima poverenja u veštine tih institucija, a 39% u njihovu etiku);
- 84% ispitanika tvrdi kako ne želi da su njihovi lični podaci dostupni ikome, ako ih nisu sami odlučili podeliti.

Istraživanje je još pokazalo kako 59% ispitanika smatra da se unutar jedne godine razina njihove privatnosti smanjila, a 81% njih očekuje da će se u narednih pet godina smanjiti još više.

4.1. Rezultati istraživanja Agencije IPSOS

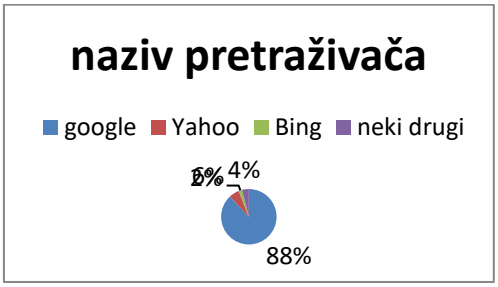
U istraživanju koje je sprovela agencija IPSOS na slučajnom uzorku od 153 ispitanika-korisnika interneta, 88% lica su bili u vremenskoj dobi od 18-34 godine i 12% lica od 35-65 godina, od čega 62 % ženskog pola i 38% muškog pola. 60% ispitanika imalo je završenu višu školu ili fakultet, 18% srednju školu, 19% master i 3% doktora nauka.

Grafikon br.1 Navike ispitanika o dnevnom korišćenju internet



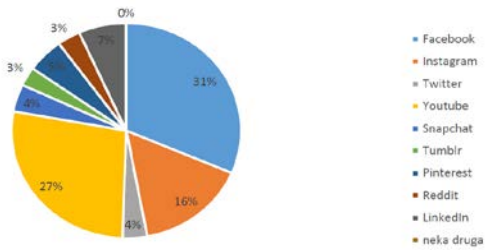
Ovaj rezultat nam pokazuje da čak 80% ispitanika dnevno u proseku provedu na internetu više od 5 časova.

Grafikon br. 2 Koje od navedenih pretraživača najčešće koristite



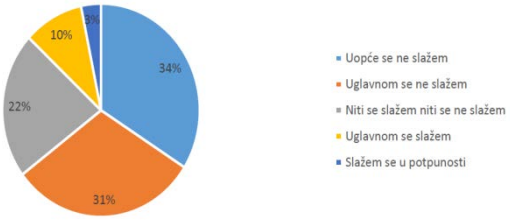
Najpopularniji je Google pretraživač, čak 88%.

Grafikon br.3 Koju od navednih društvenih mreža najčešće koristite



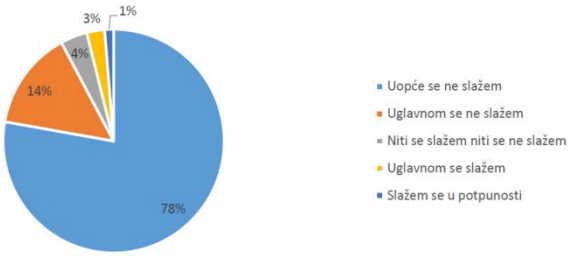
Ovaj podatak nam govori da se najčešće koristi Facebook, Instagram i Youtube (74%).

Grafikon br.4 Izjava ispitanika o objavljivanju ličnih podataka na uslugama internet pretraživača



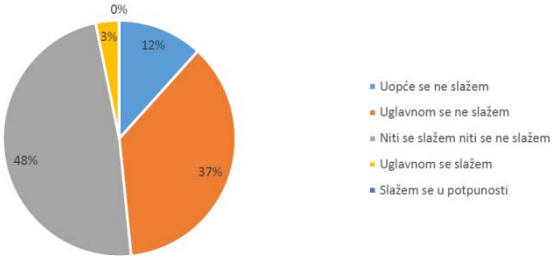
Prilikom korištenja usluga internet pretraživača, privatnost može biti narušena upisivanjem imena ili prezimena u pretraživač, broja bankovnog računa prilikom *online* trgovine, adrese stanovanja u digitalne karte sveta i slično. Većina ispitanika izjavilo je kako nikada ne objavljuje lične podatke na uslugama internet pretraživača (34%). Taj podatak ukazuje kako pojedinci koji su odabrali tvrdnju „uopšte se ne slažem“ ne kreiraju *online* račune ili koriste lažne lične podatke. Samo mali broj ispitanika (13%) izjavilo je kako se uglavnom ili u potpunosti slaže da objavljuje lične podatke kada i gde je to potrebno.

Grafikon br.5 Izjava ispitanika o objavljivanju tuđih ličnih podataka na uslugama internet pretraživača



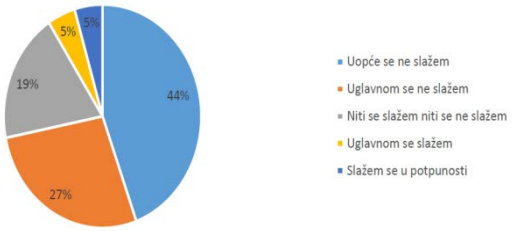
Isto kako paze na svoju privatnost, ispitanici su još manje skloni objavljivanju tuđih podataka na uslugama internet pretraživača. Velika većina ispitanika (78%) tvrdi kako nikada ne objavljuje tuđe lične podatke prilikom korišćenja internet pretraživača i njihovih usluga, a samo mali postotak ispitanika (8%) to čini često ili uvek.
Iz toga zaključujemo kako su ispitanici skloniji čuvanju tuđih ličnih podataka od svojih, verojatno jer cene tuđe pravo na privatnost.
Društvene mreže često traže upisivanje ličnih podataka u korisničke račune, poput imena i prezimena, adrese stanovanja, *e-mail* adrese, telefonskog broja i slično, te se objavljivanjem tih podataka ugrožava privatnost.

Grafikon br.6 Mišljenje ispitanika o verodostojnosti sadržaja na internetu



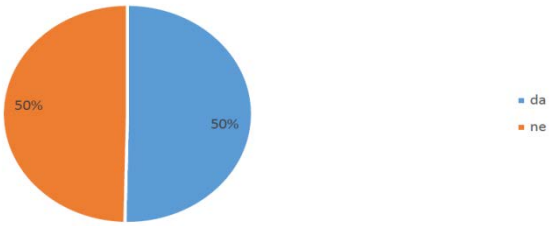
Sudeći prema rezultatima, ispitanici su uglavnom skeptični prema verodostojnosti internetskih sadržaja – 48 posto ispitanika se niti slaže niti se ne slaže, a 37 posto njih se uglavnom ne slaže s tom tvrdnjom. Upravo zbog toga možemo zaključiti kako ispitanici „razmišljaju svojom glavom“ prilikom korišćenja sadržaja na internetu. Tome u prilog opet možemo navesti mogući uticaj dobi i stepena obrazovanja ispitanika.

Grafikon br.7 Navika ispitanika o čitanju uslova korišćenja prilikom kreiranja računa na uslugama internet pretraživača



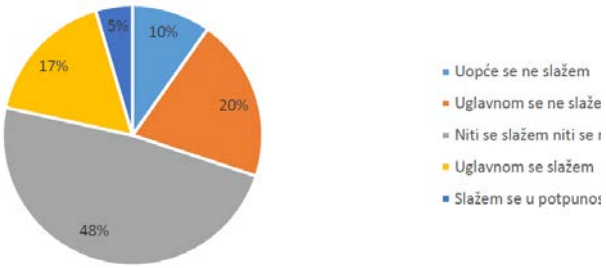
Šta se tiče čitanja uslova korišćenja prilikom kreiranja računa na uslugama internet pretraživača, odnosno društvenih mreža, ispitanici su prilično izjednačenih stavova. Više od polovine njih ne čita ili uglavnom ne čita uslove korištenja usluga internet pretraživača (71%) (grafički prikaz 15), slično kao i kod uslova korištenja društvenih mreža (65%) (grafički prikaz 16). To ne pridonosi zaštiti privatnosti na internetu.

Grafikon br.8 Upoznatost ispitanika sa Zakonom o informacionoj bezbednosti i postojanju Poverenika za zaštitu informacija od javnog značaja i zaštitu podataka o ličnosti



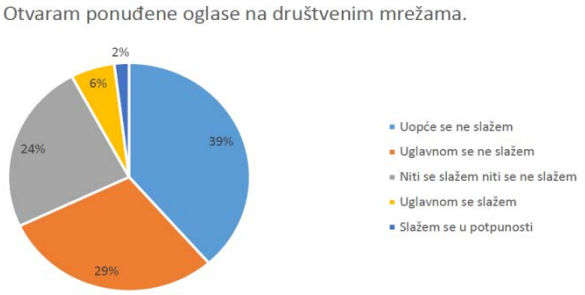
Polovina ispitanika (50%) odgovorilo je afirmativno o poznavanju činjenice da Zakon o informacionoj bezbednosti štiti njihovu privatnost na internetu. [5]
Ovaj rezultat nam govori o tome kako su ispitanici relativno dobro informirani o mogućnostima zaštite svoje privatnosti i upoznati sa svojim pravima.
Operatori javnih komunikacijskih usluga, prema odredbama Zakona o informacionoj bezbednosti i Poverenika za zaštitu informacija od javnog značaja i zaštitu podataka o ličnosti, dužni su izraditi uslove poslovanja koji moraju sadržavati odredbe o zaštiti u slučaju zloupotrebe privatnosti i ličnih podataka. Jednako tako, dužni su obavestiti korisnike svojih usluga u slučaju povrede njihove privatnosti, odnosno načinima zaštite od rizika za privatnost.

Grafikon br.9 *Mišljenje ispitanika o razini zaštite njihove privatnosti od strane operatora javnih komunikacionih usluga*



Uprkos tome što se čini da su ispitanici podeljenog mišljenja o zaštiti njihove privatnosti od strane operatora javnih komunikacionih usluga, ipak se većina slaže u potpunosti ili uglavnom slaže (30%) kako nisu dovoljno zaštićeni, odnosno četrdeset i osam posto ih nije posve sigurno.
Ti rezultati nam govore kako su ispitanici poprilično skeptični radi razine zaštite od strane operatora javnih komunikacionih usluga, odnosno Zakona o informacionoj bezbednosti koji ima nadležnost nad njima, premda se ističe da je Poverenik za zaštitu informacija od javnog značaja i zaštitu podataka o ličnosti pravno lice s javnim ovlašćenjima, koja samostalno i nezavisno obavlja poslove u okviru delokruga i nadležnosti utvrđenih Zakonom o zaštiti ličnih podataka“. Glavna uloga Poverenika je delovanje na ispunjavanje obaveza i prava zaštite ličnih podataka i kontrola odgovornosti svih koji sudeluju u procesu obrade ličnih podataka. Također, Poverenik nastoji podići nivo svesti javnosti o važnosti zaštite ličnih podataka i njihovim pravima.

Grafikon br.10 Navike ispitanika o otvaranju ponuđenih oglasa na društvenim mrežama



Iz toga možemo zaključiti kako većina ispitanika ne otvara ponuđene oglase na internet pretraživačima, niti na društvenim mrežama.

ZAKLJUČAK

. Pojava novih medija uslovljena je promenom tehnologija. Tako su se, uz postojeće medije, stvorile potrebe za bržim izveštavanjem, multimedijalnosti i interaktivnosti. Te je potrebe zadovoljila pojava interneta. Internet „umrežava“ ljude po celom svetu te omogućava trenutni protok i pristup informacijama i podacima, komunikaciju i interakciju, pa zato ne čudi što je postao primarni elektronski medij. Međutim, njegovom pojavom javile su se i brojne opasnosti kojima je izložena privatnost korisnika. Upravo zbog toga nastala je i potreba za zaštitom privatnosti. Kako bi se što bolje zaštitili, korisnike je potrebno medijski i informaciono opismeniti, a dostupne su i brojne tehnologije u obliku šifriranja ličnih podataka. Uz navedeno, postoji i zakonska regulativa o elektronskim komunikacijama, informacionoj bezbednosti, te zaštiti ličnih podataka.

LITERATURA

[1] Boyd, D. M., Ellison, N. B. (2008.). Social Network Sites: Definition, History,and Scholarship. Journal of Computer-Mediated Communication. 13 (2008.),
[2] Miller, M. (2003.) *Apsolutna zaštita privatnosti PC-ja i privatnosti*, prev. D. Ivanišević, B. Zec, D. Marković, Čačak: Kompjuter biblioteka.
[3] Živković, Ž. (2006.) *Dijete, računalo i internet*, Đakovo: Tempo.
[4] Labaš, D. (2011.) „ Djeca u svijetu interneta: zatočenici virtualnog svijeta – pedagoški modeli i otvorena pitanja“, u: L. Ciboci, I. Kanižaj, D. Labaš (ur.) *Djeca medija – od marginalizacije do senzacije*, Zagreb: Matica hrvatska, str. 35-64.
[5] Zakon o informacionoj bezbednosti
Službeni glasnik RS (2016)
[6] Zakon o zaštiti podataka o ličnosti
Službeni glasnik RS (2018)
[7] N. Putnik, „Sajber prostor i bezbednosni izazovi”, Fakultet bezbednosti, 2009.

Sajtovi:
www.cert.rsS.hr
www.sophos.com/security/topic/facebook.html
www.informacija.rs/Drustvene-mreze/

COVID-19 SAFETY SYSTEMS DESIGN EXERCISES IN COMPUTER SCIENCE UNIVERSITY COURSES

REALIZACIJA SISTEMA ZA ZAŠTITU OD COVID-19 U OKVIRU UNIVERZITETSKIH KURSEVA RAČUNARSTVA

Nenad Petrović
University of Niš, Faculty of Electronic Engineering

Abstract – *In this paper, the adoption of COVID-19 safety solution design within computer science bachelor degree exercises will be presented, from the perspective of two courses held at the Faculty of Electronic Engineering, University of Niš in Serbia: Logic Design and Microcomputer Systems. Apart from adoption of tools enabling online laboratory sessions of these courses, another reason of this method is to increase the awareness and motivation of computer science students regarding their contribution to global battle against coronavirus.*

Sadržaj – *U ovom radu, prikazana je ideja realizacije rešenja za zaštitu od COVID-19 u okviru predmeta na osnovnim akademskim studijama iz oblasti računarstva i informatike. Kao studije slučaja, data su razmatranja iz perspektive dva predmeta na Elektronskom fakultetu, Univerziteta u Nišu, Srbija: Logičko projektovanje i Mikroračunarski sistemi. Osim što je prikazana primena softverskih alata i okruženja koji su omogućili online izvođenje laboratorijskih vežbi za vreme pandemije, cilj ove metode je da se poveća motivacija studenata računarstva, sa svrhom sagledavanja koliko mogu doprineti globalnoj borbi protiv pandemije koronavirusa.*

1. INTRODUCTION

COVID-19 pandemic has defined year 2020 in almost any aspect. Its influence on education has been significant, leading to numerous changes of teaching methods and turning towards the online teaching process, as much as possible – from primary school to universities. It was also the case with Faculty of Electronic Engineering at University of Niš.

When it comes to computer science courses, their constituent part are practical laboratory sessions done using computer [1]. Therefore, one of the major challenges we faced was related to the adaptation of laboratory sessions to online remote form, especially in courses where additional hardware devices are needed (such as development boards). In that context, it was necessary to leverage software simulation tools that would enable convenient substitute of these hardware devices, making it possible to be done at comfort of home for a huge number of students.

In this paper, the adaptation of laboratory sessions for COVID-19 pandemic scenario is considered from the perspective of two bachelor degree courses at the Faculty of Electronic Engineering, University of Niš. The presented exercise examples aim the solutions that could prevent the spread of COVID-19, aiming to motivate the students and make them aware of their potential role when it comes to tackling the coronavirus. The work is inspired by author's previous paper related to PIC16-based exercises in Microcomputer Systems course [2].

2. BACKGROUND AND RELATED WORK

A. Logic Design

This second-year bachelor course has a long tradition on Faculty of Electronic Engineering, which counts around 4 decades. However, the current curriculum is mainly based on prof. Stanković's work [3]. It covers different logic function representations, classification (NPN, SD, LP) and expansions (Shannon, Reed-Muller, Walsh, Kronecker and Arithmetic), decision diagrams and synthesis techniques (ROM, multiplexers, PLA, FPGA). Moreover, the course covers easily testable networks and application of Boolean difference. Finally, the last topic of the course is about sequential networks, their modelling using finite state machines (Mealy and Moore) and synthesis using some of the previously mentioned techniques. The exam consists of 4 exercises done on paper within the time frame of 4 hours, covering the previously mentioned topics. In current form of this course (accredited in 2013), the laboratory sessions consist of exercises written in MATLAB aiming to provide the implementation for some aspects of the course's topics [4]. In this paper, the presented exercise is related to implementation of sequential networks using Programmable Logic Array (PLA).

PLA consists of two matrix-like elements, where the first one implements product terms of chosen variables, while the second implements sums of previously selected products. Moreover, input register is used to bring the data to input of AND-matrix, output register transfers the output of OR-matrix to the PLA's output, while the feedback register connects the output of OR-matrix to the input of AND-matrix. The realization of logic network using PLA is performed by establishing connections between horizontal and vertical lines in AND and OR matrices. This design methodology is called the personalization of PLA and it is done by arranging connections between the matrices, either as a part of production procedure by mask programming or fusible

diodes [3]. The typical structure of a PLA is illustrated in Fig, 1.

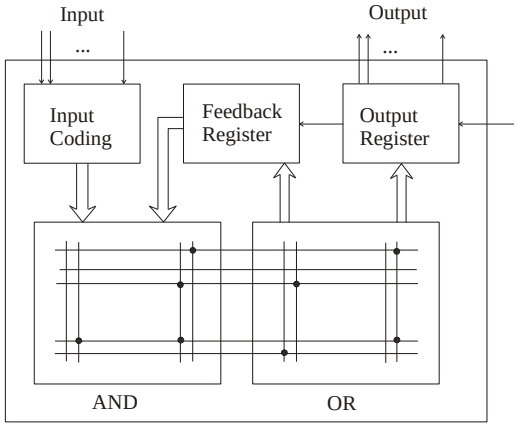


Figure 1. Structure of PLA

There are two elementary deterministic sequential machines [3]: Mealy and Moore. In case of Mealy's sequential machine, the output depends on both the current state and present input, while in case of Moore's, it only depends on current state. In this paper, Moore's automaton is used for the modelling part of the presented exercise and it is defined as follows [3]:

$$f : Q \times \Sigma = Q \quad (1)$$

$$g : Q \to Z \quad (2)$$

The main elements of Moore's automaton are: ∑ - input alphabet; Z - output alphabet; Q – state set; f - transition function; g - output function. In Fig. 2, Moore's automaton block diagram is given.

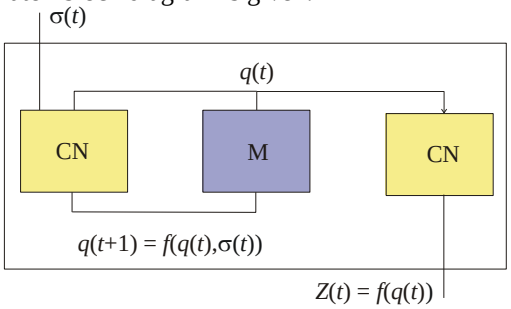


Figure 2. Moore sequential machine

B. Microcomputer Systems

This a course of third year and consists of two major topics [5]: 1) 8086-based systems 2) PIC16 family microcontrollers. The written exam consists of 2 programming-oriented exercises for these two topics. In this paper, the focus is on the exercises related to the first part and laboratory sessions in Proteus environment.

The 8086 is a 16-bit microprocessor chip designed by Intel in the late 1970s. It contains 16-bit data and 20-bit address bus. All internal registers are 16 bits wide as well, while some of them can be accessed as two distinct 8 bit counterparts (lower and higher). Its clock ranges from 5 to 10 Mhz. As additional component, 8255 is used for parallel input/output. It has 3 ports (A, B and C) which can either operate in input and output mode depending on the configuration. Moreover, 8259 is used for interrupt handling via 8 interrupt lines.

Proteus Design Suite[1] is a proprietary software package providing PCB design, virtual system modelling and circuit simulation. It offers animated visual components and wide circuit, microprocessor and sensor device support including 8086 and additional components. In this course, it was introduced for remote online laboratory sessions, where students get an exercise that has to be done within 1 hour and 45 minutes.

3. CASE STUDIES

C. 8086-based system for COVID-19 indoor safety within Microcomputer Systems course

In what follows, an exercise within the scope of Mircromputer Systems course's curriculum related to COVID-19 protection will be presented. It is supposed to be done either during lab sessions using Proteus environment or during the written exam, on paper. The goal of this exercise is to draw a block scheme and write 8086 assembly code for a system that checks whether the incoming visitors comply with COVID-19 indoor safety rules. The system is illustrated in Fig. 3.

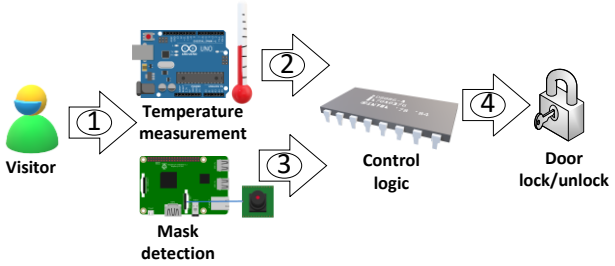


Figure 3. 8086-based COVID-19 indoor safety system overview: 1-Visitor detected 2-Temperature measurement results (0-High; 1-Normal) 3-Mask detection results (0-No mask; 1-Wears mask) 4-Door lock signal (0-Lock; 1-Unlock)

When new visitor is detected, the persons's temperature is checked using an external system based on Arduino Uno and contactless temperature sensor. In case of normal temperature, signal 1 is sent to 8086, otherwise it is 0. After that, it is checked whether the person wears mask or no using another external system based on Raspberry Pi device executing computer vision algorithms, which sends 1 if mask is worn properly, otherwise it is 0. The main control logic is executed by 8086 and implemented as interrupt trigerred when new person arrives. In case that person's temperature is normal and mask is worn, 8086 further checks whether the number of persons inside the room is equal to the maximum threshold. If it is less, than the door will be opened and new visitor will be allowed to enter (signal 1 sent to the lock). In any other case, the door is locked (signal 0).

[1] https://www.labcenter.com/

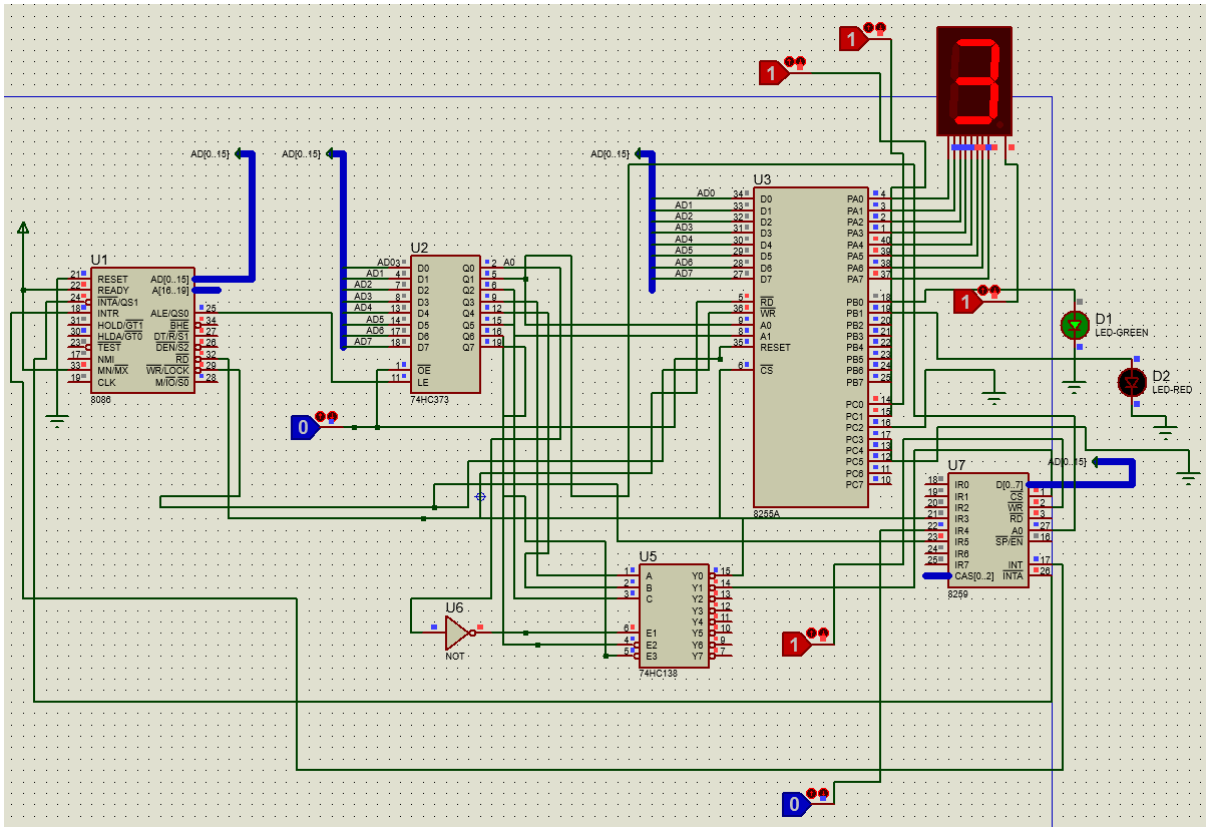


Figure 4. 8086-based COVID-19 indoor safety system simulation in Proteus

In Listing 1, C-alike pseudocode of the described control algorithm executed on 8086 is given.

Listing 1. 8086 interrupt control logic pseudocode

```
Input: arrval_signal, mask_detected, normal_temperature,
person_threshold
Output: door lock/unlock
Steps:
 1. Trigger when(arrival_signal rising edge 0->1)
 2.    If(normal_temperature==1 and mask_detected==1)
 3.       If(person_count==person_threshold)
 4.          Lock door;
 5.       Else
 6.          Unolock door;
 7.          person_count++; result:=result AND true;
 8.       End if;
 9.    Else
 10.      Lock door;
 11.   End if;
 12. End trigger;
 13. End.
```

In Fig. 4, block scheme of the system captured in Proteus during simulation is shown. This picture shows the moment when the third person passes both the temeperature and mask checks. As it can bee seen, three auxiliary components connected to 8086 are used: 7-segment display, 8255 and 8259.

The first one is used to show the number of persons currently inside the room. Furthermore, 8255 is used to handle parallel input/output for the followinf purposes: 1) Port A: 7-segment display connectioon interface 2) Port B: Two LED indicators – green (pin PB0) which means that door is unlocked, while the red (pin PB1) is activated otherwise 3) Port C: mask (pin PC0) and temperature (pin PC1) check outcome signals. In 1) and 2), the pins are used in output mode, while in 3), the pins of Port C are used as input.

On the other side, 8259 is used as interrupt controller. Two interrupts are implemented: 1) activated when a person leaves the room, decreases the person count and shows the current number on 7s display 2) activated when a new visitor arrives, triggers the reading of mask and temperature check outcomes in order to determine whether to open the door and increment the person. The code of the second interrupt represents the core of the system's logic and is given as Listing 2. As it can be seen in Listing 2, a binary mask '00000011' is used to test the two least significant bits from the value read on Port C by performing XOR operaton. In case that values match, it means that new visitor has passed both the temperature amd mask check, so the jump in case of zero after XOR is performed to label PASSED. Starting from that label, it is checked whether the number of persons inside the room (kept in register SI) is equal to 5 (maximum allowed number). In case that it is not true, the door opening is simulated turnin the green LED and register SI incremented. Otherwise, the conditional jump is performed to label NOT_PASSED. In any case, before the end of the interrupt, the current number of persons is shown on 7s display by reading the value at offset SI from array DIGITS. The members of this array are 7s codes for numbers 0-9. The complete code is available on GitHub[2].

[2] https://github.com/penenadpi/8086covidsafety

Listing 2. 8086 assembly code of main interrupt

```
CONTROL_LOGIC SEGMENT
INTERRUPT2 PROC FAR
ASSUME CS:PROCED2, DS:DATA
ORG 9000H
    PUSHF
    PUSH AX
    PUSH DX
    PUSH BX

    MOV BX, 00000011B

    IN AL, PORTC
    MOV AH, 0
    MOV DX, PORTB

    XOR BX, AX
    JE PASSED
    JMP NOT_PASSED
PASSED:
    CMP SI, 05H
    JE NOT_PASSED
    INC SI
    MOV AL, 01H
    JMP END_NEWPERSON
NOT_PASSED:
    MOV AL, 02H
END_NEWPERSON:
    OUT DX, AL

    MOV AL, DIGITS[SI]
    MOV DX, PORTA
    OUT DX, AL

    POP BX
    POP DX
    POP AX
    POPF
    IRET
INTERRUPT2 ENDP
CONTROL_LOGIC ENDS
```

D. Sequential network for COVID-19 indoor safety within Logic Design course

When it comes to the Logic Design assignment, the aim is to design and implement a sequential network for the same problem using PLA and RS flip flops. For that purpose, we first model a Moore's finite state automaton. In what follows, the inputs, outputs, states and transitions defining the underlying model will be described.

As it can be seen in Table 1, there are four possible inputs: 1) NEW – the event when new visitors tries to enter the building 2) TEMP – temerature check of the new visitor was performed and it belongs to range of noral values 3) MASK – new visitor wears protection mask 4) FAIL – one of the tests failed – either temperature or mask check. Each of the inputs in binary encoded using 2 bits, as shown in Table 1.

Table 1. Input descirption

label	input description	code
NEW	new visitor's arrival	0 0
TEMP	temperature normal	0 1
MASK	wears mask	1 0
FAIL	check fail	1 1

Moreover, in Table 2, the overview of outputs is presented. As it can be seen, there are two possible outputs encoded by 1 bit: 1) CLOSE – the entrance remains closed (red LED is activated) 2) OPEN – the entrance is opened (green LED is activated).

Table 2. Output descirption

label	output description	code
CLOSE	close entrance	0
OPEN	open entrance	1

Furthermore, in Table 3, the description of states is given. Three are four possible states, encoded using 2 bits: 1) S_0 – system is waiting for arrival of new person 2) S_1 – New person has arrived and is ready for temperature check 3) S_2 –- the visitor has passed the temperature check and is waits for mask check 4) S_3 – the visitor has passed both checks successfully, so the door can be opened. As it observable, the entrance reamins closed for all the states, except S_3. In the initial state, the system waits for visitor.

Table 3. Output descirption

label	state description	code
S_0	waiting new person	0 0
S_1	new person arrived	0 1
S_2	temperature check passed	1 0
S_3	mask check passed	1 1

In Fig. 5, the state transition graph of the previously described finite automaton is given.

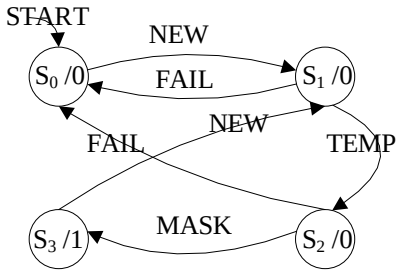


Figure 5. State transition graph of COVID-19 indoor safety system

In Table 4, the state transition/output matrix of the automaton is given. Moreover, RS flip flop transition table is given, as an auxiliary tool for understanding of the obtained results.

Table 4. Transition/output table

input	previous state		next state						output
x_0 x_1	Q_0^n	Q_1^n	Q_0^{n+1}	Q_1^{n+1}	R_0	S_0	R_1	S_1	y
00	0	0	0	1	x	0	0	1	0
01	0	1	1	0	0	1	1	0	0
11	0	1	0	0	x	0	1	0	0
10	1	0	1	1	0	x	0	1	1
11	1	0	0	0	1	0	x	0	0
01	1	1	0	1	1	0	0	x	0

Q^n	Q^{n+1}	R	S
0	0	x	0
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	0	x

When it comes to sequential network synthesis, the block diagram of the target implementation is given in Fig. 6.

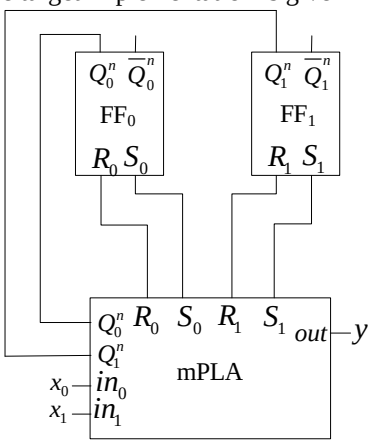


Figure 6. Block diagram of sequential network based on PLA

In what follows, the expressions for R_0, S_0, R_1, S_1 and y in sum of products form is given:

$$R_0 = x_0 x_1 Q_0^n \overline{Q}_1^n + \overline{x}_0 x_1 Q_0^n Q_1^n \quad (3)$$

$$S_0 = \overline{x}_0 x_1 \overline{Q}_0^n Q_1^n \quad (4)$$

$$R_1 = \overline{x}_0 x_1 \overline{Q}_0^n Q_1^n + x_0 x_1 \overline{Q}_0^n Q_1^n \quad (5)$$

$$S_1 = \overline{x}_0 \overline{x}_1 \overline{Q}_0^n \overline{Q}_1^n + x_0 \overline{x}_1 Q_0^n \overline{Q}_1^n \quad (6)$$

$$y = Q_0^{n+1} Q_1^{n+1} \quad (7)$$

In Fig. 7, the structure of the PLA implementing the previously descirbed state machine is given.

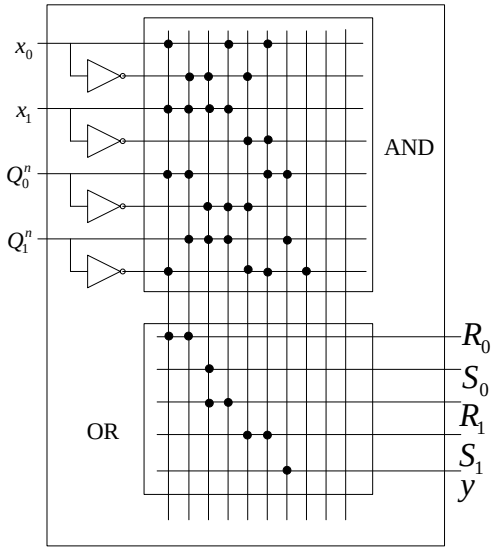


Figure 7. PLA implementing the COVID-19 safety system's control logic

While the previously described exercise is meant to be done on paper during the exam session or as a homework assignment, in what follows, an extension for lab sessions will be described. For example, in that context, the students might be asked to write MATLAB code that will perform verification of the designed system, by checking whether the finite state automaton's graph represented as a transition matrix contains a state which is unreachable [4].

For that purpose, the state tranisition graph form Fig. 3 is represented as the following matrix.

$$\begin{matrix} & Input \\ States & \end{matrix} \begin{bmatrix} 1 & * & * & * \\ * & 2 & * & 0 \\ * & * & 3 & 0 \\ 1 & * & * & * \end{bmatrix} \quad (8)$$

In this matrix, there is a row for each of the states, and column for each of the possible inputs. Each matrix entry *m(i,j)* represents a transition from $state_i$ to $state_k$, when $input_j$ is received in current $state_i$.

Moreover, the MATLAB code performing the check is given in Listing 3. In our current laboratory session environment, each student gets a random assignemnt from the pool of prepared exercises via Moodle and has 1 hour and 30 minutes to submit it.

However, in new editions of Logic Design course (accredited in 2019) which will be held for the first time in academic year 2021/22, it is planned to adopt HDL-oriented design tools, such as Active-HDL. This tool aims FPGA design and real-time simulation, offering mixed-language compatibility (VHDL, Verilog, System C) and rich GUI. Moreover, one of its advantages is the availability of free student version[3], despite that a wide set

[3] https://www.aldec.com/en/products/fpga_simulation/active_hdl_student

of features available. In that context, the previously presented exercise related to finite state automaton modelling can be also implemented using Active-HDL's Finite State Machine Editor, as shown in Fig. 6. Moroever, the created finite state machine can be further used for automated sequential network generation (using PLA or FPGA), by first exporting it to VHDL, which is supported by Active-HDL, as shown in Listing 4.

Listing 3. MATLAB code for automaton verification based on matrix representation

```
function unreachable = verify_automaton(m)
[d,~] = size(m);
unreachable = 0;
i = 2;
while i < d && ~unreachable
    x = m(i,1);
    [v,k] = find(m == x);
    [n,~] = size(v);
    if n == 0
        unreachable = 1;
    end
    i = i+1;
end
end
```

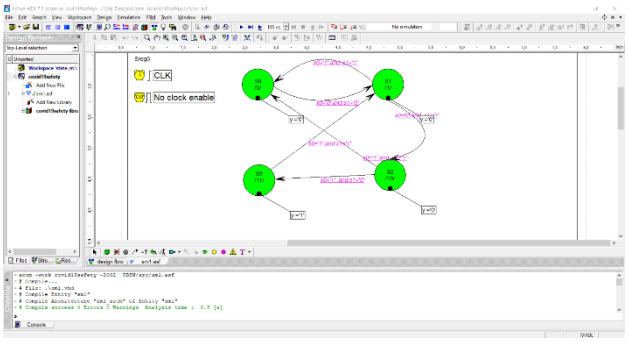


Figure 8. COVID-19 indoor safety system design in Active-HDL's Finite State Machine Editor

4. CONCLUSION AND FUTURE WORK

The proposed approach has shown many benefits. The exercises related to 8086 were not previously included in laboratory sessions of Microcomputer Systems course, as we did not have corresponding development boards. Including the first part of the course in laboratory sessions has increased student involvement about 2 times compared to previous academic year [2]. For both courses, the exam pass rates were increased around 15%, which can be explained by the increased student motivation as an outcome of this approach.

Finally, both courses will be extended for next academic year due to new accreditation requirements (2019). Logic Design course will go towards VHDL design, while Microcomputer Systems will evolve into IoT Systems [6].

ACKNOWLEDGMENT

This work has been supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia.

REFERENCES

[1] Petrovic, N., Nejkovic V., Tosic, M., "Dealing with Scalability of Laboratory Sessions in Computer Science University Courses", TELFOR 2018, pp. 1-4, 2018. https://doi.org/10.1109/TELFOR.2018.8612090

[2] Petrović, N., "Prototyping PIC16-based COVID-19 Indoor Safety Solutions within Microcomputer Systems Course", IEEESTEC – 13th Student Projects Conference, pp. 185-189, 2020.

[3] Astola, J., Stanković, R., *Fundamentals of Switching Theory and Logic Design*, Springer, 2006.

[4] Radmanović, M., Gajić, D., Stanković, R., *Logičko Projektovanje - Rešavanje zadataka pomoću MATLAB-a (Priručnik za laboratorijske vežbe)*, Elektronski fakultet, Niš, 2016.

[5] Vučković, V., Tokić, T., *Programiranje mikrokontrolera*, Elektronski fakulet, Niš, 2016.

[6] Petrović, N., Kocić, Đ., "IoT-based System for COVID-19 Indoor Safety Monitoring", IcETRAN 2020, pp. 603-608, 2020.

Listing 4. VHDL code of COVID-19 indoor safety system generated using state machine design in Active-HDL

```
entity sm1 is
      port (
            CLK: in STD_LOGIC;
            x0: in STD_LOGIC;
            x1: in STD_LOGIC;
            y: out STD_LOGIC);
end sm1;

architecture sm1_arch of sm1 is

-- USER DEFINED ENCODED state machine: Sreg0
attribute enum_encoding: string;
type Sreg0_type is (
    S0, S1, S2, S3
);
attribute enum_encoding of Sreg0_type: type is
      "00 " &           -- S0
      "01 " &           -- S1
      "10 " &           -- S2
      "11" ;            -- S3

signal Sreg0: Sreg0_type;

begin
-----------------------------------------------------------------------
-- Machine: Sreg0
-----------------------------------------------------------------------
Sreg0_machine: process (CLK)
begin
      if CLK'event and CLK = '1' then
            -- Set default values for outputs, signals and variables
            -- ...
            case Sreg0 is
                  when S0 =>
                        if x0='0' and x1='0' then
                              Sreg0 <= S1;
                        end if;
                  when S1 =>
                        if x0='0' and  x1='1' then
                              Sreg0 <= S2;
                        elsif x0='1' and  x1='1' then
                              Sreg0 <= S0;
                        end if;
                  when S2 =>
                        if x0='1'  and x1='0' then
                              Sreg0 <= S3;
                        elsif x0='1' and  x1='1' then
                              Sreg0 <= S0;
                        end if;
                  when S3 =>
                        if x0='1' and x1='1' then
                              Sreg0 <= S1;
                        end if;
--vhdl_cover_off
                  when others =>
                        null;
--vhdl_cover_on
            end case;
      end if;
end process;

-- signal assignment statements for combinatorial outputs
y_assignment:
y <= '0' when (Sreg0 = S0 and (x0='0' and x1='0')) else
     '0' when (Sreg0 = S1 and (x0='0' and  x1='1')) else
     '0' when (Sreg0 = S1 and (x0='1' and  x1='1' and not (x0='0' and  x1='1'))
else
     '0' when (Sreg0 = S2 and (x0='1'  and x1='0')) else
     '0' when (Sreg0 = S2 and (x0='1' and  x1='1' and not (x0='1'  and x1='0')))
else
     '1' when (Sreg0 = S3 and (x0='1' and x1='1')) else
     '1';

end sm1_arch;
```

ZAŠTITA DECE NA INTERNETU
CHILD PROTECTION ON THE INTERNET

Đuro Klipa[1] doc.dr sc. , mr Rade Dragović[2]
[1] Ustavni sud Srbije,
[2] Institut za standarde i tehnologije, Beograd

Sadržaj – Internet pruža deci i mladima neograničene mogućnosti za otkrivanje, povezivanje i kreiranje. Međutim, prilikom korišćenja Interneta već u ranom uzrastu putem mobilnih telefona, tableta, računara, pojavljuju se i određeni rizici. Taj otvoreni prozor u svet koji takođe pripada odraslima i sadrži neodgovarajuće materijale za decu. Postojeći podaci ukazuju da mlađa deca koriste internet za zabavu (igranje igrica, slušanje muzike, gledanje spotova, serija, filmova), dok starija deca najviše koriste društvene mreže. Četiri petine dece između 10-18 godina ima profil na društvenim mrežama. Facebook je najzastupljenija društvena mreža i pruža opcije zaštite privatnosti, ali ih korisnici u Srbiji retko koriste. Kako roditelji mogu da pomognu deci da smanje ove rizike? Nema jednostavnog odgovora - rizici su različiti i zavise od uzrasta deteta i poznavanja rada na računaru.

Ključne reči: zaštita dece na internetu, rizici, bolest zavisnosti, prava dece, bezbednost

Abstract - The Internet provides children and young people with unlimited opportunities to discover, connect and create. However, when using the Internet at an early age via mobile phones, tablets, computers, certain risks also appear. That open window to a world that also belongs to adults and contains inappropriate materials for children. Existing data indicate that younger children use the Internet for entertainment (playing games, listening to music, watching videos, series, movies), while older children use social networks the most. Four-fifths of children between the ages of 10-18 have a profile on social networks. Facebook is the most represented social network and provides privacy protection options, but users in Serbia rarely use them. How can parents help children reduce these risks? There is no simple answer - the risks are different and depend on the age of the child and computer skills.

Key words: protection of children on the Internet, risks, addiction, children's rights, safety

1. UVOD

Roditelji se suočavaju sa istim izazovima bez obzira da li se radi o Internetu ili drugim hobijima deteta. Veoma je važno da roditelji znaju čime se njihova deca bave i da podržavaju decu u njihovim aktivnostima. Deca će možda želeti da sačuvaju privatnost korišćenja Interneta. Možda neće želeti da roditelji imaju uvid u njihovo korišćenje Interneta - posebno ako misle da će im roditelji ograničiti korišćenje Interneta. Važno je zapamtiti da je Internet odličan resurs, sa mnogo uzbudljivih i obrazovnih informacija. Takođe je važno izbegavati neprimerene reakcije ili prevelika ograničenja po pitanju korišćenja Interneta od strane dece. Rizike treba razumeti, tako da deca ostanu bezbedna. Deca uče eksperimentisanjem, metodom pokušaja i greške. Ukoliko ste zainteresovani za korišćenje Interneta i upoznati sa sjajnim stvarima koje nudi, bićete u mnogo boljoj poziciji prilikom razgovora o korišćenju Interneta sa detetom i da utvrdite kako dete koristi Internet kako bi lakše idenitifikovali i objasnili šta je prihvatljivo i bezbedno. Vaše dete može biti veoma sposobno u radu sa tehnologijom, ali životno iskustvo odrasle osobe je nezamenljivo kada dete treba da shvati kako da se ponaša u virtuelnom svetu.

2. RIZICI U SAJBER PROSTORU

Prema podacima istraživanja koje je sproveo Institut za psihologiju, 62% starijih osnovaca i 84% srednjoškolaca je bilo izloženo riziku u sajber (eng. *cyber*) prostoru u 2011. godini. Najrasprostranjeniji **rizici** su prihvatanje zahteva za prijateljstvo od nepoznate osobe (43% osnovaca, 71% srednjoškolaca), ostavljanje ličnih podataka na profilima (29% osnovaca, 39% srednjoškolaca) i odgovaranje na poruke nepoznatim osobama koje žele da uspostave kontakt sa detetom (27% osnovaca, 47% srednjoškolaca).
Primetna je veća spremnost starije dece da se sastanu sa osobom koju su upoznale preko interneta. Polovina dece koja je doživela digitalno uznemiravanje sklona je da takvo ponašanje pripiše nepromišljenosti, zadirkivanju ili šali.
U toku 2014. i prve polovine 2015. godine Net patrola, onlajn mehanizam za prijavu digitalnog nasilja pri Centru za bezbedan internet Srbije, primila je **1690 prijava zloupotreba i štetnih sadržaja po decu** koje su dalje prosleđene Službi za visokotehnološki kriminal pri Ministarstvu unutrašnjih
poslova Republike Srbije i INHOPE, međunarodnom udruženju internet operatera za dalju istragu i postupanje. Većina prijava koju su korisnici poslali Net patroli odnosila se na internet stranice koje nisu registrovane u Srbiji. INHOPE je do sada dostavljao prijave protiv stranica registrovanih u Srbiji. [2]
U izveštaju o radu Centra za bezbedan internet Srbije za 2014-2015 godinu navodi se da je bilo:

- 417 prijava legalnih, ali štetnih sadržaja (maltertiranje u virtuelnom svetu, ekstremno nasilna pornografija)
- 378 prijava o seksulanim zloupotrebama maloletnih lica
- 85 prijava koje sadrže erotske ili druge neprikladne predstave dece
- 19 prijava rasizma i ksenofobije
- 6 prijava gruminga dece (eng. *child grooming*; gruming dece predstavlja niz aktivnosti koje nasilniku omogućavaju seksualnu zloupotrebu dece)

3. SIMPTOMI ZAVISNOSTI OD INTERNETA

Simptomi koji ukazuju da je osoba postala zavisna od Interneta su brojni, ali se uglavnom grade i nadovezuju na sledeće, osnovne simptome: [4]

- Povećanje praga tolerancije podrazumeva da je vremenom potrebno provoditi sve više i više vremena na Internetu kako bi se zadovoljile potrebe za čije je podmirivanje ranije bilo potrebno znatno manje vremena,

- Apstinentska kriza može da nastupi kako nakon nekoliko dana bez Interneta, tako i pri pokušaju da se smanji ili prekine korišćenje Interneta, a manifestuje se psihomotornom agitacijom (nesvesno pomeranje prstiju, šake i slično, odnosno imitiranje kucanja na tastaturi i pokretanja miša), anksioznošću, opsesivnim razmišljanjem o dešavanjima na mreži.
- OffLine zavisnost podrazumeva velike količine vremena koje se troše na razne aktivnosti vezane za Internet, bilo dok je korisnik povezan na mrežu ili ne (npr. odgovaranje na prispelu poštu ili replike na neku raspravu na juznetu), bez obzira ima li to realne koristi ili ne.
- Asocijalno ponašanje koje se odlikuje zapostavljanjem raznih socijalnih, društvenih, rekreacionih i drugih aktivnosti i obaveza u korist Interneta
- Čim se zavisnik suoči sa problemima, ili, eventualno, osećanjem krivice zbog nekog događaja u sopstvenoj okolini, bespomoćnosti ili straha, on pokušava da spas pronađe upravo u Internetu.
- Lažu se porodica i prijatelji u cilju sakrivanja stvarne količine vremena utrošenog na Internetu, i to je u principu obavezno smanjivanje stvarno utrošenog vremena, dok se povećanje vremena provedenog na Internetu u većini slučajeva ne praktikuje.

Lečenje zavisnosti od interneta

U zavisnosti od uzroka zavisnosti od Interneta, predlažu se dve metode lečenja:

- Korisnicima koji jednostavno preteruju sa upotrebom Interneta bez određenog razloga, preporučuje se najjednostavnije: uporna umerenost u korišćenju Interneta i kontrolisanje vremena provedenog na istom, uz već pomenuto postepeno smanjivanje vremena provedenog na mreži, vrlo nalik odvikavanju od pušenja, s tim što se ovde ne ide do kraja.
- Korisnicima sa "dubljim" problemom, odnosno, nekim psihičkim poremećajem (manije, depresivnost i slično), ili beguncima od realnog života iz najrazličitijih psiho-socijalnih razloga, preporučuje se lokalizovanje pravog problema, pomoć porodice i poznanika, i ako je neophodno, stručna pomoć u rešavanju tog problema.

4. AKTERI KOJI SE BAVE BEZBEDNOSTI DECE NA INTERNETU

Akteri koji se bave bezbednošću dece na internetu mogu se klasifikovati prema fokusu njihovog rada na tri grupe: (1) one koji se bave prevencijom digitalnog nasilja kroz edukaciju dece, roditelja i staratelja i nastavnog osoblja, (2) one koji se bave suzbijanjem i kažnjavanjem oblika digitalnog nasilja i (3) one koji pružaju pomoć žrtvama digitalnog nasilja. Od 2013. godine organizuju se jednogodišnje nacionalne konferencije o bezbednosti dece na internetu na kojima se diskutuje o postojećem stanju i daljim koracima u ovoj oblasti.

5. SAVETI RODITELJIMA

Postavite računar u sobu koju koristi čitava porodica. Na ovaj način, razgovaranje o Internetu i praćenje korišćenja postaje deo svakodnevnice. Može biti lakše razgovarati o problemima kada je računar u zajedničkoj prostoriji.

Razgovarajte o Internetu. Pokažite interesovanje za ono što vaše dete radi sa prijateljima, na i van mreže. Razgovarajte o divnim i uzbudljivim stvarima za koje možete koristiti Internet, kao i o problemima do kojih može doći. Razgovarajte sa detetom o postupcima prilikom neprijatnih situacija na mreži. [3]

Naučite više o korišćenju računara. Ako koristite Internet, lakše ćete odrediti šta je dobro za vaše dete i pomoći prilikom traženja korisnog materijala na mreži.

Možete obeležiti omiljene lokacije tako da detetu za ponovnu posetu bude potreban samo jedan klik.

Napravite dogovor sa decom o tome kako i kada koriste Internet. Bilo bi dobro dogovoriti određeno vreme tokom kojeg će dete koristiti Internet, kao i lokacije koje može posećivati.

Bezbedne lozinke. Savet za jednostavno kreiranje bezbednih lozinki na Web lokaciji je da npr. uzmete prva slova reči poznate rečenice. Na primer: „Moja mama Nataša je rođena 1988“, čime dobijate lozinku MmNjr88. Lako se pamti, a teško pogađa. Nikada nemojte kreirati lozinku koju prijatelji lako mogu da pogode (npr. 12345, ime kućnog ljubimca, godina rođenja, inicijali imena i prezimena i sl.).

Bezbedan prostor. Najbezbedniji način na koji deca mogu da istražuju Internet jeste kreiranje bezbednog prostora ili oblasti gde se dozvoljava korišćenje samo lokacija odobrenih od strane pouzdane odrasle osobe. Postavke pregledača možete koristiti da biste detetu dozvolili pristup bezbednim lokacijama koje ste identifikovali. U tom slučaju, ako dete želi da poseti novu lokaciju, prvo morate da dodate adresu lokacije na listu odobrenih lokacija. Kreiranje bezbednih prostora je jednostavno kada koristite operativni sistem Windows.

U operativnom sistemu morate kreirati lični korisnički nalog za dete. Time ćete definisati prava pristupa i postavke Internet pregledača za dete.

Programi za filtriranje. Programi za filtriranje obezbeđuju ograničavanje pristupa Internet lokacijama zasnovano na sadržaju. To znači da program sprečava pristup lokacijama koje sadrže materijale definisane kao štetne (pornografija, nasilje itd.).

Ograničavanje dolaznih kontakata. Pomoću filtera ili tehnologija blokiranja možete ograničiti broj osoba sa kojima dete kontaktira preko Interneta. Pogledajte stranice o korišćenju e-pošte i programima za neposrednu razmenu poruka za više detalja.

Istorija stranice. Funkcija „Istorija stranice“ Internet pregledača omogućava pregled lokacija koje su ostali korisnici nedavno posetili (međutim, istoriju stranica je lako izbrisati).[1]

5.1 Kućna pravila za korišćenje interneta

Zajednička pravila su dobar početak za razgovor o bezbednom korišćenju Interneta.Vreme provedeno za računarom bi trebalo da se ograniči iz **zdravstvenih razloga.** Na primer, postavite računar u dnevnu sobu. Odrasla osoba bi

trebalo da bude prisutna sa decom predškolskog uzrasta prilikom korišćenja Interneta. Pristup Internetu za decu predškolskog uzrasta bi trebalo da bude ograničen na unapred određene lokacije. Naprednija deca mogu pronaći poznate lokacije pomoću menija „Omiljene lokacije“ u Internet pregledaču. Najbezbednije rešenje jeste kreiranje ličnog radnog okruženja za dete, u kojem je pristup Internetu ograničen samo na određene lokacije.

5.2 Diskusije na mreži

Diskusije na mreži predstavljaju popularan način da deca komuniciraju (e-pošta, ćaskanje, IRC i dr.). U sobama za ćaskanje uvek postoji neko sa kim mogu da razgovaraju. Ćaskanje na mreži može biti zabavno i bezbedno ako znate da brinete o svojoj bezbednosti. Pre nego što deca počnu da ćaskaju na mreži, trebalo bi da budu svesna mogućih rizika i da znaju kako mogu da komuniciraju sa drugima kako bi mogla da zaštite svoj identitet.

Da bi učestvovali u diskusijama na mreži, korisnici često moraju da kreiraju lični profil ili identitet. To je opis korisnika, na primer identifikator ili nadimak koji se koristi u diskusiji. Profili su obično zaštićeni lozinkama kako bi se sprečila upotreba identiteta drugih osoba. **Lozinke uvek treba da budu tajne.**

Ćaskanje na mreži obezbeđuje način da deca razgovaraju sa drugom decom i da steknu nove prijatelje, što podrazumeva deljenje nekih informacija o sebi. Lične podatke, koji omogućavaju da se dete identifikuje ili informacije o kontaktu (puno ime, poštanska adresa i broj telefona) ne bi trebalo otkrivati na mreži. Da biste zaštitili svoju privatnost na mreži, potrebno je da znate i kako se informacije koje navedete mogu koristiti. Osoba se može identifikovati i povezivanjem različitih vrsta podataka koje obezbedite, na primer, ime škole, sportski klub, oblast u kojoj živite i drugo).

Budite oprezni kada otkrivate detalje o kontaktu ili druge lične podatke. Sve fotografije koje pošaljete ili lični podaci koje otkrijete nepoznatoj osobi mogu postati dostupne svima na Internetu. Dnevnici na mreži mogu se učiniti dostupnim za javnost u čitljivom obliku dugi niz godina. Kada se tekst ili fotografija objave na Internetu, gubite kontrolu nad njima. Mogu se lako kopirati na mnoge različite lokacije, a možda nikada neće moći da se uklone.

Zapamtite

• Razgovarajte sa decom o opasnosti koju nosi obezbeđivanje ličnih podataka.
• Preporučuje se da se lični podaci zadrže u mnogim različitim situacijama.
• Nemojte nikome davati svoju lozinku, čak ni dobrim prijateljima. Takođe je potrebno da redovno menjate lozinku.
• Internet je javno mesto. Pre nego što objavite informacije ili fotografije o sebi (i drugima), trebalo bi da zapamtite da svako može da pristupi tim informacijama. Da biste saznali koje informacije o vama su dostupne na Internetu, koristite pretraživač (na primer, pretraživač na Web lokaciji www.msn.com i svoje ime kao termin za pretragu.
• Deca moraju razgovarati sa svojim roditeljima o svim negativnim iskustvima na mreži.

6. E-POŠTA

E-pošta je rasprostranjen način za slanje poruka putem Interneta, ali je važno koristiti je pažljivo.
Prijemni poštanski sandučići e-pošte mogu se napuniti neželjenom ili bezvrednom poštom, često u obliku poruka sa reklamama koje nisu uvek adresirane na vas. Pored rizika od virusa u ovakvim e-porukama, neželjena pošta takođe može sadržati materijal ili veze sa sadržajem neodgovarajućim za mlade.
Anonimno uznemiravanje putem e-pošte, nasilje ili proganjanje takođe je moguće na Internetu.

Šta možete da uradite:

- **Nabavite filter za bezvrednu poštu**

Preporučujemo da za dete kreirate e-adresu dobavljača Internet usluge koji nudi automatizovanu zaštitu od virusa i filtriranje bezvredne pošte. Na taj način se sprečava većina bezvredne pošte.

- **Dozvolite samo pošiljaoce koje poznajete**

Verovatno najbezbedniji, iako ograničen, način korišćenja e-pošte jeste da podesite postavke tako da vaše dete ima pristup samo porukama sa određenih adresa. Većina programa za e-poštu dozvoljava blokiranje poruka poslatih sa određenih e-adresa.

- **Razmotrite korišćenje anonimne e-adrese**

E-adrese su obično ime.prezime@domen.rs. Puno ime je lični podatak i ne bi trebalo da ga javno saopštite. Ukoliko dete želi da razmeni e-adresu sa kontaktima na mreži, najbolje je koristiti e-adresu koja ne otkriva puno ime, npr. nadimak01@domen.rs. Preporučuje se da e-adrese sadrže numeričku vrednost zato što je njih teže „pogoditi“, čime se dobija manje bezvredne pošte. Ne savetuje se da se dva puta koristi isti nadimak u sobama za ćaskanje.

7. PRAVA DECE NA INTERNETU

Odrasli moraju zaštiti prava dece na Internetu. Zakoni se primenjuju i na Internet, a administratori Web lokacije su odgovorni za sadržaj lokacija.

7.1. Nasilje na mreži

Internet pruža nove mogućnosti za uznemiravanje. Moguće je postaviti glasine, fotografije ili druge lične podatke na Internet, kao i poslati zlonamerne poruke - anonimno ili pod tuđim imenom. SMS poruke i mobilni telefoni sa fotoaparatom otvaraju nove mogućnosti za zabavu, ali i za zloupotrebu. Nasilje u školi je obično ograničeno na vreme provedeno u školi, ali putem Interneta žrtve su dostupne u bilo koje vreme. Takođe postoji veći broj potencijalnih žrtava na mreži. Ukoliko vaše dete provodi vreme ćaskajući na mreži, o ovim opasnostima treba razgovarati na samom početku. Takođe treba navesti postupke u slučaju da dete bude izloženo uznemiravanju. [5]

❖ Ukoliko vaše dete primi zlonamernu e-poruku ili SMS:

- Recite detetu da ne treba da otvara poruke od nepoznatih osoba.
- Ne treba odgovarati na zlonamerne poruke. Međutim, trebalo bi sačuvati poruku kao dokaz u slučaju da druga osoba bude uključena u rešavanje problema.
- Ukoliko otkrijete da pošiljalac pohađa istu školu kao vaše dete, obratite se školskom osoblju.
- Ukoliko se uznemiravanje nastavi, bilo bi dobro promeniti e-adresu ili broj telefona deteta.
- Zlonamerne poruke možete sačuvati kao dokaz.

- Takođe možete podesiti postavke programa za e- poštu tako da preusmerava poruke od određenog pošiljaocau posebnu fasciklu. Na ovaj način ih vaše dete neće pročitati.
- Ukoliko znate e-adresu pošiljaoca, možete poslati kopiju zlonamerne poruke dobavljaču Internet usluge i tražiti da izbriše tu e-adresu.
- Ukoliko ne znate adresu pošiljaoca, potražite pomoć od dobavljača Internet usluge.

❖ Ukoliko na Internetu pronađete fotografije svog deteta ili zlonamerne tekstove o njemu:

- Sačuvajte stranice sa tim materijalom kao dokaz.
- Ukoliko lokacija ili adresa identifikuje dobavljača usluga, trebalo bi da se obratite tom dobavljaču. Dobavljač usluga može da izbriše tekst i možda da otkrije autora.
- Takođe bi trebalo da od svog dobavljača tražite da se obrati administratoru date lokacije i da zahteva da se materijal izbriše.
- Ukoliko je uznemiravanje veoma ozbiljno i podleže krivičnom zakonu, obratite se policiji.

To je važno iz sledećih razloga:

- Nasilje na mreži se često dešava kada odrasli nisu prisutni.
- Deca obično smatraju da će se stvari pogoršati ako kažu roditeljima.
- Anonimnost i smanjeni rizik od identifikovanja obično podstiču ljude da urade nešto što inače ne bi uradili (naprimer, da kažu nešto što ne bi inače rekli drugoj osobi u lice).
- Nasilje na mreži je tehnički lako izvesti. Slanje zlonamerne poruke ili prikazivanje zlonamernog teksta velikom broju korisnika zahteva samo nekoliko klikova mišem.

Savet

Čak i ako vaše dete nije iskusilo uznemiravanje na Internetu, savetujemo da razgovarate sa njim:

- Nemojte distribuirati svoje informacije o kontaktu ili privatne stvari, npr. fotografije, bez razmatranja posledica. Prijateljstvo na mreži se može okončati, a kada se to desi, lični podaci mogu biti poslati neodgovarajućim osobama.
- Svako ima pravo da se prema njemu odnose sa poštovanjem na Internetu.
- Bilo kada možete zatvoriti ćaskanje i e-poštu ili isključiti računar.
- Deca bi trebalo da razgovaraju o lošim iskustvima sa roditeljima.

Upozorenje

Internet podleže istim propisima i zakonima koji važe u stvarnom životu. Narušavanje ugleda ili uvrede na mreži nisu dozvoljene. Mogu se smatrati kao kleveta, što može dovesti do kažnjavanja ili zahteva za odštetu. Može biti teško opozvati nešto za šta je trebalo samo nekoliko klikova mišem, a deca možda ne razumeju da situacija može postati ozbiljna. Anonimnim korisnicima se često može ući u trag. Međutim, policija neće preduzeti nikakve radnje dok nema sumnje da je počinjen prekršaj.

7.2. Lični podaci i fotografije deteta na Internetu

Od korisnika se na velikom broju Web lokacija traži da se registruju ili na drugi način dostave svoje lične podatke da bi osvojili nagrade, npr. pristup usluzi, učestvovanje u nagradnom izvlačenju, besplatne proizvode ili priliku da učestvuju u diskusionoj grupi. Preduzeća mogu sakupiti informacije o kontaktu dece i mladih u marketinške svrhe, ali moraju na zakonit način dobiti odobrenje pre bilo kakvih marketinških aktivnosti.

Međutim, administratori Web lokacija ne održavaju uvek poverljivost ličnih podataka, iako su ti podaci zaštićeni Zakonom o zaštiti podataka. Naučite decu da budu pažljivi prilikom dostavljanja ličnih podataka.

Saveti

Dogovorite pristup sa detetom

Često je korisno dogovoriti se sa detetom oko principa za dostavljanje ličnih podataka na Internetu. Ukoliko detetu dozvolite da dostavlja takve podatke, morate se uveriti u pouzdanost lokacija na koje se podaci dostavljaju.

Proverite smernice za privatnost

Savetujemo vam da proverite da li usluga ima odgovarajuće smernice za privatnost koje objašnjavaju na koji način se informacije koriste, period i svrhu korišćenja.

Dostavite samo obavezne informacije

Obično je dovoljno navesti samo obavezne informacije. Kada se registrujete za novu uslugu, dobavljač usluge obično pita da li želite da dozvolite direktni marketing. Možete izabrati opciju „Ne“, ali ako slučajno date odobrenje, možete ga otkazati tao što ćete se obratiti dobavljaču usluge. Preporučuje se da podesite porodičnu e-adresu koju ćete vi i vaše dete koristiti za dostavljanje ličnih podataka na mreži.

Nemojte čuvati lične podatke u pregledaču

Čuvanje ličnih podataka ili lozinki u Internet pregledaču ili drugim programima povezanim sa Internetom se ne savetuje.

Postavljanje ličnih podataka i fotografija dece

Postavljanje fotografija napravljenih mobilnih telefonom ili digitalnim fotoaparatom na Internet je jednostavno i brzo. Ukoliko postavite fotografiju na Internet, veoma je teško sprečiti njenu distribuciju, menjanje i upotrebu u različitim kontekstima. Kopije fotografije mogu lako završiti na nekoliko lokacija i veoma ih je teško u potpunosti izbrisati. Dobro razmislite pre postavljanja ličnih podataka povezanih sa fotografijom.

Postavljanje tuđe fotografije ili ličnih podataka, na primer na Web lokaciju škole, predstavlja otkrivanje ličnih podataka, što uvek zahteva odobrenje dotične osobe. Svako ko dostavi svoje lične podatke ima pravo da proveri informacije o sebi i da ih ispravi, ukoliko je potrebno. Deci takođe treba skrenuti pažnju da ne treba da objavljuju lične podatke na svojim Web lokacijama ili dnevnicima na mreži (blogovima).

Dodatne informacije:

Korišćenje ličnih podataka podleže: – Zakonu o zaštiti podataka – Propisima o privatnosti i elektronskoj komunikaciji – Kancelariji poverioca za informacije.

Zapamtite: Lične podatke dostavite samo ako znate ko ih je zatražio i u koju svrhu će se koristiti.

7.3 Bezbedno korišćenje u odnosu na uzrast

Ispod 7 godina

Prve posete Internetu postavljaju osnovu za buduće korišćenje i stvaranje dobrih navika kod dece. Deca predškolskog uzrasta vole da ponavljaju radnje i to je idealan način za razvijanje bezbednih korisničkih navika kod male dece.

Deca ispod 7 godina imaju ograničene mogućnosti razumevanja informacija na Internetu i ograničene sposobnosti razlikovanja reklama od pravog sadržaja. U ovom dobu, roditelji moraju pomoći deci da pronađu

odgovarajući materijal. Deca često ne vide razliku između korišćenja Interneta i igranja igara ili crtanja na računaru.
Porodice bi trebalo da odrede prva kućna pravila o korišćenju računara u ovoj fazi.
• Vreme provedeno za računarom bi trebalo da se ograniči iz zdravstvenih razloga.
• Na primer, postavite računar u dnevnu sobu. Odrasla osoba bi trebalo da bude prisutna sa decom predškolskog uzrasta prilikom korišćenja Interneta.
• Pristup Internetu za decu predškolskog uzrasta bi trebalo da bude ograničen na unapred određene lokacije. Naprednija deca mogu pronaći poznate lokacije pomoću menija „Omiljene lokacije“ u Internet pregledaču.
• Najbezbednije rešenje jeste kreiranje ličnog radnog okruženja za dete, u kojem je pristup Internetu ograničen samo na određene lokacije.

Deca uzrasta od 7 do 9 godina

Pored računara kod svoje kuće, deca ovog uzrasta će se susresti sa Internetom u školi i kod prijatelja. Roditelji i deca bi trebalo da razgovaraju o odgovarajućem korišćenju Interneta i da se slože oko pravila koja se moraju poštovati. Deca ovog uzrasta mogu već imati relativno dobro razumevanje onoga što vide. Međutim, nisu spremna za sve materijale koje Internet nudi, posebno za materijale (slike, tekst ili zvukove) koji ih plaše ili su na neki drugi način neodgovarajući. Razgovor o ovoj temi i objašnjavanje različitih stvari sa kojima se deca mogu susresti na Internetu će pomoći deci da ostanu odgovorniji i da nezavisno rade na bezbedan način na mreži. U ovom uzrastu, ograničenja, zaštita i nadzor korišćenja Interneta su još uvek od presudne važnosti. Preporučuje se da roditelji i deca zajedno odrede pravila za korišćenje Interneta, ali i da ih promene kada deca porastu.
• Kod kuće, korišćenje Interneta bi trebalo još uvek da bude dozvoljeno samo u prisustvu roditelja. Na taj način će roditelji uvek moći da pomognu detetu u slučaju problema.
• Ukoliko se računar nalazi u prostoriji koju koristi čitava porodica, korišćenje Interneta postaje deo svakodnevnice.
• Dete možda još uvek neće moći samostalno da utvrdi pouzdanost Web lokacije, ali će moći da zatraži dozvolu od roditelja pre slanja ličnih podataka.
• Dete ovog uzrasta još uvek ne bi trebalo da koristi sobe za ćaskanje i druge javne diskusije na mreži. E-adresa koju koriste deca ovog uzrasta bi zato trebalo da bude zajednička porodična e-adresa.
• Kreiranje korisničkog naloga za dete sa ograničenim pravima pomaže detetu da nauči da samostalno koristi računar.
• Programi za filtriranje se takođe mogu koristiti za sprečavanje pristupa neodgovarajućim lokacijama, ali je veoma važno da i roditelji aktivno učestvuju u detetovom korišćenju Interneta.

Deca uzrasta od 10 do 12 godina

Deca ovog uzrasta su već naučila da koriste Internet u razne svrhe. Roditelji mogu pružiti podršku detetu tako što će pronaći lokacije koje pomažu detetu prilikom domaćeg zadatka, hobija ili interesovanja. Porodica može koristiti Internet za planiranje porodičnih aktivnosti. Na taj način roditelji dobijaju priliku da razgovaraju sa decom o tome koje lokacije su pouzdane i gde se mogu pronaći kvalitetne informacije.
Detetu su i dalje potrebni nadzor i kontrola roditelja, kao i pravila za korišćenje. Međutim, dete u ovom uzrastu može naći način da zaobiđe pravila i nadzor ukoliko ih smatra suviše ograničavajućim ili neodgovarajućim.
• Roditelji i deca se moraju dogovoriti o tome šta je deci dozvoljeno da rade i koriste na Internetu, a šta nije. Na primer: odgovornost pošiljaoca poruke, preuzimanje datoteka i autorska prava, kao i instaliranje programa.
• Dogovorite se koji lični podaci se mogu dostavljati i kada, i razgovarajte o rizicima otkrivanja ovih informacija.
• Ukoliko je dete već zainteresovano za ćaskanje ili IRC, roditelji bi trebalo da razgovaraju o bezbednosti sa detetom i da nadgledaju aktivnosti deteta u diskusijama na mreži.
• Deca su uglavnom radoznala i ljubopitljiva, što je upravo razlog zbog kojeg bi roditelji trebalo posebno da naglase bezbedno i pažljivo korišćenje.
• Bezbednost informacija takođe treba ažurirati.

Deca uzrasta od 13 do 15 godina

U ovom uzrastu Internet postaje deo društvenog života deteta: na mreži se sreću sa prijateljima i pronalaze informacije potrebne za rešavanje domaćeg zadatka ili vezane za njihova interesovanja. Na višem nivou računarske pismenosti, ovo otvara mnoštvo mogućnosti za korišćenje Interneta. Roditeljima može biti veoma teško da saznaju šta deca rade na mreži. Deca u ovom uzrastu često rizikuju i isprobavaju svoje granice - tehnička ograničenja i zabrane nisu efikasan način za poboljšavanje njihove bezbednosti na mreži.
Deca uzrasta od 13 do 15 godina će možda želeti da njihove aktivnosti ostanu privatne, posebno ukoliko se roditelji do tada nisu interesovali i saznali nešto o načinima na koje dete koristi Internet. Za celu porodicu je važno da se otvoreno razgovara i da roditelje interesuje šta dete radi i sa kim koristi Internet.
• Zajednička Kućna pravila su još uvek potrebna.
•Tinejdžer još uvek može imati ograničenu sposobnost procene i savet roditelja može biti potreban po pitanju objavljivanja fotografija i teksta o detetu na mreži.
• Etička pitanja i lična odgovornost korisnika Interneta su važne teme za razgovor. Na primer, nezakonito preuzimanje, bonton na mreži i autorska prava. Deca takođe moraju biti odgovorna za sadržaj koji objavljuju na mreži, uključujući svoje lične podatke ili informacije koje mogu biti nezakonite.
• Roditelji bi trebalo da budu zainteresovani za „kontakte na mreži“ deteta, kao i za ostale prijatelje. Preporučuje se da roditelji budu uključeni kada dete poželi da upozna nove osobe na mreži.
• Roditelji bi trebalo da izbegavaju neprimerene reakcije, čak i ako otkriju da se nešto „strašno“ desilo detetu na mreži. Roditelji mogu da upute decu na odgovarajući sadržaj. Na primer, na mreži postoje odlične usluge na temu seksualnosti i zdravlja namenjene mladima. Mladi treba da znaju da mogu da razgovaraju sa roditeljima ako dožive neprijatnost na mreži.

8. SMERNICE ZA USPOSTAVLJANJE BEZBEDNIJEG I POUZDANOG MREŽNOG OKRUŽENJA

Za mnoge roditelje pitanje kako da obezbede bezbednost dece na mreži u periodu pandemije je hitnije nego ikad ranije. Slede ITU smernice za roditelje, staratelje, staratelje i vaspitače za zaštitu dece na mreži:

- Podesite roditeljsku kontrolu: Svi vodeći pregledači (Google, Safari, Firefox, Bing, Duck Duck Go) uključuju režim roditeljske kontrole; obavezno ga uključite, a takođe proverite pojedinačna podešavanja privatnosti u aplikacijama i igricama. Neki dobavljači Internet usluga i mobilni operateri pružaju dodatne alate za roditeljsku kontrolu, koji blokiraju ili ograničavaju pristup određenim vrstama sadržaja, kao i ograničavaju količinu vremena provedenog na uređajima. Na primer, Platinum Sector Verizon izdao je nove smernice o roditeljskoj kontroli nakon povećanja igara na mreži od 75% i dvocifrenog povećanja video striminga, do kojih su došli „novi normalni“ nivoi onlajn aktivnosti povezani sa Zaključavanje COVID-19 u SAD.
- Razgovarajte sa decom o bezbednosti na mreži i budite svesni mrežnih i mobilnih usluga koje koriste. Pomozite im da shvate važnost upravljanja ličnim podacima na ispravan način. NSPCC, dobrotvorna organizacija za decu u Velikoj Britaniji, preporučuje roditeljima i starateljima da mole decu da im pokažu šta rade na mreži, kako bi bolje razumeli njihove navike i potencijalne opasnosti sa kojima se suočavaju.
- Pomozite svojoj deci da budu tehnički spremna: Common Sense Media pruža savete za aplikacije, igre i druge platforme prilagođene uzrastu. Pomozite deci da postave strogu postavku privatnosti pomoću Vodiča za e-bezbednost i proverite da li znaju kako da prijave neprikladan sadržaj.
- Budite u toku sa mrežnim i mobilnim uslugama koje koriste vaša deca: Provodite vreme sa decom na mreži. Bolji Internet za decu preporučuje roditeljima da redovno proveravaju upotrebu tehnologija svoje dece - saznajte šta rade na mreži, koje nove alate i aplikacije možda koriste. Preporučuje se zajedničko biranje alata i sadržaja na mreži i razgovor o tome zašto određeni alati i aplikacije možda nisu prikladni.
- Znajte kako da prijavite probleme i potražite pomoć: Kada igraju igre na mreži ili koriste aplikacije, deca mogu biti izložena ozbiljnim rizicima kao što su cyber maltretiranja. NSPCC preporučuje roditeljima da deci pokažu funkcije blokiranja i izveštavanja u svakoj igri i aplikaciji, kako bi mogli da spreče nasilnike ili nepoznate ljude da ih kontaktiraju.
- Stvoriti kulturu podrške tako da se deca i mladi osećaju prijatno tražeći pomoć: Otvoreni dijalog i diskusija su presudni. Način na koji odrasli reaguju ima presudan uticaj na spremnost dece da obelodane ako su uznemirena, zabrinuta ili zabrinuta zbog nečega što su videli ili što im se dogodilo na mreži. Istraživanje je pokazalo da mnogi mladi ljudi nerado razgovaraju sa odraslom osobom o negativnom iskustvu na mreži zbog straha od posledica. Ostvarite preduslove da vas deca upozore na bilo koji znak nevolje.
- Upravljanje dečijim vremenom upotrebe ekrana: Važno je postaviti granice i ograničenja za mrežne aktivnosti tamo gde je to moguće. Stvorite bezbedne navike na mreži i pronađite ravnotežu između vremena na mreži i drugih aktivnosti.

ZAKLJUČAK

Jedan od glavnih izazova u digitalnom okruženju jeste način na koji treba obezbediti pravo deteta na adekvatan i bezbedan pristup digitalnim uređajima i internetu, informacijama, kao i kvalitetnim sadržajima prilagođenim deci. Isto tako, trebalo bi preduzeti konkretne mere kako bi se deca zaštitila od prevremenog izlaganja digitalnom okruženju.
Stoga, odgovornost odraslih – roditelja, vaspitača, nastavnika, „proizvođača” internet sadržaja za decu, kreatora internet politika, donosioca odluka – jeste da obezbedi deci adekvatnu zaštitu i podršku da nesmetano uživaju svoja prava u digitalnom svetu. Jedan od glavnih zadataka na tom putu jeste pružanje mogućnosti deci da u okviru formalnog obrazovanja, ali i u neformalnom kontekstu, stiču digitalne veštine koje će im pomoći da bezbedno i konstruktivno koriste digitalne uređaje i internet, ali i više od toga: da svet u kome žive oblikuju na bezbedan, kritički i kreativan način.
Posebno treba obratiti pažnju na bolest zavisnoti od interneta koja se malo proučava, analizira i sanira, iako se svrstava po simptomima u rang bolesti zavisnosti od narkotika, alkohola i kocke.

LITERATURA

[1] D.Kuzmanović, V.Zlatarović, N.Anđelković, J.Žunić-Cicvarić (2019). *„Deca u digitalnom dobu„* Užički centar za prava deteta
[2] J.Šapić (2016) *„Bezbednost dece na internetu u Srbiji„*Centar za istraživanje javnih politika
[3] M.Popović (2016.) *„Internet i mladi„* master rad, Univerzitet u Nišu,pravni fakultet
[4] P.Robotić (2015) „Zamke vituelnog svijeta„ Studijski centar socijalnog rada-pravni fakultet Sveučilišta u Zagrebu
[5] L.Tot (2013) „Zaštita dece od neželjenih internet sadržaja„ Univerzitet Singidunum, Beograd

Web izvori:

www.osce.org/serbia/170361
www.internetworldstats.com/stats4.htm
www.unicef.org/serbia/reports/deca-u-digitalnom-svetu
www.ljudskaprava.gov.rs/sh/node/19966
https://www.itu.int

KONCIPIRANJE STRATEGIJE SAJBER BEZBEDNOSTI – MEĐUNARODNE SMERNICE

CONCEPT OF CYBER SECURITY STRATEGY - INTERNATIONAL GUIDELINES

Milan Miljković[1], Katarina Miljković[2]
[1]Univerzitet odbrane Ministarstva odbrane
[2]Vojska Srbije

Sadržaj –. Evropska komisija je već uvela u praksu da aktivnosti u oblasti izgradnje zakonodavnog i drugog okvira sajber bezbednosti zemalja kandidata za članstvo u tu organizaciju, kao deo poglavlja 24, budu deo izveštaja o napretku zemalja kandidata za članstvo u EU. S tim u vezi, iskustvo i smernice međunarodnih organizacija koje se bave pitanjima informacione i sajber bezbednosti predstavljaju korisne smernice za unapredjenju strategijskog okvira Republike Srbije u ovoj oblasti.

Abstract *- The European Commission has decided that activities in the field of building the legislative and other cyber security framework of the candidate countries for membership in that organization, as part of Chapter 24, will be part of the progress report on the candidate countries for EU membership. In this regard, the experience and guidelines of international organizations dealing with information and cyber security issues are useful guidelines for improving the strategic framework of the Republic of Serbia in this area.*

1. UVOD

Evropska unija je pred države članice i kandidate postavila sledeće minimalne zahteve za izgradnju kapaciteta za sajber bezbednost: postojanje nacionalnog autoriteta za mrežnu i informacionu bezbednost (*NIS*); uspostavljanje Tima za reagovanje na incindente u sajber prostoru (*CERT)*, usvajanje nacionalne strategije i plana saradnje u oblasti mrežne i informacione - sajber bezbednosti i međunarodna saradnja u reagovanju na bezbednosne incidente u sajber prostoru [1].

2. MEĐUNARODNE SMERNICE ZA SAJBER STRATEGIJE

Jasno definisana strategija u bilo kojoj oblasti omogućava državnim organima da pretoče političku viziju u koherentne politike koje je moguće sprovesti. Zbog toga je neophodno da strategija sajber bezbednosti jasno definiše osnovne pojmove koje uređuje, počev od vizije, misije i ciljeva kao osnovnih pokazatelja pravca u kojem država planira da razvija ovu oblast, kako za nacionalne aktere tako i za međunarodne partnere. [2].

Pri razvoju strategije neophodno je imati jasnu percepciju polaznog stanja kojim se ona bavi i koje dalje razvija i unapređuje. Zato je procena i analiza rizika neophodan preduslov za strategiju koja se bavi ključnim pitanjima, pruža konkretna rešenja za uočene slabosti i predviđa realne, sprovodljive aktivnosti u cilju unapređenja trenutnog stanja.

Dalji životni ciklus strategije podrazumeva sveobuhvatan, inkluzivni pristup kojim se uključuju svi relevantni akteri, počev od onih koji o njoj odlučuju do onih koji prate njeno sprovođenje i posebno onih na koje se ona odnosi. Suštinsko uključenje svih relevantnih aktera u ranoj fazi razvoja dokumenta obezbeđuje veću saglasnost i podršku i samim tim stvara uslove za izbor realnih, sprovodljivih aktivnosti kroz zajednički napor. Ovakav pristup podrazumeva i uključivanje privatnog sektora, čime sama strategija postaje proizvod konstruktivne javno-privatne saradnje, što omogućava efikasniju komunikaciju i optimizaciju planiranih budućih aktivnosti, odnosno blagovremenu razmenu informacija i deljenje resursa. Ovo poslednje može biti od izuzetne koristi pre svega tehnološki manje razvijenim administracijama.

Po isteku jednog ciklusa sprovođenja strategije, kao poslednji neophodan korak potrebna je i analiza i evaluacija samog procesa sprovođenja i konačnih rezultata. Ovaj korak omogućava kreiranje naredne strategije kao još usmerenijeg dokumenta, na osnovu uočenih uspeha, ali i manjkavosti i/ili grešaka iz prethodnog ciklusa.

U tom smislu, vodiči i smernice za razvoj nacionalnih strategija sajber bezbednosti služe kao podrška ovom procesu, posebno u elementima i aktivnostima oko kojih već postoji standardizovana zajednička saglasnost međunarodnih tela i organizacija da su nezaobilazan činilac kvalitetne strategije sajber bezbednosti.

ITU Vodič za nacionalne strategije sajber bezbednosti , na primer, u ankesu sadrži nacrt polaznog uređenja nacionalne strategije za sajber bezbednost, kao i listu tehničkih rešenja koja se mogu primeniti za ostvarivanje najčešćih bezbednosnih ciljeva, što može biti korisno pri kreiranju kako nacionalne strategije, tako i pratećeg akcionog plana. [3].

3. PROCENA RIZIKA

Evropska Strategija sajber bezbednosti naglašava važnost uspostavljanja procene rizika na osnovu činjenica i razvoj kulture upravljanja rizikom u bezbednosnim sajber zajednicama EU. U skladu sa tim, Praktični vodič za

razvoj i sprovođenje nacionalnih strategija sajber bezbednosti koji je razvila ENISA naglašava potrebu sprovođenja sveobuhvatne procene rizika kako bi se odredili ciljevi i obim strategije. Procena rizika sastoji se od tri koraka: identifikacija, analiza i procena rizika.

Procena i analiza rizika pruža uvid u polazno stanje kojim se strategija bavi i koje dalje razvija, pa je tako neophodan preduslov za predviđanje realnih, sprovodljivih aktivnosti. Ovaj korak omogućava usaglašavanje ciljeva strategije sa nacionalnim bezbednosnim ciljevima, ali i obezbeđuje da fokus strategije bude na najvažnijim izazovima kada je u pitanju sajber bezbednost. Bez adekvatne procene rizika u početnoj fazi ostaje nejasno koje rizike je neophodno prevazići, a koji se mogu tolerisati na putu ka ispunjenju ciljeva strategije. Rizik tada postaje veći s obzirom na to da, na primer, postoji mogućnost da se neke kritične mreže/sistemi ostave nedovoljno zaštićenim. Sa druge strane, otvara se i mogućnost da se resursi neefikasno koriste ukoliko se uspostavlja mehanizam zaštite
koji je viši od potrebnog kada su u pitanju rizici koji se mogu tolerisati.

Slično tome, NATO Priručnik za okvir nacionalnih strategija sajber bezbednosti navodi praksu rane identifikacije kritičnih usluga za društvo, tj. kritične informacione infrastrukture u procesu procene rizika. Ovakva praksa pomaže pri formulaciji brzog odgovora na eventualne incidente koji ugrožavaju bezbednost informaciono-komunikacionih sistema od posebnog značaja.

Majkrosoft takođe navodi neophodnost identifikacije postojećih rizika i incidenata u procesu razvoja dokumenta, a zatim i uspostavljanje standardizovanog načina na koji će se na takve i slične incidente uvek odgovarati kao stalni okvir. Kao osnovni korak za uspostavljanje ovakvog mehanizma, strategija mora jasno da definiše šta se smatra
sajber incidentom na nacionalnom nivou koji zahteva uključivanje države i aktiviranje planova zaštite i procedura za odgovor na incidente [4].

4. FORMULACIJA CILJEVA

Nacionalne strategije obično definišu određene grupe standardnih ciljeva, kao što to na primer čini Evropska Strategija sajber bezbednosti: postizanje sajber otpornosti (razvoj sposobnosti i efikasna saradnja sa privatnim sektorom i širom javnošću), zaštita kritične informacione infrastrukture, smanjenje sajber kriminala, razvoj industrijskih i tehnoloških resura za sajber bezbednosti i doprinos stvaranju međunarodne politike o sajber prostoru, uz očuvanje slobodnog i otvorenog sajber prostora.

Jasno definisani ciljevi u okviru strategije pružaju smernice donosiocima odluka i drugim relevantnim akterima o političkim prioritetima u oblasti sajber bezbednosti, kao i o potencijalnoj raspodeli sredstava [4]. Istovremeno, jasno definisani ciljevi upućuju na aktivnosti, pa tako omogućavaju i jasnu podelu uloga i odgovornosti među relevantnim akterima, stvarajući uslove za razvoj mehanizama za potencijalnu optimizaciju kroz podelu aktivnosti i resursa. Konačno, jasno definisani ciljevi pomažu i razvoj poverenja na međunarodnoj sceni, ukazujući na strateški pravac u kojem se određena zemlja razvija u datoj oblasti, čineći je tako predvidljivim akterom.

Radi lakšeg praćenja i analize napretka u sprovođenju nacionalnih strategija sajber bezbednosti i ostvarenja definisanih ciljeva ENISA predlaže i definisanje ključnih indikatora učinka (key performance indicators, KIPs) [6]. Indikatori zapravo predstavljaju listu aktivnosti i rezultata koje treba ispuniti na osnovu konkretnih ciljeva definisanih strategijom. U tom smislu, razvijanje ključnih indikatora učinka može da posluži i kao direktna priprema za kreiranje akcionog plana za implementaciju strategije, ali i za proces evaluacije nakon što predviđeni rok za impelementaciju strategije istekne, kao i za periodične izveštaje na ovu temu.

5. JASNA PODELA NADLEŽNOSTI

Kako bi se obezbedila efikasna implementacija strategije, ENISA Praktični vodič za razvoj i sprovođenje nacionalnih strategija sajber bezbednosti ističe potrebu definisanja jasne strukture upravljanja, nedvosmislenim definisanjem uloga i odgovornosti ključnih aktera [7]. Na ovaj način obezbeđuje se koordinacija različitih aktivnosti predviđenih strategijom i istovremeno se obezbeđuje i nadzor nad sprovođenjem istih. Telo nadležno za koordinaciju strategije je tako u mogućnosti da sagleda sve prednosti i slabosti strategije u procesu revizije i evaluacije, rezimira rezultate i naučene lekcije i predloži efikasnije mere za sledeći ciklus razvoja nacionalne strategije.

Kao preduslov za ovaj korak, potrebno je imati i jasnu sliku o svim relevantnim akterima kao i njihovim nadležnostima definisanim drugim postojećim zakonima i propisima, njihovim aktivnostima ali i kapacitetima. Na ovaj način, strategija uzima u obzir postojeće normativne i tehničke okvire i kompatibilna je sa njima, pa je samim tim i njena implementacija olakšana.

Vodič za nacionalne strategije sajber bezbednosti Međunarodne unije za telekomunikacije (*International Telecommunications Union*, ITU) konkretno predlaže strukturu upravljanja sajber bezbednošću gde bi glavni nosilac odgovornosti bila sama vlada države, dok bi uloga nacionalnog koordinatora za sajber bezbednost bila pri određenom, nadležnom ministarstvu ili posebnom telu uspostavljenom u ovu svrhu [8]. Nadležno ministarstvo bilo bi zaduženo za usmeravanje i koordinaciju politika koje se odnose na sajber bezbednost, odgovor na incidente, zagovaranje razvoja kulture sajber bezbednosti u vidu kampanja ili posebnih programa obrazovanja i razvoj kapaciteta i osnovnih standarda. Kao formalni okvir za praćenje, upozoravanje i odgovor na incidente ITU navodi stvaranje CIRTova, što je usvajanjem NIS

Direktive sada i obavezujuće za države članice EU i nešto što zemlje kandidati za članstvo takođe moraju da imaju u vidu.

6. SVEOBUHVATNI INKLUZIVNI PRISTUP

Sveobuhvatan, inkluzivni pristup koji uključuje sve relevantne aktere u ranoj fazi razvoja strategije obezbeđuje i veću saglasnost i podršku aktera na koje se ona odnosi i samim tim stvara uslove za izbor realnih, sprovodljivih aktivnosti. Ovakav pristup podrazumeva i uključivanje privatnog i civilnog sektora, pa tako sama strategija postaje proizvodkonstruktivne javno-privatne saradnje, što omogućava efikasniju komunikaciju i optimizaciju planiranih budućih aktivnosti, odnosno blagovremenu razmenu informacija i deljenje resursa, što može biti od izuzetne koristi posebno tehnološki manje razvijenim administracijama.

U cilju uspostavljanja sveobuhvatnog mehanizma za sajber bezbednost, ITU Vodič za nacionalne strategije sajber bezbednosti ističe neophodnost uspostavljanja javnoprivatnog partnerstva na svim nivoima.

Osnovna načela na kojima bi se ovakvo javnoprivatno partnerstvo zasnivalo su: razmena informacija o razvoju politika među svim povezanim akterima; razmena znanja i iskustava kroz zajedničke programe obuke kako bi se nadomestili nedostaci u obrazovanoj radnoj snazi u ovoj oblasti; razmena informacija u stvarnom vremenu o sajber pretnjama i slabostima, što podržava i rad CERTova usveobuhvatnom praćenju nacionalnog sajber prostora. ITU definiše tri preduslova za uspešno javno-privatno partnerstvo:

- razumevanje obostrane koristi partnerstva imajući u vidu stručne informacije, znanje i podršku koje privatni sektor može da ponudi državi, dok država igra ključnu ulogu u stvaranju normativnog okvira povoljnog za dalje funkcionisanje i razvoj privatnog sektora;
- jasnu podelu uloga i odgovornosti gde država poseduje ključnu odgovornost i resurse za koordinaciju aktivnosti u sajber prostoru, dok privatni sektor poseduje stručnost i resurse za unapređenje procesa i mehanizama za podizanje nivoa sajber bezbednosti;
- razvoj poverenja.

7. STANDARDIZACIJA

U cilju harmonizacije različitih pristupa sajber bezbednosti kako u javnom tako i u privatnom sektoru, omogućavanja efikasne razmene informacija ali i optimizacije u smislu prioritizacije investicija u oblasti sajber bezbednosti, strategija treba da propiše i definisanje sektorskih minimalnih (osnovnih) bezbednosnih standarda. ENISA preporučuje da se ovi standardi definišu kroz proces javno-privatnog partnerstva uzimajući u obzir dobre bezbednosne prakse i postojeće standarde i mehanizme, ali i praksu koja je daleko razvijenija od strane industrije. Nakon što su standardi uspostavljeni, potrebno je definisati i odgovorno lice i/ili telo za proveru primene istih. Primena definisanih standarda može da bude podstaknuta razvojem modela za samo-procenu (*security maturity self-assessment tools*) [9].

Takođe, neophodno je jasno propisati kriterijume za definiciju incidenata u smislu vrste i značaja kako bi se obezbedila veća bezbednost i efikasnija razmena informacija ali i reagovanje na same incidente kada se dogode. U tom smislu, Direktiva EU o napadima na informacione sisteme [10] koja propisuje osnovna pravila kada je u pitanju definicija krivičnih dela i sankcija u oblasti napada na informacione sisteme može biti od koristi kao jedna od smernica za bliže definisanje incidenata u okviru Uredbe o postupku dostavljanja podataka, listi, vrstama i značaju incidenata i postupku obaveštavanja nadležnog organa o incidentima u IKT sistemima od posebnog značaja koju na osnovu člana 11 Zakona o informacionoj bezbednosti izrađuje Ministarstvo trgovine, turizma i telekomunikacija.

8. KOMUNIKACIJA

Evropska agencija ENISA navodi više ključnih aktera koji učestvuju u razmeni informacija. Na prvom mestu to su CERTovi, koji imaju uvid u različite nivoe podataka kao što su podaci o slabim tačkama, o potencijalnim štetnim softverima (*malware infections and developments*) i sajber incidentima. Ovi podaci mogu da posluže i kao elementi za razvoj gore pomenutih ključnih indikatora učinka na osnovu kojih se prati efikasnost rešenja predviđenih u strategijisajber bezbednosti i sprovedenih rešenja, odnosno preduzetih mera. Drugi ključni akter za razmenu informacija su nacionalna regulatorna tela koja uglavnom imaju ulogu čvorišta za informacije (*hub for information*) o nacionalnim sajber incidentima [11]. Ovakav pristup je definisan i NIS Direktivom, prvenstveno za sektore od posebnog značaja.

Komunikacija između CERTova omogućava veću operativnu sajber bezbednost u tehničkom smislu, ali i razvoj poverenja među akterima, što je od posebnog značaja kada se radi o saradnji državnih i privatnih CERTova. Redovna razmena informacija sa jedne strane omogućava optimizaciju kroz razmenu kapaciteta koji su poznati svim stranama koje u ovom procesu učestvuju, dok istovremeno blagovremena razmena informacija omogućava efikasno reagovanje u slučaju incidenta. Efikasna razmena informacija doprinosi i povećanju svesti o potrebi za sajber bezbednošću među svim relevantnim akterima. U praksi se uočava trend da je glavni izazov stimulisatisrednji menadžment u institucijama i organizacijama da usaglasi svoje aktivnosti sa propisanim principima i standardima u cilju sprovođenja usvojenih strategija i akcionih planova. Kao jedan od mehanizama za prevazilaženje ove prepreke navodi se stvaranje međusektorske koordinacione grupe srednjeg menadžmenta za efikasnije usklađivanje različitih zahteva državnih organa i bolje razumevanje donosioca odluka kada su u pitanju tehnički zahtevi, koji

dolaze od stručne zajednice i korisnika, prevođenjem istih u politički jezik [12].

9. OPTIMIZACIJA: RAZMENA KAPACITETA

Kompanija Majkrosoft, koja aktivno učestvuje u uspostavljanju mehanizama za sajber bezbednost i definiciji minimalnih bezbednosnih standarda, kako za nacionalne strategije sajber bezbednosti [13] tako i za sajber strategije gradova i lokalnih samouprava ističe potrebu uspostavljanja modela za upozoravanje na pretnje i slabosti u vezi sa najznačajnijim sajber pretnjama na nacionalnom nivou i kreiranja okvira postupanja na osnovu ovih informacija. S obzirom da efikasnost ovakvog mehanizma zavisi od razmene informacija i blagovremenog reagovanja na iste, Majkrosoft naglašava neophodnost javno-privatne saradnje u cilju optimizacije i bržeg reagovanja [14].

U slučaju sajber incidenta na nacionalnom nivou, privatni sektor može da igra važnu ulogu u reagovanju i prevazilaženju posledica istog. U procesu digitalizacije državne administracije, na primer, privatni sektor može značajno da doprinese svojim znanjem, iskustvom i razvijenim standardima u izgradnji mehanizama za odbranu od sajber incidenata.

Zbog toga je neophodno da se predvidi ali i omogući saradnja javnog i privatnog sektora ukoliko do incidenta dođe. Osim normativnog okvira koji bi ovo predvideo, predlog industrije je i sprovođenje zajedničkih vežbi reagovanja na incidente u kojima bi obe strane učestvovale kako bi se uspostavile jasne procedure reagovanja, lanac komandovanja i odgovornosti obe strane.

10. OBRAZOVANJE

EU Strategija sajber bezbednosti predviđa nacionalne programe za obrazovanje i obuke u oblasti bezbednosti mreža i informacija (*network and information security*) i to: obuke o bezbednosti mreža i informacija u školama, obuke o bezbednosti mreža i informacija i razvoju bezbednosih softvera, kao i zaštiti ličnih podataka za studente informacionih tehnologija i kompjuterskih nauka i osnovne obuke za zaposlene u državnoj administraciji [15].

ENISA preporuke za nacionalne strategije sajber bezbednosti uključuju i razvoj nacionalnih programa za obuke o informacionoj bezbednosti, kao i samostalnih smerova na univerzitetima koji se ne bi bavili samo tehničkim aspektom sajber bezbednosti, već bi nudili sveobuhvatniji pristup ovoj oblasti. U cilju razvoja programa obrazovanja ENISA predlaže stvaranje kataloga koji bi mapirao tržište rada u oblasti informacione bezbednosti i formulisao programe u skladu sa primećenim nedostacima raspoloživog stručnog kadra [16].

Razvoj tehničkih i političkih kapaciteta institucija i organizacija je takođe jedan od prioriteta gotovo svih međunarodnih foruma, kao i same Evropske unije. Zbog složenosti same oblasti i činjenice da se niko sam ne može odbraniti od sajber napada, izgradnja kapaciteta zahteva multidisciplinarni pristup i saradnju javnog, privatnog i civilnog sektora. Ovo se može izvesti kroz ulaganje u posebne programe za izgradnju kapaciteta u Srbiji, kao i kroz sistemsko korišćenje postojećih globalnih programa međunarodnih tela i organizacija kao što su Savet Evrope, ENISA i ITU, foruma poput Foruma o upravljanju internetom (*Internet Governance Forum*) ili Globalnog forum o stručnosti u oblasti sajbera (*Global Forum on Cyber Expertise*), kompanija kao što je Majkrosoft, stručnih zajednica poput FIRST zajednice CERTova i nezavisnih i obrazovnih institucija poput Diplo fondacije, Ženevskog centra za bezbednosnu politiku (*Geneva Centre for Security Policy*, GCSP) i DCAFa.

11. EVALUACIJA

Evaluacije je neophodni poslednji korak u životnom ciklusu strategije, koji mora da bude jasno predviđen u samom dokumentu kako bi bio obavezujući. Evaluacija pruža uvid u efikasnost i uspešnost sprovođenja strategije i pratećeg akcionog plana, ali i u to koliko su predviđene mere bile realne ili ne. Proces evaluacije omogućava definisanje budućih ciljeva i omogućava izmenu strategije po potrebi i okolnostima, u skladu sa uočenim uspesima, manjkavostima i/ili greškama iz prethodnog ciklusa.

ENISA savetuje da evaluacija bude eksterna, nakon sprovedene samo-procene (*selfevaluation*) i da uključi i povezane relevantne aktere. Svaku pojedinačnu aktivnost treba proceniti i na osnovu razvijenih, konkretnih i merljivih ključnih indikatora učinka.

U okviru pristupa zasnovanog na činjenicama – koji ENISA podržava – evaluacija i strateško programiranje je jedno od osnovnih načela na kojima se strategija sajber bezbednosti zasniva, uključujući sve relevantne institucije. Ovaj pristup je u Evropskoj uniji već primenjen na koncept evropske Digitalne agende, kao i na nedavno usvojenu NIS Direktivu, kao polazni element za strategiju sajber bezbednosti koji povezuje ovu oblast sa širim ciljevima promovisanja inkluzivnog i bezbednog digitalnog društva koji omogućava ekonomski rast.

Od država članica se očekuje da prate napredak u oblasti sajber bezbednosti na nacionalnom nivou i podnose izveštaje na godišnjem nivou. Na osnovu ovih izveštaja, Evropska komisija ocenjuje usaglašenost država članica sa oblastima delovanja i ciljevima postavljenim u okviru planova definisanih u Digitalnoj agendi [17].

Istu praksu primenjuje i industrija pa se tako Majkrosoft, na primer, vodi načelom da dinamična priroda sajber

bezbednosti uslovljava upravljanje rizikom zasnovanim na redovnom ažuriranju strateških odgovora na pretnje i izazove, a da nacionalna strategija treba da svrsta proces revizije u ključne principe [18].

7. ZAKLJUČAK

Koncipiranje strategijskog odgovora na pitanje sajber bezbednosti ima tri dimenzije:

- političku (strategijsku)
- pravnu i
- tehnološku

Politički aspekt obuhvata donošenje odgovarajućih politika, strategija i zakona o sajber odbrani, in ormacionoj bezbednosti, kritičnoj infrastrukturi i ostalih pravnih regulativa neophodnih da za pravno regulisanje odvraćanja, sprečavanja i odgovor u slučaju sajber napada na kritične ifrastrukture.

U okviru same države, nije neobično da se između raznih resora i organa traži odgovornost za nacionalnu sajber bezbednost u različitim oblicima, uključujući vojne, zakonodavne, sudske, trgovinske, infrastrukturne, unutrašnje, obavještajne telekomunikacijske, i ostale državne organe. Ovo je shvatljivo ako se uzme u obzir širina i dubina onoga što čini nacionalnu strategiju sajber bezbednosti, ali vodi ka značajnoj poteškoći kada treba proizvesti koherentnu akciju.

Zato je glavni izazov za sve strategije poboljšanje koordinacije između ovih državnih činilaca. Ovaj "svedržavni" napor se može postići sa nekoliko metoda, na primjer, tako što će se odrediti vodeći organ ili resor za poboljšanje međuresorskog procesa. Zbog ezoterične prirode sajber bezbednosti, verovatno će biti potrebno uložiti veći napor za ovu "svedržavnu" sinergiju nego za bilo koji drugi bezbednosni izazov.

LITERATURA

[1] Cybersecurity Strategy of the European Union: A Open, Safe and Secure Cyberspace, Brussels, 7.2.2013 JOIN(2013) 1 final http://eeas.europa.eu/policies/eu-cyber-security/cybsec_comm_en.pdf.

[2] Irina Rizmal, Vladimir Radunović, Đorđe Krivokapić ,VODIČ KROZ INFORMACIONU BEZBEDNOST U REPUBLICI SRBIJI, Centar za evroatlantske studije – CEAS i
Misija OEBS-a u Srbiji, 5 oktobar 2016, str 37-44, https://www.osce.org/sr/serbia/272206?download=true

[3] ITU National Cybersecurity Strategy Guide. September 2011. International Telecommunications Union.

[4] Flynn Goodwin, C. and Nicholas, J. P. 2013. Developing a National Strategy for Cybersecurity: Foundations for security, growth and innovation. Microsoft Corporation.

[5] A. Klimburg (Ed.). National Cyber Security Framework Manual. 2012. NATO Cooperative Cyber Defence Centre of Excellence.

[6] An evaluation Framework for National Cyber Security Strategies. November 2014. European Union Agency for Network and Information Society

[7] National Cyber Security Strategies: Practical Guide on Development and Execution. December 2012.

[8] ITU National Cybersecurity Strategy Guide. September 2011. International Telecommunications Union

[9] National Cyber Security Strategies: Practical Guide on Development and Execution. December 2012. European Network and Information Security Agency.

[10] Directive 2013/40/EU of the European Parliament and of the Council of 12 August 2013 on attacks against information systems and replacing Council Framework Decision 2005/222/JHA. 14.8.2013. Official Journal of the European Union. L 2018.

[11] An evaluation Framework for National Cyber Security Strategies. November 2014. European Union Agency for Network and Information Society.

[12] A. Klimburg (Ed.). National Cyber Security Framework Manual. 2012. NATO Cooperative Cyber Defence Centre of Excellence

[13] Flynn Goodwin, C. and Nicholas, J. P. 2013. Developing a National Strategy for Cybersecurity: Foundations for security, growth and innovation. Microsoft Corporation.

[14] Flynn Goodwin, C. and Nicholas, J. P. 2014. Developing a City Strategy for Cybersecurity. A seven-step guide for local governments. Microsoft Corporation.

[15] Joint Communication to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of Regions. Cybersecurity Strategy of the European Union: An Open, Safe and Secure Cyberspace. 7.2.2013. JOIN(2013) 1 final.

[16] National Cyber Security Strategies: Practical Guide on Development and Execution. December 2012. European Network and Information Security Agency.

[17] An evaluation Framework for National Cyber Security Strategies. November 2014. European Union Agency for Network and Information Society.

[18] Flynn Goodwin, C. and Nicholas, J. P. 2013. Developing a National Strategy for Cybersecurity: Foundations forsecurity, growth and innovation. Microsoft Corporation.

Aplikacija za preporuku unosa obroka korišćenjem sistema baziranih na pravilima

Application for recommending meal intake using the rule-based system

Siniša Nikolić, Marko Stanić, Aleksandar Kaplar

Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

Sažetak *– U radu je opisan razvoj sistema koji omogućava korisnicima računanje idealnog dnevnog unosa kalorija na osnovu njihovih fizičkih karakteristika kao i praćenje dnevnika ishrane sa preporukama obroka. Prikazana je analiza sličnih rešenja, specifikacija i implementacija sistema baziranog na pravilima*

Abstract *– This paper describes the development of a system that allows users to calculate the ideal daily calorie intake based on their physical characteristics as well as keeping a food diary and meal recommendations. There is also an analysis of similar solutions, specification, and implementation of a rule-based system.*

1. UVOD

Ishrana predstavlja svakodnevnu aktivnost čoveka pri kojoj ljudsko biće putem konzumacije hrane unosi sve potrebne elemente kako bi njegovo telo pravilno funkcionisalo. Iako se sa napretkom tehnologije i nauke otvaraju nove mogućnosti za ishranu čoveka, ishrana savremenog čoveka je u većini slučajeva loša. Može se čak reći da zbog loših navika vezanih za ishranu, ona je trenutno najnezdravija u istoriji čovečanstva. Prema podacima Svetske zdravstvene organizacije gojaznost je danas skoro tri puta veća nego 1975. godine. U 2016. godini 1,9 milijardi odraslih su imali prekomernu težinu. Od njih je skoro 650 miliona bilo gojazno [1].

Motivacija za razvijanje sistema za preporuku unosa obroka je povećanje broja bolesti uzrokovanih nezdravom ishranom, kao i činjenica da nedostaju novija tehnička rešenja koja će ljudima obezbediti bolju edukaciju i promenu loših navika vezanih za ishranu. Razvojem pomenute aplikacije cilj je da se pokuša pomoći korisnicima koji imaju želju da se hrane zdravije i kvalitetnije, da promene svoje navike u ishrani. Takođe, aplikacija bi korisnicima trebala podići svest o važnosti pravilne ishrane tako što bi korisnicima predlagala ishranu prilagođenu njihovim potrebama na osnovu njihovog dnevnika ishrane.

2. STANJE U OBLASTI

Sistemi bazirani na znanju mogu biti ključno rešenje za automatizaciju nekih procesa u odlučivanju. Ovi sistemi simuliraju ljudsko rezonovanje u određenom domenu. Jedan tip sistema baziranih na znanju su sistemi bazirani na pravilima. Sistemi bazirani na pravilima, takođe poznati kao i produkcioni sistemi ili ekspertski sistemi, predstavljaju najjednostavniju formu veštačke inteligencije [2]. Dizajnirani su za rešavanje problema pomoću znanja eksperta, najčešće reprezentovanog preko *if-then* pravila, tako što je znanje izdvojeno iz programskog koda, za razliku od konvencionalnih rešenja gde je znanje integrisano u programskom kodu [3]. Usled promena u domenu koji se rešava kada dolazi do izmene postojećeg ili nastanka novog saznanja, neophodno je ažurirati postojeća pravila i nije potrebno menjati ceo programski kod.

Sistemi bazirani na pravilima koriste se kada je domen problema uzak, jasan i dobro definisan, kada znanje možemo predstaviti činjenicama i pravilima nad njima i ako je izlaz iz sistema moguće obrazložiti [4]. Za razliku od mašinskog učenja i drugih algoritama veštačke inteligencije, akcije su određene pravilima koje je napisao čovek (ekspert) [5,6].

Aplikacije u kojima se za predstavu ekspertskog znanja koriste formalno definisana pravila su brojni i obuhvataju razne domene primene.

Rad [7] pokazuje kako se eksperatiza iz oblasti enologije može predstaviti u formi *Drools* pravila, čime je omogućena trajnost i potencijalna distribucija znanja.

Autori rada [8] opisuju sistem koji se bavi izračunavanjem osiguravajućih polisa, gde se znanje predstavlja u formi pravila.

Kreiranje sistema koji koristi formalno napisana pravila za rešavanje problema preporuka turističkih poseta gradova na osnovu preferencija korisnika sistema prikazano je u [9].

Razvoj sistema iz domena nutricionizma koji takođe koristi pravila za rezonovanje može se videti u naučnom radu za preporuku ishrane [10].

3. METODOLOGIJA

Pre definisanja specifikacije predloženog sistema neohodno je bilo izvršiti analizu već postojećih rešenja (aplikacije, procedure, pravila,...) iz domena problema koji se rešava, naravno ukoliko takva rešenja uopšte postoje i ukoliko su ona dostupna. Tokom analize postojećih rešenja identifikovane su njihove ključne funkcionalnosti i koncepti, kao i njihovi nedostaci koji mogu biti prevaziđeni, a sve sa ciljem da se poveća šansa za uspeh sistema koji se razvija. U slučaju sistema koji je

opisan u ovom radu, analizirani su bili naučni radovi iz oblasti nutricionizma, *web* i mobilne aplikacije koje za cilj imaju promenu navika vezanu za ljudsku ishranu.

Praćenje ishrane i računanje kalorija donosi određene pogodnosti, bez obzira da li je cilj povećanje ili smanjivanje telesne težine. Pomenute aktivnosti doprinose donošenju odluke da se pređe na zdraviju ishranu i samim tim se poveća energija organizma i dostigne željena težina. Prethodno će uticati na poboljšanje fizičkog izgleda, što dovodi do povećanja zadovoljstva i odlučnosti da se nastavi tim putem. Istraživanje pokazuje da ljudi koji prate unos kalorija gube više na težini i imaju veću šansu da ostanu dosledni [11,12]. Osobe koje žele da prate svoju ishranu često u tu svrhu koriste određene aplikacije za regulaciju svoje težine.

Pored svih dobrih strana, smatra se da ovakav tip aplikacija ponekad može doneti negativno iskustvo svojim korisnicima. U naučnom radu koji se bavi ulogom aplikacija za zdravu ishranu i fitnes na formiranje neadekvatne ishrane, pokazano je da otprilike jedna trećina ispitanika prijavila da su prestali sa korišćenjem aplikacije navodeći da im je bila previše zahtevna i nedostajalo im je motivacije za dugoročno korišćenje [13]. Ispitanici su objasnili kako je pritisak da se ostvari željeni cilj doveo do negativnog iskustva i ponašanja, kao što je preskakanje obroka. Zaključak na osnovu prethodnog bi bio da aplikacija ovog tipa treba da bude bude što jednostavnija, da ne oduzima previše vremena i da ne nameće postavljanje nerealnih ciljeva, čije neispunjavanje će dovesti do pomenutih problema.

U ostatku sekcije biće ukratko opisane najpopularnije aplikacije iz domena problema koji se rešava. Kriterijum za odabir aplikacija je bila njihova popularnost i broj preuzimanja na *AppStore* i *GooglePlay* prodavnicama.

MyFitnessPal je trenutno jedna od najpopularnijih aplikacija za računanje kalorija. Prati težinu i računa preporučeni dnevni unos kalorija. Sadrži i dnevnik ishrane i vežbanja. Na početnoj stranici se može videti preporučeni dnevni unos kalorija, broj unetih kalorija kroz hranu, broj potrošenih kalorija kroz trening i koliko je još preostalo da se unese kalorija do kraja dana. Dnevnik ishrane sadrži unete obroke podeljene u četiri grupe: doručak, ručak, večera i užina.

Cronometer nudi sličan skup funkcionalnosti kao i prethodna aplikacija sa nešto drugačijim korisničkim interfejsom. Potrebni podaci za registraciju su pol, datum rodjenja, visina i težina. Korisnik može birati da li želi da održi, poveća ili smanji telesnu težinu. Na početnoj stranici aplikacije prikazan je dnevnik ishrane koji sadrži listu dodatih obroka sa osnovnim informacijama. Korisnik može sam kreirati recepte i dodavati namirnice. Omogućen je i prikaz izveštaja sa grafikonima.

U nastavku će se sagledati pozitivne karakteristike i neki nedostaci jedne u odnosu na drugu aplikaciju

Kod Cronometer aplikacije postoji grafički prikaz unetih i potrošenih kalorija koji je u formi kružnog dijagrama, te su podaci čitljiviji. MyFitnessPal na početnom ekranu sadrži samo brojeve, a da bi se došlo do dijagrama nephodno je proći više koraka kroz navigaciju (otežено korišćenje).

Obe aplikacije poseduju prikaz unetih obroka koji sadrži podatke kao što su naziv obroka, količina kalorija i broj porcija. MyFitnessPal odvaja unete obroke u grupe: doručak, ručak, večera i užina. Takođe MyFitnessPal pruža dodatne informacije, na primer ukoliko obrok sadrži visok nivo šećera, pri čemu se u interfejsu prikazuje maksimalan dnevni unos šećera.

Što se tiče preporuke obroka svojim korsnicima, Cronometer ima mogućnost preporuke ali samo u plaćenoj Gold verziji, dok je kod MyFitnessPal ona dostupna u određenom obliku i u osnovnoj verzuji applikacije.

Obe aplikacije imaju prikaz dijagrama na kom se može pratiti telesna težina kroz vreme. Prednost MyFitnessPal aplikacije u odnosu na Cronometer su obaveštenja/alarmi ukoliko korisnik zaboravi da unese obrok.

Pri definisanju Drools pravila i odabiru formula konsultovani su eksperti iz oblasiti i literatura.

4. SPECIFIKACIJA

Aplikacija koja se predlaže u ovom radu je namenjena korisnicima za računanje kalorija i praćenje dnevnika ishrane. Jedna od glavnih funkcionalnosti je i preporuka obroka na dnevnom nivou koji zadovoljavaju potreban broj kalorija. Ova funkcionalnost je dodata kako bi se poboljšalo korisničko iskustvo u korišćenju aplikacije.

Kako bi se izbegla situacija u kojoj administrator aplikacije mora ručno da unosi obroke u sistem upotrebljen je spoonacular API[a]. Ovaj API omogućava pretragu preko pet hiljada obroka sa potpunim nutritivnim informacijama. Pokriva veliki broj slučajeva korišćenja kao što su analiza namirnica, generisanje planova ishrane, vizuelizacija nutritivnih vrednosti i satojaka za obrok. API je iskorišćen samo kao baza obroka.

U predloženoj aplikaciji moguće je parametrizovati pretragu obroka kao i generisanja dnevnog plana ishrane, tako što se navodi tip ishrane. Neki od podržanih tipova ishrane su vegeterijanska u kojoj se ne koristi meso ili veganska u kojoj se pored mesa ne koriste ni jaja, mlečni proizvodi i med. Informacije o tipu ishrane se koriste pri pozivanju spoonacular.com API-a.

Model aplikacije čini 6 klasa (User, UserDay, UserMealPlan, MealRecipe, Meals, Notification) i 3 enumeracije (Activity, Gender, MealEnum).

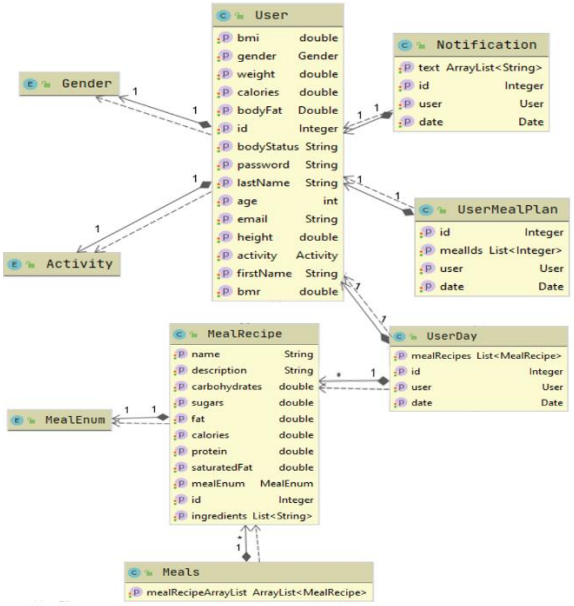
Veze između klasa se mogu videti na slici 1. Klasa UserDay sadži sve obroke koje je korisnik uneo za određeni dan. Obrok je predstavljen klasom MealRecipe koja sadrži osnovne nutritivne informacije. Klasa Notification sadrži listu poruka koja se prikazuju korisniku za određeni dan.

Za komunikaciju sa spoonacular API servisom je korišćeno 7 klasa (slika 2): Meal, MealPlan, Nutrients, NutritionInfo, NutritionItem, SearchMealResult i SearchMealResultListItem.

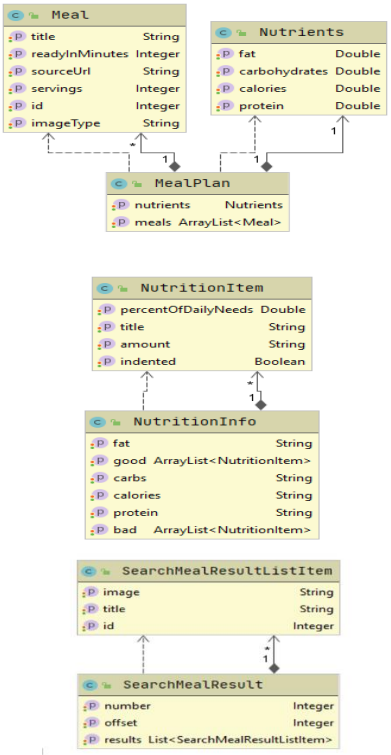
U aplikaciji postoje tri tipa korisnika: administrator, napredni korisnik i običan korisnik.

[a] https://spoonacular.com/food-api

Uloga administratora je dodavanje pravila u sistem. Adminstrator predstavlja eksperta koji uz pomoć *Drools*[b] piše pravila koja će biti korišćena. U ovom sistemu ekspert ima ključnu ulogu jer upravo od tih definisanih pravila zavise sve informacije koje će dobijati ostali korisnici.



Slika 1. Dijagram klasa



Slika 2. Dijagram klasa komunikacije sa spoonacular API

Klasa Nutrients sadrži informacije o broju kalorija, masti, proteina i ugljenih hidrata, dok je klasa NutritionInfo proširena i listom dobrih (vitamini, vlakna, gvožđe, kalcijum, magnezijum...) i loših stavki (zasićene masti, šećeri, holesterol...). Klase SearchMealResult i SearchMealResultListItem se koriste za pretragu, koja podržava unos različitih parametara, za pronalazak nekih od stotine hiljada različitih recepata za obroke.

Napredni korisnik se razlikuje od običnog po informacijama koje je obezbedio prilikom registracije. Procenat masti nije toliko poznata informacija korisnicima kao visina i težina, i nju obično unose osobe koje imaju opsežnije poznavanje domena problema. Napredniji korisnici koristiće različite formule za izračunavanje unosa kalorija od običnog korisnika. Takođe, predviđeno je da se naprednijim korisnicima omogući izmena tipa ishrane. Osim pomenute funkcionlnosti, napredni korisnik može koristiti sve funkcionalnosti kao i običan korinik.

Sledi opis funkcionalnosti koje su omogućene običnom korisniku.

1. Pregled liste svih unetih obroka evidentiranih u toku dana. Korisnik ima pristup samo svojoj listi dodatih obroka, ne i listi drugih korisnika.

2. Pretraga obroka, tačnije recepata sa njihovim nazivima, koje mogu pregledati kao stavke u listi rezultata. Za svaku stavku u listi će biti prikazna slika i naziv uz dodatne informacije o obroku. Takođe obezbeđen je link ka *web* stranici na kojoj se korisnici mogu dodatno informisati o obroku, npr. pročitati upustvo za spremanje obroka.

3. Generisanje dnevnog plana ishrane na osnovu preporučenog dnevnog broja kalorija. Izračunavanje broja kalorija izvršava se uz pomoć korisnikovih informacija. Na osnovu izračunatog broja kalorija biće predložena tri obroka koji zadovoljavaju korisnikove potrebe. Korisnik ima pravo da prihvati i sačuva predloženi plan, da zatraži ponovno generisanje ili da odustane.

4. Dodavanje obroka iz liste pretraženih obroka ili iz svog dnevnog plana. Nakon dodavanja taj obrok će se pojaviti u listi svih dnevnih obroka tog korisnika.

5. Korisnik u svakom trenutku može poništiti izbor određenog obroka tako što će ga obrisati iz svoje liste. Ovim se korisniku obezbeđuje veća sigurnost prilikom dodavanja obroka znajući da može povući svoju odluku.

6. Pregled obaveštenja koja se kreiraju prilikom dodavanja ili brisanja nekog obroka. Generisanje obaveštenja direktno zavisi od sistema baziranog na pravilima odnosno eksperta koji je napisao pravila. Obaveštenja predstavljaju poruke koje su rezultat primene pravila za obroke koje je administrator dodao.

7. Za korišćenje sistema, korisnik treba da unese i redovno ažurira svoje osnove podatke kao što su visnina, težina, broj godina i aktivnost, jer ti podaci utiču na računanje idealnog unosa kalorija.

5. IMPLEMENTACIJA

Arhitektura sistema je prikazana na slici 3. gde se mogu videti sledeće komponente: klijentske *React* i *ReactNative* aplikacije, *Spring* serverska aplikacija, *Drools* za sistem baziran na pravilima, spoonacular.com API za preuzimanje informacija i *MySQL* baza za čuvanje podataka.

[b] https://www.drools.org/

Za kreiranje *Drools* aplikacije je korišćen *Maven*, alat za automatsku izgradnju *Java* projekata. Ovim se značajno smanjuje vreme potrebno za konfiguraciju projekta i može se koristiti za druge projekte kao *dependency*.

Drools aplikacija obezbeđuje izvršavanje funkcionalnosti koji su vezane za izračunavanje preporučenog idealnog dnevnog unosa kalorija na osnovu podataka korsika (broj godina, pol, visina, težina, procenat masti i aktivnost). Kompletno povezivanje formula tj. ulančavanja unapred informacija prikazano je na slici 4 i slici 5. Slike predstavlju dijagrame koji prikazuje tok podataka od ulaza do krajnjeg rezultata sa pravilima koja se primenjuju za oba podržana tipa korisnika aplikacije.

Definisanje formula i povezivanja izvršavanja koraka implementirano je uz pomoć *Drools* pravila.

Prvi korak sistema je primena formule za računanje indeksa telesne mase (*body mass index - BMI*) za korisnika, za šta su potrebni samo visina i težina korisnika (formula 1).

$$BMI = \frac{m}{h^2} \tag{1}$$

U zavisnosti od indeksa telesne mase, aplikacija izvršava kategorizaciju korisnika. Prema podacima Svetske zdravstvene organizacije [14], postoji šest kategorija koje aplikacija dodeljuje korisnicima (tabela 1).

Naredni korak sistema je računanje bazalnog metabolizma (BMR), za koje postoji više formula, a izbor primenjene formule će zavisiti od podataka koje korisnik unese prilikom registracije. *Mifflin-St Jeor Equation* [15] je osnovna formula za računanje BMR. Formula se razlikuje prema polu, a neophodni podaci su: visina, težina i broj godina (formula 2 i 3).

$$BMR = 10W + 6{,}25H - 5A + 5 \tag{2}$$

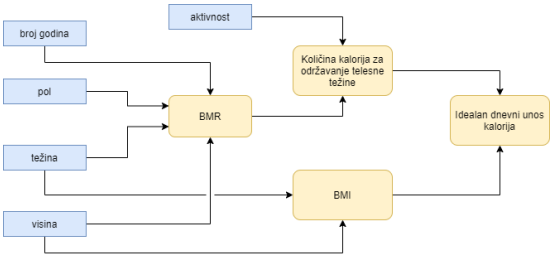
Mifflin-St Jeor Equation za muškarce

$$BMR = 10W + 6{,}25H - 5A - 161 \tag{3}$$

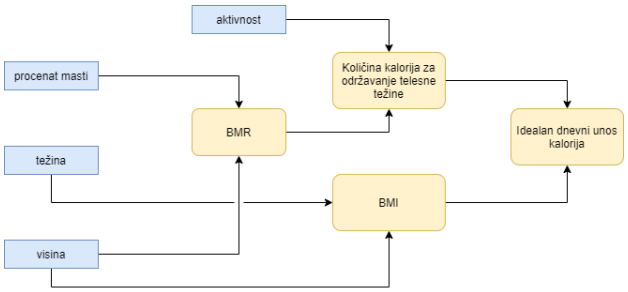
Mifflin-St Jeor Equation za žene

Gde je *W* težina u kilogramima, *H* visina u centimetrima i *A* je broj godina.

Slika 3. Arhitektura sistema



Slika 4. Postupak ulančavanja unapred za običnog korisnika



Slika 5. Postupak ulančavanja unapred za naprednog korisnika

BMI	**Nutritional status**
Below 18.5	Underweight
18.5–24.9	Normal weight
25.0–29.9	Pre-obesity
30.0–34.9	Obesity class I
35.0–39.9	Obesity class II
Above 40	Obesity class III

Tabela 1. Kategorije u zavisnosti od indeksa telesne mase

Kako u literaturi postoje formule za BMR koje koriste različite parametre kao što npr. procenat masti, tako je korišćenje tih formula omogućeno samo korisnicima koji te podatke i unesu. Podatak procenat masti je moguće dobiti na različite načine, ali je za potpunu preciznost potrebna nešto profesionalnija oprema [16]. Za izračunavanje BMR kod naprednih korisnika sistem se oslanja na *Katch-McArdle* formulu [17].

$$BMR = 370 + 21{,}6(1 - F)W$$

Katch-McArdle formula

Gde je *F* procenat masti i *W* težina u kilogramima.

Naredni korak sistema predstavlja izračunavanja dnevnog unosa kalorija za održavanje telesne težine. Za izračunavanje pomene funkcionalosti koristi se BMR i podatak o aktivnosti korsnika.

Definisanje fizičke aktivnosti za korsnika se svodi na izbor stavke iz predefinisane liste koja sadrži sledeće:

- Sedentary: bez fizičke aktivnosti, koeficijent 1.2
- Light: vežbanje od jednom do tri puta nedeljno, koeficijent 1.35
- Moderate: vežbanje od tri do četiri puta nedeljno koeficijent 1.5
- Active: svakodnevno ili intenzivno vežbanje tri do četiri puta nedeljno, koeficijent 1.65
- Very *active*: intenzivno vežbanje šest do sedam puta nedeljno, koeficijent 1.8
- Extra *active*: veoma intenzivno svakodnevno vežbanje ili fizički posao, koeficijent 1.95

Broj kalorija za održavanje telesne težine se dobija kada se bazalni metabolizam množi sa odgovarajućim koeficijentom vezanim za fizičku aktivnost.

Na osnovu kategorizacije korisnika na osnovu BMI definiše se koeficijent za smanjivanje ili dodavanje

telesne težine (mapiranje i koeficijenti su preuzeti iz leterature [18]).

Finalni proračun sistema je preporučeni idealni dnevni unos kalorija. Vrednost ovag proračuna dobija se tako što se koeficijent za smanjivanje ili dodavanje telesne težine množi sa vrednošću broja kalorija za održavanje telesne težine.

Pored pravila za definisanje idealnog dnevnog unosa kalorija, u sistemu su implementirana *Drools* pravila vezana za preporuku obroka.

U aplikaciji postoje pravila koja se aktiviraju prilikom dodavanja obroka za korisnika, a vezana su za kalorijski deficit, kalorijski suficit, unos šećera i zasićenih masti, kao i razmak između obroka. Primer pravila koje reguliše vreme između obroka dat je na listingu 1 i listingu 2.

Kako je opšta preporuka da vremenski period protekao između dva obroka ne sme da bude manji od tri sata, ni veći od šest sati, tako su funkcionalnosti vezane za razmak između obroka implementirane u 2 pravila. Pomenuta pravila su implementirana uz pomoć upravljanja događajima u *Drools*-u. Na listingu 1 prikazano je da se prilikom dodavanja novog obroka kreira novi događaj koji u radnoj memoriji ostaje tri sata. Ukoliko se za to vreme doda novi obrok od strane istog korisnika, on će dobiti odgovarajuće obaveštenje (listing 1).

```
declare MealEvent
   @role(event)
   @expires(3h)
   userId: Integer
   mealEnum: MealEnum
end
query checkDifferentMeals(List allMeals)
    $first: MealEvent() from allMeals.get(0)
    MealEvent(mealEnum != $first.mealEnum) from allM
eals
end
rule "Wait time"
when
   $user: User()
   $list: List(size > 0) from collect(MealEvent(userId == $
user.id))
   checkDifferentMeals($list;)
   $notification: Notification($notifications: text not conta
ins "The wait time between meals should be at least 3 hou
rs", user == $user)
   then
   delete($user);
   $notification.addToList("The wait time between meals
should be at least 3 hours");
end
```

Listing 1. Pravilo za notifikaciju korisnika ukoliko je vreme između dva obroka manje od 3 sata

Slično kao i prethodno pravilo, ukoliko se u radnoj memoriji ne nađe događaj koji označava da je dodat novi obrok, a više od 6 sati je proteklo, korisnik će dobiti odgovarajuće obaveštenje (listing 2).

```
rule "Wait time 2"
when
   $user: User()
   not (MealEvent(userId == $user.id) over window:time(
6h))
   $notification: Notification($notifications: text not conta
ins "The wait time between meals should not be more tha
n 6 hours", user == $user)
   then
   delete($user);
   $notification.addToList("The wait time between meals
should not be more than 6 hours");
end
```

Listing 2. Pravilo za notifikaciju korisnika ukoliko je vreme između dva obroka veće od 6 sati

Pravila koja su vezana za kalorijski deficit odnosno suficit i unos šećera i zasićenih masti su napisana po sličnom principu. Leva strana pravila se svodi na korišćenje ugrađene funkcije *accumulate* i *sum* koja računa zbir elemenata liste i graniču vrednost preporučenu od strane eksperta. Primer jednog takvog pravila koji računa unos šećera za muškarce prikazan je na listingu 3.

```
rule "Amount of sugar Men"
agenda-group "day-rules"
   when
      $day: UserDay($meals: mealRecipes, $user: user, $u
ser.gender == Gender.MALE )
      Number (doubleValue > 37.5) from accumulate(
         MealRecipe(
            $sugar: sugars
         ) from $meals,
         sum($sugar)
      )
      $notification: Notification()
   then
      $notification.addToList("You should not take more t
han 37.5g of sugar");
end
```

Listing 3. Primer pravila sa *accumulate* i *sum*

Kompletna implementacija aplikacije dostupna je na adresi [19].

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu je predstavljen razvoj sistema za računanje kalorija i preporuku obroka korišćenjem sistema baziranog na pravilima. Sistem čine serverska aplikacija implementirana u *Spring*-u, sistem baziran na pravilima u *Drools*-u i klijentske aplikacije za koje je korišćen *React* i *ReactNative*. Implementaciju je znatno olakšalo korišćenje spoonacular.com API-a. Izvršen je pregled sličnih rešenja, i na osnovu primećenih nedostataka, razvijena je i prikazana specifikacija i implementacija sistema baziranog na pravilima. Prednost sistema ogleda se u činjenici da se korsite mašinski čitljiva pravila u *if-then* obliku, te osobe koji nisu programeri mogu da ih održavaju tako da se sistem prilagodi za različite korisnike.

Mogući dalji pravci unapređenja sistema bili bi dovavanje novih pravila za računanje BMI-a koja će koristiti neke druge/napradne podatke o korisniku, proširiti podatke o korisnicima sa alergenima i implementirati pravila za upozorenja ukoliko korisnik odabere obroke koje sadrže alergene.

NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Rezultati rada su deo projekta tehnološkog razvoja Inteligentni sistemi za razvoj softverskih proizvoda i podršku poslovanja zasnovani na modelima evidencioni broj MPNTR-III 44010 koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

[1] Gojaznost i prekomerna težina, https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight, preuzeto septembra 2020.

[2] C. Grosan and A. Abraham, "Rule-Based Expert Systems," in *Intelligent Systems: A Modern Approach*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011, pp. 149–185.

[3] H. Liu, A. Gegov, and F. Stahl, "Categorization and Construction of Rule Based Systems," in Engineering Applications of Neural Networks, vol. 459, V. Mladenov, C. Jayne, and L. Iliadis, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2014, pp. 183–194.

[4] R. J. K. Jacob and J. N. Froscher, "A software engineering methodology for rule-based systems," IEEE Trans. Knowl. Data Eng., vol. 2, no. 2, pp. 173–189, Jun. 1990, doi: 10.1109/69.54718.

[5] Razlika između sistema baziranih na pravilima i mašinskog učenja, https://becominghuman.ai/the-key-differences-between-rule-based-ai-and-machine-learning-8792e545e6, preuzeto septembra 2020.

[6] Razlika između sistema baziranih na pravilima i veštačke inteligencije, https://www.applozic.com/blog/rule-based-v-s-ai-based-approaches-to-building-ai/, preuzeto septembra 2020.

[7] K. Čukurov, S. Nikolić, and M. Medić, "Presentation of knowledge about wines and development of wineries support system," in YU INFO 2019 Conference Proceedings, Kopaonik mountain resort, Republic of Serbia, Mar. 2019, vol. 1, pp. 260–265.

[8] M. Medić, K. Preradov, M. Zarić, G. Sladić, and S. Nikolić, "Calculation of Insurance Policy Prices Using Rules-based Systems," in Proceedings of the 9th International Conference on Information Society and Technology, Kopaonik mountain resort, Republic of Serbia, Mar. 2019, vol. 1, pp. 187–191.

[9] A. Luberg, T. Tammet, and P. Järv, "Smart City: A Rule-based Tourist Recommendation System," in Information and Communication Technologies in Tourism 2011, R. Law, M. Fuchs, and F. Ricci, Eds. Vienna: Springer Vienna, 2011, pp. 51–62.

[10] G. Kovasznai, "Developing an expert system for diet recommendation," in 2011 6th IEEE International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics (SACI), Timisoara, Romania, May 2011, pp. 505–509, doi: 10.1109/SACI.2011.5873056.

[11] A. Kong et al., "Self-Monitoring and Eating-Related Behaviors Are Associated with 12-Month Weight Loss in Postmenopausal Overweight-to-Obese Women," Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics, vol. 112, no. 9, pp. 1428–1435, Sep. 2012, doi: 10.1016/j.jand.2012.05.014.

[12] L. E. Burke, J. Wang, and M. A. Sevick, "Self-Monitoring in Weight Loss: A Systematic Review of the Literature," Journal of the American Dietetic Association, vol. 111, no. 1, pp. 92–102, Jan. 2011, doi: 10.1016/j.jada.2010.10.008.

[13] M. Honary, B. T. Bell, S. Clinch, S. E. Wild, and R. McNaney, "Understanding the Role of Healthy Eating and Fitness Mobile Apps in the Formation of Maladaptive Eating and Exercise Behaviors in Young People," JMIR Mhealth Uhealth, vol. 7, no. 6, p. e14239, Jun. 2019, doi: 10.2196/14239.

[14] Indeks telesne mase, https://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition/a-healthy-lifestyle/body-mass-index-bmi, preuzeto septembra 2020.

[15] M. D. Mifflin, S. T. St Jeor, L. A. Hill, B. J. Scott, S. A. Daugherty, and Y. O. Koh, "A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals," The American Journal of Clinical Nutrition, vol. 51, no. 2, pp. 241–247, Feb. 1990, doi: 10.1093/ajcn/51.2.241.

[16] Merenje procenta masti, https://www.healthline.com/nutrition/ways-to-measure-body-fat, preuzeto septembra 2020.

[17] W. D. McArdle, F. I. Katch, and V. L. Katch, *Essentials of exercise physiology*, 3rd ed. Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins, 2006

[18] PAL množilac, https://www.core-condition.com/quick-tips/what-is-basal-metabolic-rate-and-how-to-calculate-it/, preuzeto septembra 2020

[19] Izvorni kod, https://github.com/Marko131/diplomski, preuzeto septembra 2020.

MOBILNE APLIKACIJE ZA KOORDINACIJU ROBOTA ZASNOVANE NA PROŠIRENOJ STVARNOSTI

Nenad Petrović, Milorad Tošić, Valentina Nejković
Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet

Sadržaj – *Koordinisano ponašanje više uređaja ima veći potencijal za efikasno ostvarivanje cilja od pojedničanog. Međutim, ova činjenica se baš i ne iskorišćava dovoljno u postojećim mobilnim aplikacijama proširene stvarnosti koje pružaju podršku pri radu sa robotima. U ovom radu su prikazane studije slučaja mobilnih aplikacija koje ciljaju koordinaciju TurtleBot robota zasnovanih na ROS sa ciljem sprečavanja širenja COVID-19. Realizovane su upotrebom AppSheet i AR.js tehnologija. Četiri aspekta relevantna za koordinaciju robota su obuhvaćena:1) upravljanje senzorima i uređajima 2) kontrola robota 3) prikaz senzorskih podataka 4) modelovanje scenarija koordinacije.*

1. UVOD

Četvrta industrijska revolucija je proširila granice upotrebe proširene stvarnosti, sa primenama u okviru sajber-fizičkih sistema i komunikaciji između čoveka i mašine [1]. U isto vreme, roboti postaju deo našeg svakodnevnog života, ne samo u industrijskom okruženju, već i unutar naših domova, pri čemu je njihova svrha raznolika – od zabave i humanoidnih robota do rehabilitacije. U ovom kontekstu, proširena stvarnost, zajedno sa pomoćnim mobilnim aplikacijama često igra ulogu novog medijuma u interakciji i prenosu informacija između ljudi i autonomnih sistema, sa ciljem da učini njihovu komunikaciju efikasnijom [1, 2].

Bez obzira na to što je poznato da koordinisano ponašanje većeg broja (robotskih) uređaja može dovesti do efikasnije realizacije cilja [3, 4], ova činjenica nije dovoljno eksploatisana u većini dostupnih mobilnih aplikacija namenjenim radu sa robotima uz upotrebu tehnologija proširene realnosti.

Svrha ovog rada je prikazati upotrebu mobilnih aplikacija koje se oslanjaju na proširenu stvarnost, sa ciljem ostvarivanja scenarija koordinacije u okruženjima sa više robota. Osim toga, razmotrena je i primena koordinacije robota u kontekstu borbe protiv širenja koronavirusa. Kao rezultat, realizovane su studije slučaja upotrebom AppSheet i AR.js, koje ciljaju robotske platforme zasnovane na ROS [5], oslanjajući se na naša prethodna dostignuća iz oblasti koordinacije robota [3].

2. POZADINA I SRODNA ISTRAŽIVANJA

A. ROS

Robot Operating System (ROS) je skup softverskih paketa otvorenog koda koji imaju za cilj da omoguće udoban razvoj aplikacija namenjenih robotima, bez zalaženja u specifičnosti konkretnog hardvera [5, 6]. Vrlo često se ROS naziva "meta-operativnim sistemom", s obzirom da zaista pruža funkcionalnosti potpunog OS, ali se ipak oslanja na OS domaćina prilikom izvršenja. Glavna svrha ROS-a je da omogući komunikaciju između koirsnika, operativnog sistema domaćina i eksterne opreme – robota, njegovih senzora i aktuatora. Hardverska apstrakcija koju pruža nam omogućava da upravljamo robotom bez zalaženja u detalje njegove hardverske realizacije.

Recimo, ako želimo da pomerimo robota, izvršava se ROS komanda, skripta napisana u Python-u ili C++ programskom jeziku od strane proizvođača konkretnog robota, koja je zapravo zadužena za upravljanje točkovima. Između ostalog, ROS daje mogućnost simulacije robota uz pomoć alata pooput Gazebo [7].

Izdavanje komandi i nadzor senzorskih podataka u ROS su zasnovani na publish-subscribe modelu. Postoji lista unapred definisanih tema za razmenu poruka, koje se mogu videti upotrebom komande *rostopic list* [5]. Tipičan primer je *Twist* tema, koja se koristi i u ovom radu, a zadužena je za pomeranje robota. Izdavanje komande za pomeranje upotrebom konzolnog interfejsa operativnog Sistema ima sledeću formu:

```
rostopic pub /tb3_0/cmd_vel geometry_msgs/Twist
-r 5 -- '[-0.15,0.0,0.0]' '[0.0, 0.0, 0.0]'
```

Da bi se pomerio robot, potrebno je izdati poruku koja ima sledeće parametre: 1) broj komandi u sekundi (-r *broj*) 2) linearne coordinate 3) ugaone koordinate. Za komandu koja je data u (1), robot se pomera napred za 0.14 koraka po X osi, dok se izdaje 5 ovakvih uzastopnih komandi u sekudni.

B. Turtlebot

TurtleBot je robotska platforma predstavljena 2010. godine, koja se oslanja na ROS [8]. Ona obuhvata čitavu seriju robota u obliku kopnenih vozila koji se napajaju baterijom, pri čemu su manjih dimenzija i pristupačne cene. Postoje 3 generacije modela ovih robota. U ovom radu, focus je na Tutlebot3 seriji iz 2017. Godine, koji imaju potpunu podršku za SLAM (Simultaneous Localization and Mapping). Postoje tri modela iz ove serije: Waffle, Waffle Pi i Burger. Zadnja dva su zasnovana na Raspberry Pi 3 platformi, a svi oni poseduju LiDAR od 360 stepeni. Za razliku od Burger modela, Waffle poseduje i kameru povezanu na Raspberry Pi, što daje mogućnost iskorišćavanja tehnika računarskog vida. Između ostalog, poseduju i ARM mikrokontroler OpenCR [9], čija je svrha upravljanje hardverom i senzorima na

niskom nivou (motor, skretanje i slično). Glavni slučajevi korišćenja ove robotske platforme jesu edukacija u oblasti robotike i razvoj prototipova.

C. AppSheet

AppSheet[1] je online platforma koja cilja brz razvoj i distribuciju multiplatformskih mobilnih aplikacija uz minimalno ili bez pisanja bolo kakvog koda. Preuzeta je od strane Google-a januara 2020. godine, a nakon toga je čvrsto spregnuta sa Google Sheets servisom. Oslanja se na izvore podataka u oblaku, poput SQL baza i dokumenata sa tabelama. AppSheet automatski generiše poglede na podatke, koji se mogu prikazati u okviru aplikacije na različite načine, zavisno od tipa podataka – liste, tabele, grafikoni, mape. Osim toga, korisnici mogu ručno definisati koje kolone se skrivaju ili napisati formule za izračunavanja, upotrebu prediktivnih modela, filtriranje ili agregaciju podataka. AppSheet nudi i deklarativni jezik visokog nivoa za sekvence akcija, koje se mogu aktivirati u odgovorajućem konrekstu: prelaz između pogleda, slanje HTTP zahteva, elektronske pošte, SMS poruka, poziva zadatog broja. AppSheet je besplatan za prototipove i lične potrebe (do 10 korisnika o aplikaciji mesečno), dok je neophodno platiti mesečnu naknadu u slučaju komercijalnih aplikacija. Osim toga, AppSheet nudi i napredne funkcionalnosti mašinskog učenja i veštačke inteligencije: predikcije vrednosti, optičko prepoznavanje karaktera i glasovne komande. Međutim, neophodna je aktivna internet konekcija i klijentska mobilna aplikacija za odgovarajuću mobilnu platformu (Android, iOS) za potpuni pristup funkcionalnostima AppSheet mobilnih aplikacija, s obzirom da se potpuno oslanjaju na resurse u oblaku. Međutim, uz određena podešavanja projekta, može se omogućiti keširanje podataka (slika i vrednosti iz tabela) za ograničen rad u offline režimu. Na sl. 1, data je ilustracija procesa razvoja mobilnih aplikacija upotrebom AppSheet platforme.

Slika 1. Proces kreiranja multiplatformskih mobilnih aplikacija upotrebom AppSheet platforme

AppSheet se pokazao kao efektivno rešenje u različitim oblastima primene do sada. U [10] i [11] je primenjen za aplikacije koje služe kao podrška građanima (prijava za testiranje, kupovina lekova), nadzor (provera temperature, nošenje maski, socijalna distanca) i planiranje resursa (mesta u bolnicama, respiratori, testovi, sredstva za dezinfekciju) za vreme COVID-19 pandemije. Osim toga, u [12], AppSheet je zajedno primenjen uz Google Apps Script za aplikaciju personalizovanog fitnes trenera.

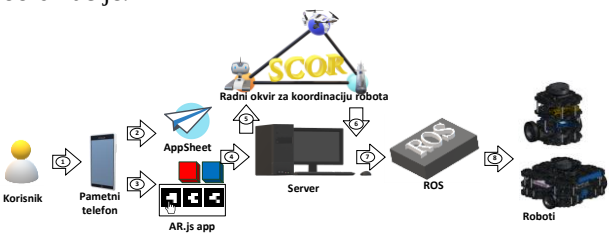
[1] https://www.appsheet.com/

D. AR.js

AR.js je JavaScript biblioteka otovrenog koda za razvoj aplikacija proširene stvarnosti namenjenih web pretraživačima [13]. Pruža široku kompatibilnost – od tradicionalnih personalnih računara do tableta i mobilnih telefona. Sa druge strane, nema visoke hardverske zahteve, tako da pokazuje solidne performanse čak i na pametnim telefonima od pre više od 5 godina [13]. Osim toga, proces razvoja aplikacija upotrebom ove biblioteke je intuitivan i jednostavan – moguće je implementirati potpune aplikacije proširene realnosti u samo nekoliko linija HTML i JavaScript koda [14]. Glavne funkcionalnosti ove biblioteke uključuju unapred-definisai skup markera (numerički barkodovi i QR), upotrebu lokacije i orijentacije uređaja, učitavanje i animacija 3D objekata. U [14], AR.js se koristi kao efektivno rešenje za različite vrste korisničkih interfejsa, poput muzičkog instrumenta za kombinovanje muzičkih sekvenci u realnom vremenu. Dalje, u [15] je korišćen uz AppSheet sa ciljem realizacije interfejsa za udobno upravljanje uređajima pametne kuće na daljinu i postizanje uštede električne energije.

3. STUDIJA SLUČAJA

Glavni cilj predstavljene studije slučaja jeste automatizovanje koordinacije robota u scenarijima koji se tiču nadzora, sa fokusom na sprečavanje širenja COVID-19. Aplikacije je implementirana korišćenjem sinergije AppSheet i AR.js. Što se tiče mehanizama za generaciju koda, oslanjamo se na naš prethodni rad – SCOR radni okvir za koordinaciju robota [3], koji se oslanja na ontologije i semantičke tehnologije. Četiri aspekta relevantna za koordinaciju robota su obuhvaćena: 1) upravljanje robotskim uređajima 2) kontrola robota 3) nadzor senzorskih podataka 4) modelovanje scenarija koordinacije.



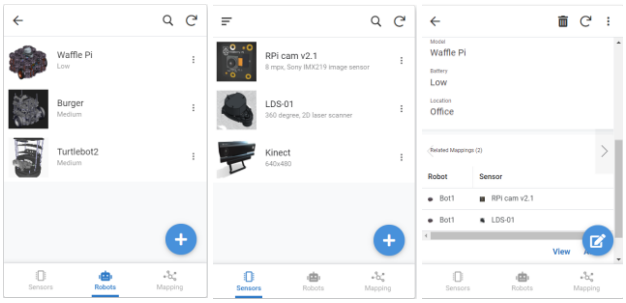
Slika 2. Pregled arhitekture studije slučaja: 1-Korisničke akcije; 2-Google Sheets podaci; 3-Slike sa kameret; 4-HTTP zahtevi; 5-SPARQL upiti; 6-Rezultati upita; 7-ROS komande; 8-Komande niskog niova za uređaje

Na sl. 2, dat je pregled arhitekture studije slučaja. Korisnici vrše interakciju upotrebom dve metode – bilo AppSheet aplikacija i AR.js interfejs proširene stvarnosti. Kao odgovor na akcije korisnika, šalju se HTTP zahtevi serveru koji koristi SCOR radni okvir za semantičke anotacije o uređajima, njihovim senzorima, ali mehanizmima koordinacije robota. Osim toga, na strani severa se izvršavaju i dodatne skripte (Node.js, Python, shell skripte) sa ciljem da pruže spregu između korisničkih akcija i ROS komandi.

A. Upravljanje robotskim uređajima

Ovaj deo apliakcije ima za cilj da pruži informacije o dostupnim robotima, senzorima, aktuatorima i njihovim mogućnostima. Prikazane informacije se pribavljaju iz semantičke baze znanja uz pomoć SCOR-a [3].

Funkcionalnosti upravljanja uređajima obuhvataju sledeća tri ekrana: 1) Roboti (sl. 3a) – lista svih robota koji su na raspolaganju 2) Senzori (sl. 3b) – lista svih senzora kojim su opremljeni dostupni roboti 3) Detaljne informacije o uređajima (sl. 3c) – tabela koja pokazuje listu dostupnih senzora za svakog robota (kao što su kamera i LiDAR).



Slika 3. Aplikacija za upravljanje robotskim uređajima: a)Roboti b)Senzori c)Detaljne informacije

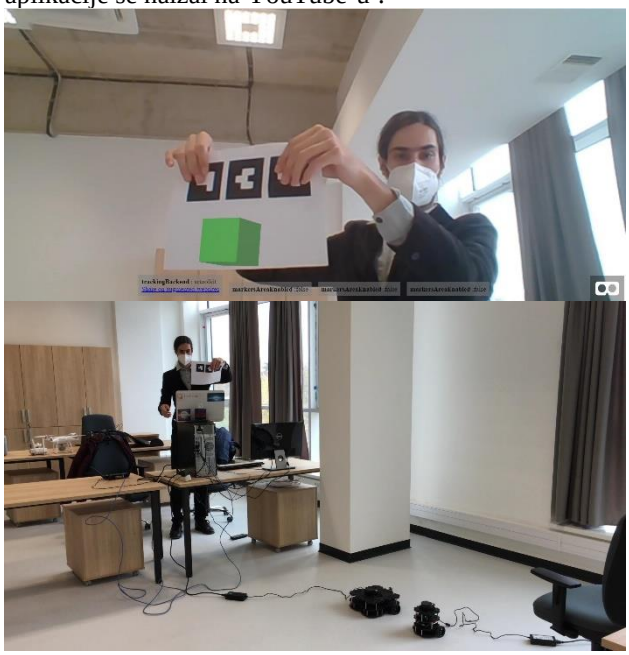
Za svaki od robota, pokazuju se sledeći detalji nakon selekcije iz liste: slika, identifikator, oznaka modela, stanje baterije, lokacija i lista senzora. Dalje, za svaki od senzora – slika, identifikator i opis, zajedno sa svim robotima koji su opremljeni tim senzorom. Dalje, primenom ove aplikacije, roboti i njihovi senzori se mogu upaliti ili ugasiti na daljinu, što je od koristi za scenarije u kojima je stanje baterije kritično.

Konačno, ovaj deo aplikacije poseduje i korisnički interfejs proširene stvarnosti za lako pribavljanje i vizuelizaciju informacija o robotima, kao što se vidi na sl. 4. Za ovu svrhu, svakom od robota je neophodno dodeliti papirni barkod. Kada se kamera uperi u barkod, 3D kocka se pojavljuje pored markera, zajedno sa osnovnim informacijama o robotu (model, id, stanje baterije). Dalje, prolaskom ruke iznad markera se vrši redirekcija na AppSheet stranicu sa detaljima, kao sa sl. 3a. Za generisanje ovog interfejsa, korišćen je semantički radni okvir za automatsko generisanje AR.js koda iz [15].

Slika 4. Prikaz informacija o robotima u proširenoj stvarnosti

B. Kontrola robota u proširenoj stvarnosti

Ova web aplikacija proširene stvarnosti daje mogućnost sinhronizovane kontrole dva robota istovremeno uz pomoć ruke i papira sa barkodovima, kao što se vidi na sl. 5. Za ovu svrhu, korišćena su tri različita markera, a svakom od njih je dodeljena 3D kocka odgovarajuće boje i služi za aktivaciju jedne od dostupnih komandi: crvena - kretanje robota nazad; zelena – kretanje robota napred; plava – rotacija robota. Video snimak demonstracije ove aplikacije se nalzai na YouTube-u[2].



Slika 5. AR.js mobilni interfejs za sinhronizovanu kontrolu dva robota istovremeno

Kada korisnik stavi ruke iznad markera, AR.js aplikacija šalje HTTP zahtev Node.js skripti na strani servera, koja zatim izvršava odgovarajuće ROS komande za kretanje robota. Osim toga, izvršava se i Python skripta koja koristi *rospy*[3] (klijentska Python biblioteka za ROS) koja prisluškuje komande jednog robota, a preusmerava ih drugom.

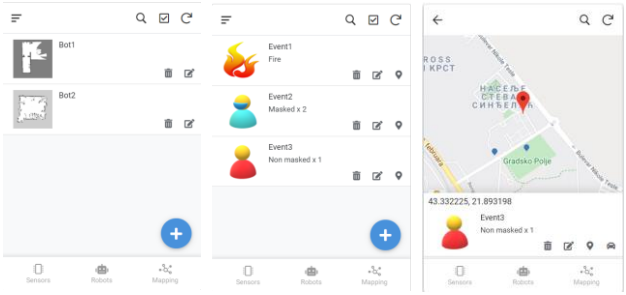
C. Nadzor senzorskih podataka

Sa druge strane, svrha ovog dela aplikaciji se bavi vizuelizacijom senzorskih podataka koji dolaze sa robota ili rezultata njihove analize. U predloženom rešenju se razmatraju dva tipa podataka: LiDAR i znanje izvučeno iz slika sa kamere upotrebom tehnika računarskog vida.

Što se detekcije događaja upotrebom kamere tiče, koristi se na OpenCV biblioteku u Python programskom jeziku, oslanjajući se na algoritme prikazane u radovima [16] i [17]. Slike sa kamere se strimuju sa robota na *edge* server upotrebom ROS-a, gde se i dalje analiziraju. Međutim, ova funkcionalnost se odnosi samo na robote koji poseduju kameru, što je slučaj sa Waffle Pi modelom, dok

[2] https://youtu.be/S6dsYiTXguo
[3] http://wiki.ros.org/rospy

Burger nije podržan. Na sl. 6 su prikazani snimci ekrana aplikacije.



Slika 6. Aplikacija za nadzor senzorskih podataka: a) LiDAR mape b) Događaji c) Mapa događaja

Pogled prikazan na sl. 6a daje mogućnost pregleda trenutnih snimaka sa LiDAR senzora, koji predstavljaju mape okruženja u kome se odabrani robot nalazi. Implementacija se oslanja na dve JavaScript biblioteke: 1) *roslibjs*[4] - pruža interfejs ka ROS-u iz web pretraživača 2) *ros2djs*[5] – biblioteka za 2D vizuelizaciju podataka namenjena ROS-u. Mape se čuvaju na serveru u PNG formatu kao slike, a njihovi linkovi ubacuju u Google Sheets dokument koji je osnova AppSheet aplikacije.

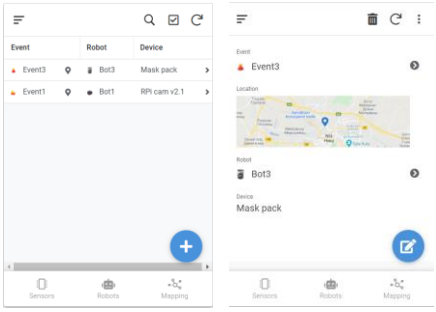
Dalje, sl. 6b prikazuje listu događaja koji su detektovani uporebom algoritama računarskog vida – poput požara, prisustva ljudi, brojanja osoba, da li osobe nose masku ili ne, da li poštuju socijalnu distancu i slično. Zatim, sl. 6c prikazuje mesta na mapi gde su detektovani ovi događaji.

D. Modelovanje scenarija koordinacije

Konačno, ova aplikacija pruža korisnički interfejs za modelovanje scenarija koordinacije, oslanjajući se na SOCR radni okvir. U okviru AppSheet pogleda je moguće definisati pravila koordinacije u sledećem obliku:

Ako (događaj:d se desi na lokaciji:l) onda poslati(robota:r sa uređajem:u na lokaciji:l')

Prema tome, moguće je odabrati željenog robota, koji poseduje potrebne senzorske ili aktuatorske uređaje na sebi i poslati ga na zadatu lokaciju u slučaju da se detektuje neki unapred definisani događaj. Na primer, ako se detektuje grupa ljudi bez maske, onda se na toj loakciji može poslati drugi robot koji donosi kutiju maski, da bi ih osobe preuzele i na taj način sprečili potencijalno širenje COVID-19. Konačno, ova aplikacija nudi i prikaz pravila koordinacije u okviru mape. Scenario koordinacije se sastoji od jednog ili više pravila koordinacije. Na sl. 7 se mogu videti snimci ekrana ovog dela aplikacije.



Slika 7. Modelovanje scenarija koordinacije: a) Lista pravila b) Pregled mape pravila

4. ZAKLJUČAK I BUDUĆA ISTRAŽIVANJA

U ovom radu je prikazana implementacija nekoliko mobilnih aplikacija koje imaju za cilj ostvarivanje koordinacije više robota oslanjajući se na proširenu stvarnost. Predloženi pristup je moguće primeniti u kontekstu sprečavanja širenja koronavirusa. Izvorni kod ključnih komponenti je dostupan na GitHub-u[6].

Primena ove dve tehnologije drastično smanjuje vreme potrebno za razvoj mobilnih aplikacija proširene stvarnosti, što je od 10 do 30 puta, po procenama iz [14] i [15].

U budućnosti planiramo razmatranje mogućnost kontrole robota uz pomoć virtuelne stvarnosti.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

LITERATURA

[1] Makhataeva, Z., Varol, H. A., "Augmented Reality for Robotics: A Review", Robotics 9, 21, pp. 1-28, 2020. https://doi.org/10.3390/robotics9020021

[2] Teterbay, B., Bhati, A., Srivastava, A., Deshpande, A., "Smartphone Controlled Multipurpose Robot Car", International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 9 Issue 05, May-2020, pp. 485-488. http://dx.doi.org/10.17577/IJERTV9IS050382

[3] Nejkovic, V., Petrovic, N., Tosic, M., Milosevic, N., "Semantic approach to RIoT autonomous robots mission coordination", Robotics and Autonomous Systems, Volume 126, April 2020, 103438, ISSN: 0921-8890, pp. 1-19, 2020. https://doi.org/10.1016/j.robot.2020.103438

[4] Williams, A. E., Petrovic, N., "The Role of General Collective Intelligence in Overcoming the Barriers to Achieving an Internet of Things", preprint, pp. 1'9, 2020. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33502.66885

[5] Fairchild, C., Harman, T. L., *ROS Robotics By Example*, 2nd edition, Packt Publishing, 2017.

[4] http://wiki.ros.org/roslibjs
[5] https://github.com/RobotWebTools/ros2djs
[6] https://github.com/penenadpi/ARinterfaceSCOR

[6] Pyo, Y. S., Cho, H. C., Jung, R. W., Lim, T. H., *ROS Robot Programming*, ROBOTIS Co. LTD, 2017.

[7] Gazebo [online], available on: http://gazebosim.org/

[8] Turtlebot [online], available on: https://www.turtlebot.com/

[9] OpenCR 1.0 ROBOTIS e-manual [online], available on: https://emanual.robotis.com/docs/en/parts/controller/opencr10/

[10] Petrović, N., Radenković, M., Nejković, V., "Data-Driven Mobile Applications Based on AppSheet as Support in COVID-19 Crisis", IcETRAN 2020, pp. 609-614, 2020.

[11] Petrović, N., Dimovski, V., Peterlin, J., Meško, M., Roblek, V., "Data-Driven Solutions in Smart Cities: The Case of Covid-19 Apps", WWW '21 Companion - 7th WebAndTheCity – Web Intelligence and Resilience in Smart Cities, Ljubljana, April 2021. https://doi.org/10.1145/3442442.3453469

[12] Radenković, M., Petrović, N., Nejković, V., "Razvoj podacima-vođenih multiplatformskih mobilnih aplikacija korišćenjem AppSheet i Apps Script na osnovu Google Sheet tabela u oblasti zdravlja", IEEESTEC – 13th Student Projects Conference, pp. 1-4, 2020.

[13] Etienne, J., Creating Augmented Reality with AR.js and A-Frame [online], available on: https://aframe.io/blog/arjs/

[14] Đorđević, L., Petrović, N., Tošić, M., "An Ontology-based Framework for Automated Code Generation of web AR Applications", Telfor Journal 12(1), pp. 67-72, 2020. https://doi.org/10.5937/telfor2001067Q

[15] Petrović, N., Roblek, V., Nejković, V., "Mobile Applications and Services for Next-Generation Energy Management in Smart Cities", eNergetics 2020, pp. 47-56, 2020.

[16] Petrovic, N., "Surveillance System Based on Semantic Video and Audio Annotation Leveraging the Computing Power within the Edge", SAUM 2018, pp. 281-284, 2018.

[17] Petrović, N., Kocić, Đ., "IoT-based System for COVID-19 Indoor Safety Monitoring", IcETRAN 2020, pp. 603-608, 2020.

RAČUNARSKI PODRŽANO KRIPTOGRAFSKO INŽENJERSTVO – KRATAK PREGLED
COMPUTER AIDED CRYPTOGRAPHIC ENGINEERING – A BRIEF OVERVIEW

Srećko Jovanović[1], Boriša Jovanović[2,1], Ivan Tot[2]
Centar za primenjenu matematiku i elektroniku, UTI (J-6) GŠVS[1]
Vojna akademija, Univerzitet odbrane[2]

Sadržaj – *Kriptografija je u osnovi interdisciplinarna oblast tako da dizajn i implementacija visokokvalitetnog kriptografskog softvera predstavlja dugotrajan proces koji se oslanja na znanja iz matematike, računarskih nauka, softverskog i elektrotehničkog inženjerstva. Navedena znanja su dostupna samo visokostručnim, kvalifikovanim programerima i inženjerima. Različiti projekti i proizvodi iz domena računarski podržanog kriptografskog inženjerstva imaju za cilj da svima, početnicima ali i visokokvalifikovanim programerima, pruže podršku prilikom implementacije visokokvalitetnog kriptografskog softvera. U ovom radu dat je kratak pregled alata iz domena računarski podržanog kriptografskog inženjerstva.*

Abstract - *Cryptography is basically an interdisiplinary field, so the design and implementation of high-quality cryptographic software is a time-consuming process that relies on knowledge in mathematics, computer science, software and electrical engineering. The aforementioned knowledge is only available to highly skilled, qualified developers and engineers. Various projects and products in the field of computer aided cryptography engineering aim to support everyone, both beginners and highly qualified developers, in implementing high quality cryptographic software. This paper gives a brief overview of tools in the filed of computer aided cryptographic engineering.*

1. UVOD

Svedoci smo činjenice da u svakoj oblasti života i rada kvalitet proizvoda ima značajan, ako ne i presudan, uticaj na kvalitet svakodnevnih aktivnosti. Posebno gledano, u domenu kriptografskog inženjerstva kvalitet kriptografskog softvera ima uzročno posledičnu vezu sa nivoom rizika koji donosi upotreba navedenog softvera. Rizik uslovljen nepotpunom i lošom implementacijom kriptografskog softvera može se demonstrirati učestalim, i u nekim slučajevima katastrofalnim, bezbednosnim propustima i probojima koji se direktno pripisuju greškama u implementaciji u široko rasprostranjenim kriptografskim bibliotekama[1][2].

Tokom poslednjih nekoliko godina, domen kriptografije se proširio od elementarnih kriptografskih funkcionalnosti kao što su šifrovanje i očuvanje integriteta podataka, autentikacija i razmena kriptografskih ključeva, do složenih funkcionalnosti kao što su zero-knowledge protokoli, sigurno višekorisničko izračunavanje (engl. secure milti-party computing) i proverivo izračunavanje. U mnogim slučajevima, navedene složene kriptografske funkcionalnosti mogu biti realizovane samo kroz kriptografske sisteme, u kojima se uzajamno prožimaju nekoliko elementarnih kriptografskih funkcionalnosti.

Kao posledica evolucije prema mnogo složenijim kriptografskim sistemima i funkcionalnostima, kriptografski dokazi bez otkrivanja dodatnih informacija (engl. *zero-knowledge proof*) su postali značajno zastupljeniji i sve teži za proveravanje i potvrđivanje. Poteškoće prilikom proveravanja navedenih dokaza izrodile su nastanak određenog broja okruženja i alata čiji je cilj da omoguće dizajniranje i verifikaciju kriptografskih dokaza bez otkrivanja dodatnih informacija. Pored glavne namene koja se ogleda u povećanju poverenja u kriptografske dokaze, navedeni alati iz domena kriptografskog inženjerstva imaju potencijal da se izbore sa još jednim problemom u domenu dokazive sigurnosti. Naime reč je o tome da su kriptografski dokazi veoma složeni i uobičajena je praksa da se rasuđivanje bazira na osnovu algoritamskog opisa kriptografske konstrukcije, a ne na osnovu implementacije. Kao posledica toga, implementacije dobro poznatih i dokazano bezbednih kriptografskih konstrukcija su podložne napadima i ne uspevaju da obezbede planirane bezbednosne garancije[3].

Jedan od uzroka navedenih bezbednosnih proboja u okviru naširoko testiranih softverskih kriptografskih biblioteka je semantička praznina između teoretskih specifikacija kriptografskih primitiva i njihovih konkretnih implementacija. Efikasno premošćavanje navedene praznine predstavlja veliki izazov, posebno u situacijama kada napadači mogu da eksploatišu fizičke ranjivosti koje nisu pokrivene specifikacijama kriptografskih primitiva, poznatiji kao napadi koji se zasnivaju na "*informacijama u bočnom kanalu*".

Da bi odgovorili na zahtev za premošćavanje navedene praznine, sprovedena su značajna istraživanja koja su proučavala presečne tačke programskih jezika i kriptografije. Kao rezultat navedenih istraživanja nastali su alati koji predstavljaju okruženja za podršku kriptografskom inženjerstvu. Jedan od značajnijih istraživanja iz ovog domena je CACE EU/FP7 (engl. *CACE - Computer Aided Cryptography Engineering*) projekat koji je fokusiran na razvoj alata za

automatizaciju proizvodnje i implementacije visokokvalitetnog kriptografskog softvera po prihvatljivoj ceni. Sa druge strane, razvija se i određeni broj alata koji za cilj imaju dizajniranje kriptografskih konstrukcija i proveru bezbednosti novodizajniranih kriptografskih konstrukcija.

Ovaj rad je koncipiran prema sledećem, nakon kratkog uvoda, drugi deo predstavlja pregled dostupnih alata u domenu računarski podržanog kriptografskog inženjerstva. U ovom poglavlju dat je osvrt na prednosti i nedostatke navedenih alata. U trećem poglavlju ukazano je na moguće pravce daljeg razvoja alata iz domena računarski podržanog kriptografskog inženjerstva. Na samom kraju je dat kratak zaključak sa osvrtom na postojeće alate i na moguće pravce daljeg istraživanja.

2. PREGLED DOSTUPNIH CACE ALATA

U ovom radu analizirani su dostupni alati iz domena računarski podržanog kriptografskog inženjerstva. Navedeni alati mogu se razvrstati u nekoliko grupa počevši od generalizovanih - opštih okruženja, koja mogu biti primenjena na više različitih klasa elementarnih kriptografskih konstrukcija do specijalizovanih okruženja koja ciljaju jednu klasu elementarnih kriptografskih konstrukcija. Za svaki od analiziranih alata dato je kratko objašnjenje sa obrazloženjem njihovog dizajna i njihova dosadašnja primena. Takođe, za svaki od alata, dat je i kratak osvrt na status kriptografskih dokaza u datom alatu.

2.1. CACE EU/FP7 alat

Glavni motiv pri konstrukciji i razvoju navedenog alata bio je dizajnirati, implementirati i omogućiti praktičnu primenu alata koji će predstavljati podršku specifičnom domenu softverskog kriptografskog inženjerstva. Predloženi skup alata treba da omogući korisnicima, čak i onima koji nisu eksperti u oblasti kriptografije, da razvijaju, tj. opisuju, kriptografske aplikacije i modele poslovnih procesa visokog nivoa primenom programskih jezika i kompajlera specifičnih za domen kriptografskog inženjerstva. Opis aplikacija na ovakav način omogućava analizu i transformaciju kriptografskog softvera pri čemu se otkrivaju i po automatizmu izbegavaju kritične greške pri implementaciji kriptografskih protokola i kriptografskih primitiva niskog nivoa[4].

Na najvišem nivou arhitekture razvijeni su alati čija je glavna namena da protokole o kriptografskim dokazima bez otkrivanja dodatnih informacija i sigurnom višekorisničkom izračunavanju učine dostupnim softverskim inženjerima. U domenu sigurnog višekorisničkog izračunavanja razvijen je specifičan jezik, koji softverskim inženjerima omogućava da specificiraju procese sigurnog višekorisničkog izračunavanja. Takođe, razvijen je i prateći kompajler koji tako definisane specifikacije transformiše u izvršni kod. U domenu protokola o kriptografskim dokazima bez otkrivanja dodatnih informacija razvijen je kompajler koji, uzimajući u obzir specifikaciju zahteva definisanu meta podacima na visokom nivou, automatski pronalazi i generiše protokol koji zadovoljava specificirane zahteve i istovremeno daje izvršni kod koji implementira tako izabrani protokol.

Na nižem nivou arhitekture implementiran je alat koji realizuje elementarne kriptografske funkcionalnosti i predstavlja potrebnu i dovoljnu osnovu za implementaciju prethodno navedenih alata sa najvišeg nivoa arhitekture. Ovaj alat sadrži novu, po performansama kvalitetnu i jednostavnu za upotrebu softversku biblioteku za implementaciju sigurne mrežne komunikacije i osnovnih kriptografskih primitiva kao što su šifrovanje podataka, digitalno potpisivanje, funkcije za očuvanje integriteta podataka i slično. Sa druge strane, navedena softverska biblioteka predstavlja i nezavisni rezultat ovog projekta, jer nudi implementaciju elementarnih kriptografskih primitiva koja se može koristiti gde god je potrebno kreirati efikasnu infrastrukturu za sigurnu komunikaciju putem računarskih mreža[5].

Na najnižem nivou arhitekture su alati čija je namena da omoguće optimizaciju implementacije elementarnih kriptogarfskih primitiva koje je teško uraditi ručno, a pored toga imaju zadatak da automatski detektuju i uklanjaju fizičke sigurnosne propuste koji omogućavaju napade koji se zasnivaju na "*informacijama u bočnom kanalu*". Struktura rešenja na ovom nivou je slična prethodnim nivoima, razvijen je programski jezik koji omogućava specifikaciju željenih kriptografskih izračunavanja, koji se zatim, primenom namenskog kompajlera, transformiše u izvršni kod.

Tehnički gledano glavni ciljevi prilikom dizajniranja ovog alata su[5]:

- Automatsko prevođenje iz prirodne specifikacije kriptografskog rešenja u izvršni programski kod,
- Automatska analiza i korekcija bezbednosnih karakteristika ponuđenog rešenja,
- Automatska optimizacija za izvršavanje na različitim platformama,
- Omogućiti efikasan transfer i eksploataciju znanja,
- Uspostaviti i razviti novu istraživačku oblast.

2.2. CertyCrypt alat

CertiCrypt je mašinski kontrolisano razvojno okruženje koje je realizovano na osnovama *Coq proof assistant* okruženja[6]. On podržava pristup implementaciji softverskih kriptografskih sistema zasnovan na teoriji igara, u kome se svi bezbednosni pojmovi i pretpostavke formalizuju kao programi sa određenom verovatnoćom pojavljivanja. Navedni programi nazivaju se igrama, dok se kriptografski dokazi organizuju kao sekvence ili stabla igara. Kriptografski dokazi se zatim izvode

ograničavanjem ukupne udaljenosti između početne igre, koja izražava bezbednost konstrukcije koja se proučava, i nekog podskupa igara na listovima zamišljenog stabla, koji predstavljaju pretpostavku o računarskoj složenosti.

Posmatrano iz ugla formalizacije, navedeni pristup ima dvostruke prednosti. Prvo, ovaj pristup nudi rigorozni formalizam baziran na programskim jezicima koji predstavljaju naučno polje sa dugom istorijom formalne verifikacije koja je široko podržana različitim razvojnim alatima. Drugo, organizovanje dokaza kao sekvence igara od suštinskog je značaja za umanjivanje njihove složenosti i pruža mogućnost za prepoznavanje šablona čija se primena može automatizovati.

Navedeni alat obezbeđuje denotacijsku semantiku programskog jezika, zasnovanu na *ALEA* programskoj biblioteci, kao i instrumentacionu semantiku koja se korisiti za modelovanje računarske složenosti programa i za definisanje klase verovatnoće polinomijalnog vremena izvršavanja programa[7]. Pored toga, *CertiCrypt* podržava uobičajene forme rezonovanja u kriptografskim dokazima kroz bogat skup metoda za verifikaciju programa sa određenom verovatnoćom pojavljivanja, uključujući verovatnoću relacije Hoareove logike (pRHL), sertifikovane programske transfomracije, i tehnike koje su naširoko korišćene u oblasti kriptografskih dokaza kao što su ciljano i/ili sporo uzorkovanje i neuspeli događaji.

CertiCrypt alat je razvijan od 2005. do 2011. godine i korišćen je za dokazivanje sigurnosti nekoliko istaknutih kriptografskih konstrukcija, uključujući digitalno potpisivanje bazirano na primeni RSA kriptografskog algoritma, OAEP šemu dopunjavanja (engl. OAEP – Optimal Asymetric Encryption Padding), Boneh-Frankling kriptografski algoritam baziran na identitetu korisnika, kriptografski dokazi bez otkrivanja dodatnih informacija i kriptografske kompresione funkcije za izračunavanje otiska poruke u sistemima sa eliptičkim krivama. Jedna ekstenzija CertiCrypt alata korišćena je za rezonovanje o diferencijalnoj privatnosti, pojmu koji formalizuje snažne garancije o privatnosti i kontekstu pretraživanja podataka i reperkusija koje se odnose na očuvanje privatnosti pretraživanih podataka.

2.3. EasyCrypt alat

EasyCrypt alat je softverski alat pomoću koga se može rasuđivati i rezonovati o bezbednosti kriptografskih konstrukcija. Dva ključna cilja dizajna EasyCrypt alata su unapređenje automatizacije procesa (posmatrano u odnosu na CertiCrypt) i ponovna upotreba postojeće tehnologije za verifikaciju kriptografskih konstrukcija[8]. Prema tome, glavna komponenta početnog prototipa bio je generator uslova verifikacije za verovatnoću relacije Hoareove logike koja je primenjena u CertiCrypt alatu.

Razvoj protipa EasyCrypt alata počeo je 2009. godine i faktički predstavlja nadogradnju CertiCrypt alata. Inicijalni protoip je korišćen za dokazivanje sigurnosti nekoliko kriptografskih konstrukcija, uključujući Cramer-Shoup i ZAEP kriptografske algoritme i Merkle-Damgard iterativnu kriptografsku komresionu funkciju[9].

Iako je ovaj rani prototip uveliko pojednostavio pisanje potpuno formalnih dokaza o bezbednosti kriptografskih primitiva, još uvek nije bio podoban za obradu složenih kriptografskih sistema. Sa ciljem da se prevazuiđu navedeni nedostaci, tokom 2012. godine počinje kompletna reimplementacija EasyCrypt alata. Ciljevi pomenute reimplementacije bili su trostruki:

- prvo, konsolidovati prototip u robustnu platformu koja se uz razuman napor može održavati i nadograđivati;
- drugo, kreirati svestranu platformu koja podržava automatizovane kriptografske dokaze, ali takođe omogućava korisnicima da izvode složene interaktivne dokaze koji prožimaju verifikaciju programskog koda i preciznu matematičku formalizaciju;
- treće, razviti i implementirati kvalitetnu osnovu potrebnu za primenu standardnih principa kriptografskog rezonovanja koji nisu bili dostupni u prototipu[10].

Nakon reimplementacije, navedeni alat je omogućio formalizaciju kriptografskih dokaza koje nije bilo moguće formalizovati prototipom, uključujući kriptografske dokaze za evaluaciju sigurnosti složenih kriptografskih funkcija, za evaluaciju proverivog izračunavanja i autentikovanih protokola razmene kriptografskih ključeva[11].

3. PRAVCI DALJEG RAZVOJA CACE ALATA

Jedan od mogućih pravaca daljeg razvoja CACE alata treba da bude usmeren na potpuno izbegavanje semantičke praznine između teoretskih specifikacija kriptografskih primitiva i njihovih konkretnih implementacija.

Prethodno analizirani CACE alati, predstavljaju alate koji se zasnivaju na formalnim specifikacijama koje su realizovane kroz novi programski jezik ili kroz primenu specifičnih programskih biblioteka implementiranih u nekom od poznatih i široko rasprostranjenih programskih jezika.

Primena formalnih specifikacija ne može u potpunosti da eleminiše navedene semantičke praznine. Prema procenama autora ovog rada, najbolji način za izbegavanje semantičke praznine između teoretskih specifikacija kriptografskih primitiva i njihovih konkretnih implementacija bio bi kvalitetan i kompletan CACE alat za vizuelno predstavljanje i vizuelnu specifikaciju kriptografskih primitiva i složenih kriptografskih sistema.

Navedeni alat bi spadao u grupu CACE alata za modelovanje softverskih i softversko-hardverskih sistema

u specifičnom domenu kakav je kriptografski softverski inženjering.

Krajnji korisnici alata bi trebalo da imaju mogućnost da vizuelno predstave - specificiraju kriptografsku primitivu ili složeni kriptografski sistem. Tačnije, korisnici bi trebalo da mogu da ih predstave na jednom višem nivou apstrakcije. Sa druge strane sam CACE alat bi trebalo da ima mogućnosti da uradi sva potrebna testiranja karakteristika navedene kriptografske primitive (ili složenog kriptografskog sistema) i da isporuči adekvatan i sadržajan izveštaj.

Pored prethodno navedenog, novodefinisani CACE alat bi, osim vizuelne specifikacije, mogao, i trebao, da ima ugrađene generatore programskog koda koji bi na osnovu vizuelne specifikacije generisali provereni, optimizovani i pouzdani programski kod kriptografske primitive (i složenog kriptografskog sistema) u nekom od široko zastupljenih i korišćenih programskih jezika, kao što su C, C++, JAVA, Python i drugi.

Pored generisanja programskog koda u nekom od navedenih programskih jezika, navedeni alat bi mogao da ima i funkcionalnost prevođenja vizuelnog modela kriptografske primitive i složenih kritografskih sistema u VHDL (engl. *VHDL - VHSIC Hardware Description Language*) programski jezik za opis i dizajn hardvera.

Ovako osmišljen složeni CACE alat bi svakako predstavljao preteču specifikacije nekog objedinjenog i univerzalnog jezika za modelovanje kriptografskih primitiva i složenih kriptografskih sistema.

4. ZAKLJUČAK

Iz svega navedenog može se zaključiti da je dizajn i implementacija novog CACE alata jedan od mogućih (ako ne i jedini) načina za prevazilaženje semantičke praznine između teoretskih specifikacija kriptografskih primitiva i njihovih konkretnih implementacija.

Predloženi CACE alat, koji bi bio podrška razvoju kvalitetnog kriptografskog softvera i složenih kriptografskih sistema, predstavljao bi preteču specifikacije novog, objedinjenog i univerzalnog jezika za modelovanje kriptografskih primitiva i složenih kriptografskih sistema.

Pored gore navedenog prevazilaženja semantičke praznine između teoretskih specifikacija kriptografskih primitiva i njihovih konkretnih implementacija, predloženi CACE alat, koji bi bio podrška razvoju visokokvalitetnog kriptografskog softvera, doprineo bi i povećanju produktivnosti, boljem kvalitetu softverskog proizvoda i uspešnijem procesu deljenja ekspertskog znanja kroz implementaciju univerzalnog jezika za modelovanje kriptografskih primitiva.

LITERATURA

[1] P. G. Sarkar i S. Fitzgerald, „*Attacks on SSL, a comprehensive study of BEAST, CRIME, TIME, BREACH, LUCKY 13 & RC4 BIASES*“, članak dostupan na http://www.isecpartners.com

[2] The Hartblead Bug, dostupno na http://www.heartbleed.com

[3] J. P. Degabriele, K. G. Paterson, i G. J. Watson: „*Provable security in the real world*“, IEEE Security & Privacy, 9(3):33-41, 2011

[4] Web prezentacija projekta EU/FP7-ICT dostupno na http://www.cace-project.eu

[5] D. J. Bernstain, T. Lange i P. Schwabe, „*The security impact of a new cryptographic library*“, International conference on Cryptology and information security in Latin America – LATINCRYPT 2012, pp 159-167, 2012.

[6] G. Barthe, B. Gregorie i S. Zanella-Beguelin, „*Formal certification of code-based cryptographic proofs*“, In 36th ACM Sigplan-Sigact Symposium on principles of programming languages, POPL 2009, strane 90-101, New York.

[7] P. Audebaud i C. Paulin-Mohring, „*Proofs of randomized algorithms in Coq*“, Science of Compiter Programming, 74(8), pp 568-589, 2009.

[8] G. Barthe, B. Gregorie, S. Heraud i S. Zanella-Beguelin, „*Computer-aided security proofs for the working cryptographer*“, Advances in Cryptology – CRYPTO 2011, volume 6841 of Lecture Notes in Comuter Science, strane 71-90, Springer, 2011.

[9] G. Barthe, J. M. Crespo, B. Gregoire, C. Kunz, Y. Lakhnech, B. Schmidt i S. Z. Beguelin, „*Fully automatedanalysis of padding-based encryption in the computational model*“. in ACMCCS 13: 20th Conference on Computer and Communications Security, strane 1247-1260. ACM Press, 2013.

[10] G. Barthe, E. Fagerholm, D. Fiore, J. Mitchell, A. Scedrov i B. Schmidt, „*Automated analysis of cryptographic assumptions in generic group models*“, in Advances in Cryptology - CRYPTO 2014, volume 8616 of Lecture Notes in Computer Science, strane 95-112, Heidelberg, Springer.

[11] G. Barthe, F. Dupressoir, B. Gregoire, C. Kunz, B. Schmidt i P. Y. Strub, „*Easycrypt: A tutorial*“, Foundations of Security Analysis and Design VII, volume 8604 pages 146-166. Springer International Publishing, 2014a. ISBN 978-3-319-10081-4.x

PRIMENA SIMULACIJE U KINEMATIČKOJ ANALIZI MEHANIZAMA

APPLICATION OF SIMULATION IN THE KINEMATIC ANALYSIS OF MECHANISMS

Milica Todorović[1], Ivana Terzić[1], Slobodan Aleksandrov[1], Goran Miodragović[1]
Akademija strukovnih studija Šumadija, odsek Trstenik, Srbija [1]

Sadržaj – *Kada se formiraju kinematičke jednačine koje opisuju kretanje pojedinih delova mehanizma, neke od njih su nelinearne i ne postoji mogućnost njihovog analitičkog rešavanja. Jedan od načina određivanja kinematičkih veličina je da se rešenja daju uz izvesne aproksimacije. Takođe je moguće grafičkim putem odrediti kinematičke veličine u pojedinim položajima mehanizma ali to zahteva preciznu izradu i znatno vreme. S druge strane, za simulaciju već formiranog matematičkog modela komercijalno je dostupan Simulink iz programskog paketa MATLAB. Takvim pristupom se dobija grafički prikaz rešenja ili familije rešenja za različite ulazne podatke što omogućava očitavanje vrednosti brzine ili ubrzanja za bilo koji položaj mehanizma ali i može biti korisno za bilo koju vrstu dalje analize.*

Abstract - *When kinematic equations are formed that describe the movement of individual parts of the mechanism, some of them are non-linear, and there is no possibility of their analytical solution. Giving solutions with certain approximations is one of the ways to determinate kinematic quantities. Also, the kinematic quantities in individual positions of the mechanism can be determined graphically, but this requires precise production and a considerable amount of time. On the other hand, for the simulation of the already formed mathematical model, the Simulink from the MATLAB software package is commercially available. This approach provides a graphical representation of the solutions or family of solutions for different input data, which allows the reading values of the velocity or acceleration for any position of the mechanism, but it can also be useful for any kind of further analysis.*

1. UVOD

Kod mehanizama se kinematičkom analizom određuju položaj klipa, brzina i ubrzanje pojedinih članova. U nastavi su ove veličine određivane grafičkim ili analitičkim metodama [1,2]. U novije vreme primenjuju se računarski paketi opšte namene ili programski paketi specijalizovani za analizu mehanizama.

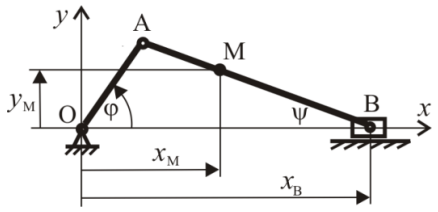
Pri grafičkom određivanju kinematičkih parametara koriste se metode plana brzina i ubrzanja, metoda zaokrenutih brzina i metoda trenutnih polova ali i druge metode [3]. Kod svih grafičkih metoda brzine i ubrzanja određuju se samo za pojedine položaje članova mehanizma (za zadati ugao pogonske poluge, krivaje). Rezultati dobijeni ovim postupkom svakako zavise od preciznosti crtanja.

Analitičke metode rešavanja zasnivaju se na formiranju jednačina kretanja izabranog elementa mehanizma ali je u postupku diferenciranja, u cilju dobijanja izraza za brzinu i ubrzanje, u najvećem broju slučajeva potrebno uvesti aproksimacije. Koristeći analitičke izraze koji opisuju kretanje pojedinih članova mehanizma neki autori koriste MATLAB za numeričko rešavanje nelinearnih algebarskih jednačina [4,5].

U ovom radu biće prikazana primena postupka simulacije, korišćenjem Simulink-a iz programskog paketa MATLAB, pri određivanju položaja, brzine i ubrzanja pojedinih članova ili tačaka mehanizma.

2. KLIPNI MEHANIZAM

Geometrijski model tipičnog aksijalnog klipnog mehanizma prikazan je na slici 1. Pogonska poluga (krivaja) ima dužinu $OA=r$ i gradi ugao φ sa osom Ox Dekartovog koordinatnog sistema. Ugao φ se dobija određivanjem proizvoda ugaone brzine obrtanja pogonske poluge i vremena: $\varphi=\omega t$. Poluga (štap) AB ima dužinu l i sa osom Ox gradi ugao ψ. Klip B (ili klizač) zglobno je vezan za kraj B poluge AB i kreće se pravolinijski po pravcu ose cilindra (ili vođice klizača) tj. Ox ose.



Slika 1. Geometrija klipnog mehanizma

2.1. Jednačine kretanja klipa i tačke M na poluzi AB

Koristeći napred navedene oznake može se napisati jednačina kretanja klipa B:

$$x_B = x(t) = OA\cos\varphi + AB\cos\psi \qquad (1)$$

pri čemu izrazi za trigonometrijske funkcije ugla ψ između poluge AB i Ox ose glase:

$$\sin\psi = \frac{r}{l}\sin\varphi$$

$$\cos\psi = \sqrt{1-\sin^2\psi} = \frac{1}{l}\sqrt{l^2 - r^2\sin^2\varphi}$$

Pri analitičkom određivanju kinematičkih veličina, radi jednostavnijeg daljeg rada, izraz za $\cos\psi$ se razvija u red pa se uzimaju samo prva dva člana. Na taj način se dobija pojednostavljen izraz koji se jednostavno može analitički diferencirati.

Bez aproksimacije dobija se tačan izraz koji opisuje kretanje klizača u funkciji vremena

$$x(t) = r\cos\omega t + \sqrt{l^2 - r^2\sin^2(\omega t)} \tag{2}$$

odnosno u funkciji ugla krivaje

$$x(\varphi) = r\cos\varphi + \sqrt{l^2 - r^2\sin^2\varphi} \tag{3}$$

Izrazi za određivanje koordinata tačke M, koja se nalazi na proizvoljnom rastojanju $AM=h$ od tačke A, mogu se pisati koristeći oznake prikazane na slici 1:

$$\begin{aligned} x_M &= x(t) = OA\cos\varphi + AM\cos\psi \\ y_M &= y(t) = OA\sin\varphi - AM\sin\psi \end{aligned} \tag{4}$$

Nakon zamene izraza za trigonometrijske funkcije ugla ψ i sredjivanja dobijaju se jednačine kretanja tačke M u obliku:

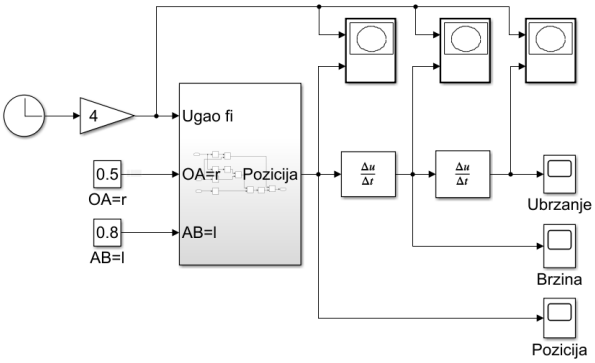
$$\begin{aligned} x(t) &= r\cos\omega t + \frac{h}{l}\sqrt{l^2 - r^2\sin^2(\omega t)} \\ y(t) &= \frac{r(l-h)}{l}\sin\omega t \end{aligned} \tag{5}$$

2.2. Simulacija i rezultati simulacije

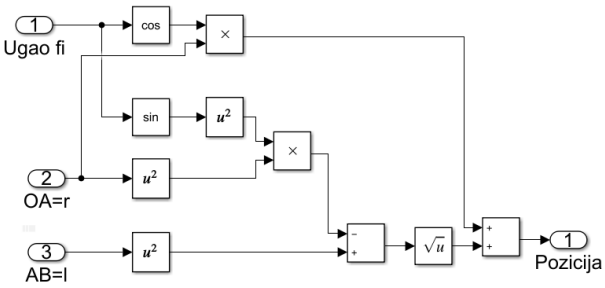
Za simulaciju dinamičkih sistema, posebno ako se opisuju nelinearnim jednačinama, široko je rasprostranjen Simulink iz programskog paketa MATLAB, koji je primenjen i u ovom radu [6], [7].

Na osnovu jednačina (2) i (3) formiran je simulacioni model (slika 2) za određivanje pozicije, brzine i ubrzanja klipa u funkciji vremena ili u funkciji ugla φ krivaje.
Pri simulaciji su korišćeni podaci:
OA=r=0,5 m; AB=l=0,8 m; ω= 4 rad/s.

U podsistemu ovog modela (slika 3) izračunavaju se svi članovi koji čine jednačinu kretanja klipa.

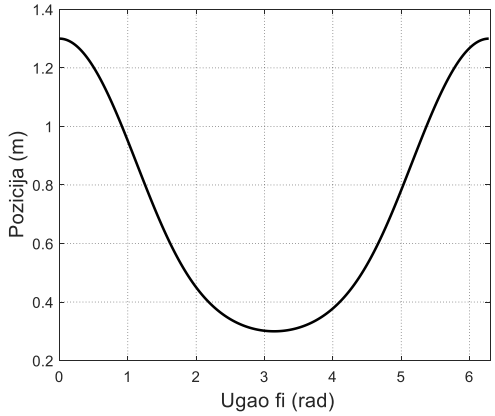


Slika 2. Simulink model za određivanje kinematičkih veličina klipa



Slika 3. Podsistem za izračunavanje položaja klipa

Rezultati simulacije prikazani su na dijagramima pozicije (slika 4), brzine (slika 5) i ubrzanja (slika 6) u funkciji ugla krivaje φ. Svaki od ovih dijagrama može, po potrebi, biti prikazan i u funkciji vremena.

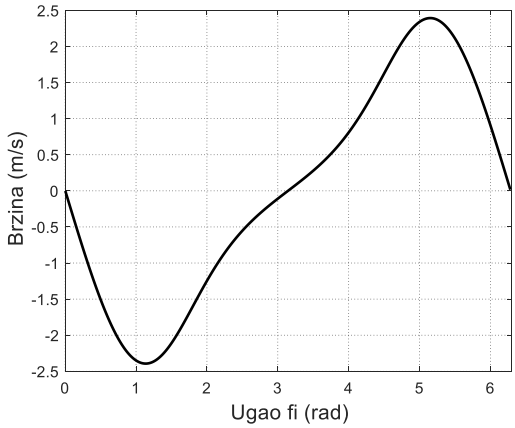


Slika 4. Pomeranje klipa u funkciji ugla

Klip počinje kretanje iz svog krajnjeg desnog položaja na putanji *(za ugao $\varphi=0^0$)* (slika 4) $x_{max} = l + r = 1{,}3m$ i kreće se ulevo.

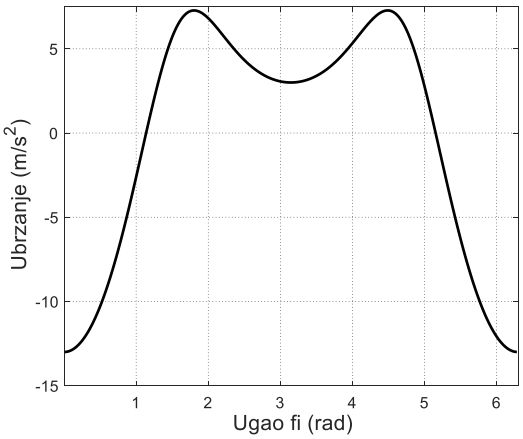
Nakon *0,8s* (tj. nakon obrtanja pogonske poluge za ugao $\varphi=180^0$) stiže u krajnji levi položaj $x_{min} = l - r = 0{,}3m$ a nadalje se ponovo kreće ka svom krajnjem desnom položaju.

Ceo ciklus kretanja završava se za *1,57s (*za $\varphi=360^0$*).*



Slika 5. Brzina klipa u funkciji ugla

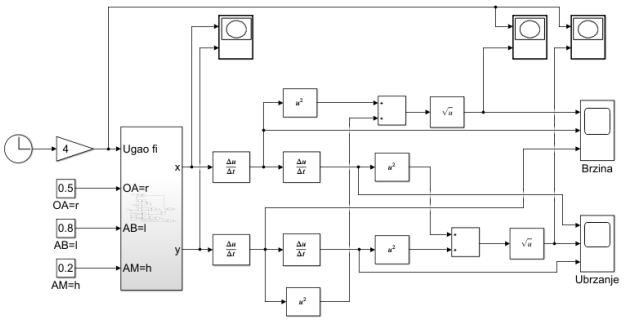
Kretanje klipa počinje bez početne brzine (slika 5) a zatim je brzina usmerena u negativnom smeru *Ox* ose a njena vrednost raste od nule do $v_1 = -2{,}4 m/s$ (za $\varphi = 90^0$) a zatim opada do nule u krajnjem levom položaju. Dalje se smer brzine menja i ona raste do svoje maksimalne veličine $v_2 = 2{,}4 m/s$ (za $\varphi = 270^0$) a onda ponovo opada do nule (u krajnjem desnom položaju klipa).



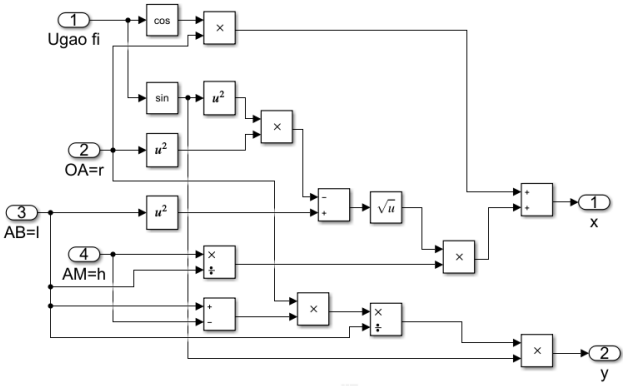
Slika 6. Ubrzanje klipa u funkciji ugla

Sa dijagrama na slici 6 vidi se da je ubrzanje u početnom trenutku $a_0 = -13 m/s^2$ usmereno u negativnu stranu *Ox* ose kao i brzina (slika 5) tj. kretanje klipa u tom periodu je ubrzano. Tokom daljeg kretanja do $\varphi = 180^0$ se brojna vrednost ubrzanja smanjuje do nule a onda postaje pozitivna. Sa slika 5 i 6 se vidi da je ubrzanje u tom periodu suprotnog smera od brzine (usporeno kretanje). Od krajnjeg levog (za ugao $\varphi = 180^0$) do krajnjeg desnog položaja (pod uglom $\varphi = 360^0$) dijagram ubrzanja je simetričan u odnosu na prethodni period od 0 do 180^0.

Po jednačinama (5) formiran je simulacioni model prikazan na slici 7, za određivanje kinematičkih veličina kretanja tačke M, sa podsistemom za određivanje koordinata prikazanim na slici 8. Svi podaci su istovetni kao u modelu sa slike 2, s tim što se zadaje i rastojanje $AM = h = 0{,}2m$.

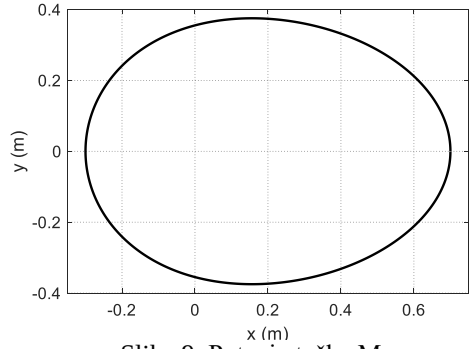


Slika 7. Simulink model za određivanje kinematičkih veličina tačke M



Slika 8. Podsistem za izračunavanje koordinata tačke M

Eliptična putanja tačke M, sa centrom $C(0{,}2;0)$, prikazana je na slici 9. Krajnje horizontalne položaje tačka M dostiže za dve određene vrednosti ugla φ i to:
$\varphi_{1x} = 0^0$ (tačka M između O i B): $x_1 = r + h = 0{,}7m$;
$\varphi_{2x} = 180^0$ (tačka M između A i O): $x_2 = -0{,}3m$.
Krajnje vertikalne položaje tačka M dostiže za vrednosti ugla φ:
$\varphi_{1y} = 90^0$ (tačka M iznad *Ox* ose): $y_1 = 0{,}375m$;
$\varphi_{2y} = 270^0$ (tačka M ispod *Ox* ose): $y_2 = -0{,}375m$.

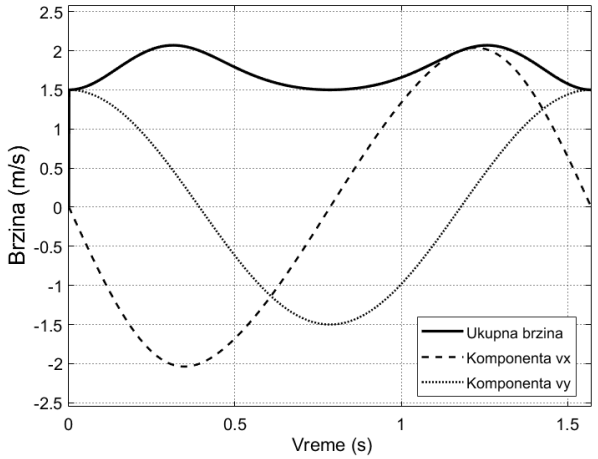


Slika 9. Putanja tačke M

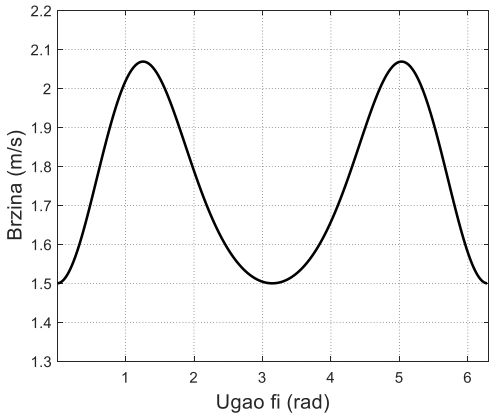
Dijagrami promene brzine dati su: sa komponentama u funkciji vremena (slika 10) i ukupna brzina u funkciji ugla rotacije (slika 11). Na isti način prikazani su dijagrami promene ubrzanja na slikama 12 i 13.

Početna brzina tačke M ima samo vertikalnu komponentu pozitivnog znaka (smera *Oy* ose). Vertikalna komponenta brzine se po vrednosti dalje menja kao prosto periodična funkcija, sa amplitudom $1{,}5 m/s$, koliko iznosi i njena

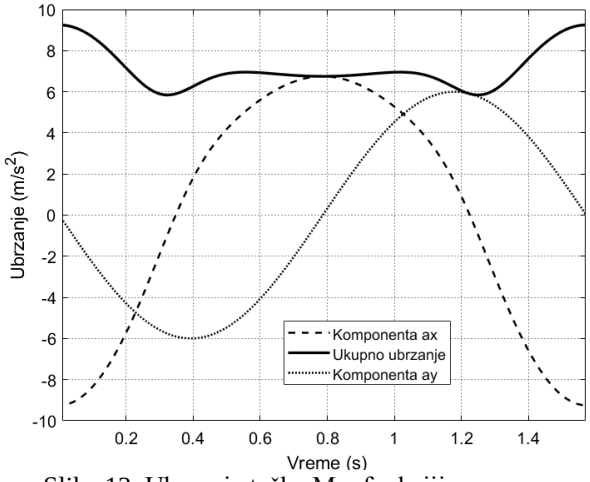
početna vrednost (slika 10). Horizontalna komponenta je takođe prosto periodična funkcija, sa amplitudom *2m/s*. Ukupna brzina se periodično menja u rasponu od *1,5m/s* do *2,1m/s* a minimalne vrednosti ima u krajnjim horizontalnim položajima (za uglove $\varphi=0^0,180^0$ i 360^0) (slika 11).



Slika 10. Brzina tačke M u funkciji vremena

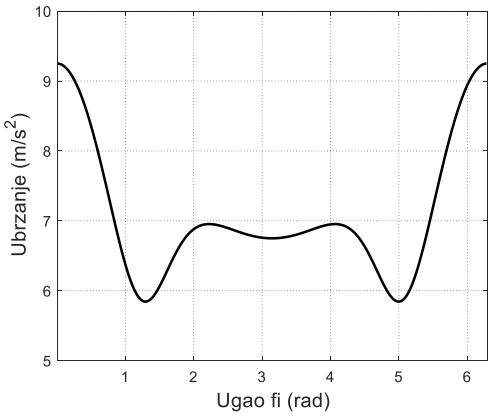


Slika 11. Ukupna brzina tačke M u funkciji ugla



Slika 12. Ubrzanje tačke M u funkciji vremena

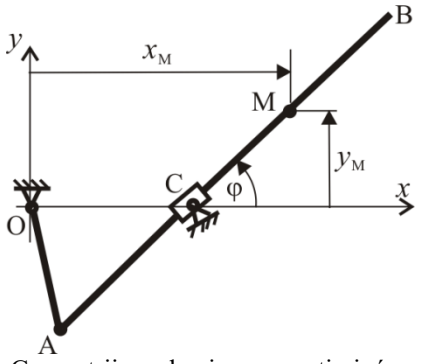
Na početku kretanja tačka M ima samo horizontalnu komponentu ubrzanja negativnog znaka (slika 12). Tokom daljeg kretanja se komponente ubrzanja menjaju na način kako to prikazuje dijagram na slici 12. Ukupno ubrzanje dostiže najveću vrednost u krajnjem desnom položaju (na početku i na kraju ciklusa - za uglove $\varphi=0^0$ *i* 360^0) (slika 13).



Slika 13. Ukupno ubrzanje tačke M u funkciji ugla

3. MEHANIZAM SA ROTIRAJUĆOM KULISOM

Mehanizam na slici 14 se sastoji od krivaje *OA=r* koja rotira oko ose O konstantnom ugaonom brzinom ω (*rad/s*). Za kraj A krivaje je zglobno vezan štap *AB=3r* koji prolazi kroz klizač C i opisuje ugao $\varphi=\omega t$ sa horizontalnom *Ox* osom. Data su rastojanja *OC=r (m)* i *AM=2r*.



Slika 14. Geometrija mehanizma sa rotirajućom kulisom

3.1. Jednačine kretanja tačke M na poluzi AB

Koordinate x_M i y_M tačke M, na štapu AB mehanizma, mogu se izraziti preko poznatih dužina *OA=r*, *AM=2r* i ugla φ. Tako se dobijaju jednačine koje opisuju kretanje tačke M u funkciji vremena:

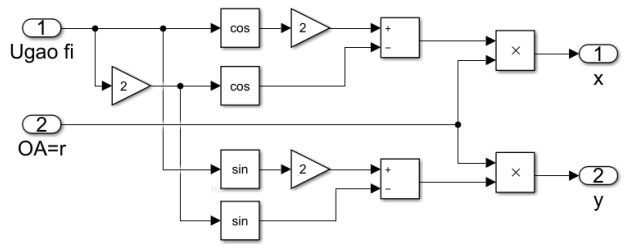
$$\begin{aligned} x(t) &= r\left(2\cos\omega t - \cos 2\omega t\right) \\ y(t) &= r\left(2\sin\omega t - \sin 2\omega t\right) \end{aligned} \tag{6}$$

3.2. Rezultati simulacije

Simulacioni model formiran po jednačinama (6) je jako sličan modelu prikazanom na slici 7, a razlikuje se u podsistemu (slika 15) u kome se određuju koordinate tačke M.

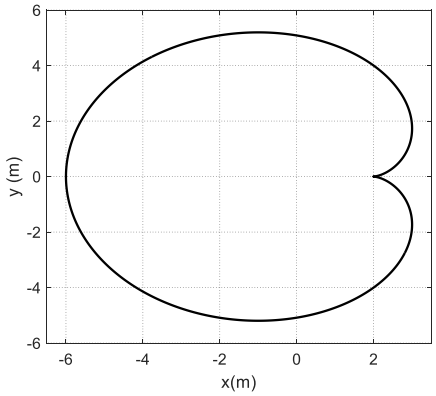
Pri simulaciji su korišćeni podaci:

OA=r=2 m, ω= 1 rad/s.

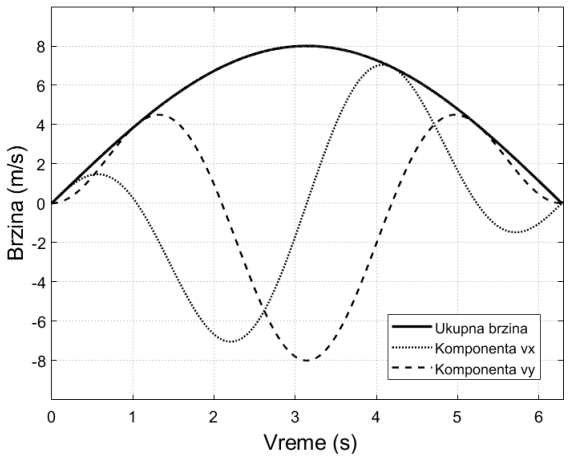


Slika 15. Podsistem za izračunavanje koordinata tačke M

Putanja tačke M je kardioida prikazana na slici 16. Dijagrami brzine i ubrzanja u funkciji vremena prikazani su na slikama 17 i 18 i imaju potpuno isti izgled kao i dijagrami $v=v(\varphi)$ i $a=a(\varphi)$ jer je u ovom slučaju $\varphi=\omega t=1 \cdot t=t$.



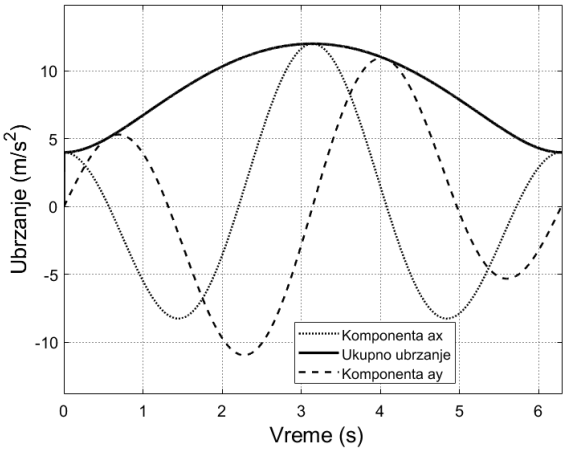
Slika 16. Putanja tačke M - kardioida



Slika 17. Brzina tačke M u funkciji vremena

Ukupna početna brzina je jednaka nuli a dalje se brzina menja u granicama od *0* (na početku i kraju ciklusa) do *8m/s* (u trenutku *t=3,14s*). Komponente brzine u pravcima koordinatnih osa se periodično menjaju kao što se vidi na slici 17.

Ukupno ubrzanje ima najmanju vrednost $4m/s^2$ na početku i kraju ciklusa a najveću $12m/s^2$ na sredini ciklusa, u trenutku *t=3,14s*. Promena komponenti ubrzanja ima periodičan karakter.



Slika 18. Ubrzanje tačke M u funkciji vremena

4. ZAKLJUČAK

U radu je prikazana mogućnost primene simulacije u vizuelizaciji kinematičkih parametara kretanja mehanizama.

Na ovaj način se dobijaju dijagrami zavisnosti položaja, brzine i ubrzanja od vremena ili od referentnog ugla. Takav prikaz omogućava da se za bilo koji vremenski trenutak, tj. bilo koji položaj mehanizma sa dijagrama očitaju koordinate položaja, brzina i ubrzanje. Sem toga, formirani simulacioni model omogućava da se jednostavno dobiju rezultati za odgovarajući mehanizam drugih dimenzija ili za kretanje sa izmenjenom ugaonom brzinom obrtanja pogonskog elementa.

LITERATURA

[1] Zlokolica, M., Čavić, M. & Kostić, M., Mehanika mašina, FTN Izdavaštvo, Novi Sad, 2005.

[2] Živković, Ž., Teorija mašina i mehanizama – kinematika, Mašinski fakultet, Niš, 1992.

[3] Ljubomirović, M., "Određivanje ubrzanja i trenutnog pola ubrzanja metodom $1/\omega^2$" Tehnika – Mašinstvo 66 (2017) 5, str. 694-698, 2017.

[4] Milašinović, A., Knežević, D. & Milovanović Z., Kinematika i dinamika klipnog mehanizma. Mašinski fakultet, Univerzitet u Banjoj Luci, 2018.

[5] Todorović, M., Čajetinac, S., Mehanika kroz inženjersko programiranje. Visoka tehnička mašinska škola strukovnih studija, Trstenik, 2016.

[6] Karris, S., Signals and Systems with MATLAB® Computing and Simulink® Modeling. Third Edition, Orchard Publications, 2007.

[7] MATLAB Simulink® 7, User's Guide, © Copyright 1990–2015 by the MathWorks, Inc.

INOVATIVNI IKT MODELI E-POSLOVANJA U ŽELEZNIČKOM TRANSPORTU

INNOVATIVE ICT MODELS OF E-BUSINESS IN RAILWAY TRANSPORT

Zoran Pavlović[1], Zoran Bundalo[1], Marko Bursać[1] Goran Tričković[1]
Akademija tehničko-umetničkih strukovnih studija Beograd, Odsek Visoka železnička škola[1]

Sadržaj – *U ovom radu predstavljeni su osnovni pravci za upotrebu inovativnih IKT modela e-poslovanja u železničkom prevozu korisnika usluga. Poseban akcenat je usmeren na odrednice koje predstavljaju digitalno doba u cilju povećanja kvaliteta prevozne usluge na osnovu realih očekivanja korisnika usluga. Pregled tehnologija e-poslovanja koje ostvaruju e-komunikaciju između korisnika i železnice kao provajdera usluge može da zadovolji viziju i misiju železničkog prevoznika za ostvarivanje liderske pozicije u masovnom prevozu putnika. Transformacija poslovnih procesa u železničkom saobraćaju podrazumeva novu sistematizaciju radnih mesta koja je prilagođena zaposlenima.*

Abstract - *This paper presents the basic directions for the use of innovative ICT models of e-business in rail transport of service users. Special emphasis is placed on the determinants that represent the digital age in order to increase the quality of transport services based on the real expectations of service users. An overview of e-business technologies that achieve e-communication between users and the railway as a service provider can satisfy the vision and mission of the railway undertaking to achieve a leading position in mass passenger transport. The transformation of business processes in railway transport implies a new systematization of jobs that is adapted to employees.*

1. UVOD

U osnovi, elektronsko poslovanje može da se definiše kao proces realizacije aktivnosti kupovine ili prodaje, koja je organizovana u sistemu povezanih računarskih mreža. Autori [1] definišu elektronsko poslovanje kao transformaciju poslovnih procesa u organizacijama upotrebom internet tehnologija.

Jedna od osnovnih prednosti primene elektronskog poslovanja u odnosu na tradicionalne načine koji su u upotrebi, manifestuje se kroz:

- Povećanje kvaliteta usluge;
- Mogućnost plasiranja dodatnih usluga ili proizvoda, kako bi se zadovoljile potrebe korisnika;
- Smanjenje vremena koje je potrebno za prezentaciju usluge ili proizvoda kroz implementaciju inovativnih kanala distribucije;
- Sniženje cena usluge ili proizvoda;
- Integraciju više organizacija sa jednim zajedničkim ciljem ostvarivanja većih prihoda;
- Analizu prikupljenih podataka koji se ostvaruju u interakciji korisnika i servisa provajdera usluge;
- Neprekidnu digitalnu komunikaciju između korisnika i provajdera usluge;
- Realizaciju novčanih transakcija putem internet tehnologija itd.

Elektronsko poslovanje može se posmatrati kao aktivnost realizacije poslovnih procesa uz pomoć internet tehnologija za postizanje visokog nivoa kvaliteta usluge, kao i ostvarivanje boljih ekonomskih rezultata za organizacije. Poslovni rezultati organizacije, tj. provajdera usluge, mogu se ogledati i kroz smanjenje operativnih troškova koji nastaju u tradicionalnim poslovanjima, kao i smanjenje složenosti kupovine u cilju povećanja kvaliteta usluge [2].

Primena saobraćajnog inženjeringa u inteligentnim transportnim sistemima, može da reši i ublaži problem upravljanja tokovima putnika u više koraka, sa sveobuhvatnim razmatranjem faktora iz vremenske, izvorno-odredišne prostorne i frekventne perspective [3].

Analiza literature identifikuje trenutni interes za usvajanje internet tehnologija i ističe da faktori koji utiču na različite faze poslovnog životnog ciklusa i istraživačke varijable treba da budu odabrani u smislu različitih tipova tehnologije [4].

Razvojem interneta dolazi se do velike primene raznih modela poslovanja u transportnim organizacijama. Železnica, kao lider u masovnom prevozu putnika i robe, zauzima značajno mesto u razvoju Republike Srbije. Razvoj informaciono-komunikacionih tehnologija (IKT) unosi novine u poslovanje transportnih organizacija, tj. železnice, kroz razmenu podataka između zaposlenih kao i sa drugim organizacijama (Republičkim zavodom za statistiku, prilikom naplate PDV od izvršenih prevoznih usluga itd.).

Transportne organizacije u svojoj ponudi imaju bolje mogućnosti za povećanje kvaliteta usluge, koje su interesantne korisnicima, tako da se očekuje i porast upotrebe elektronskog poslovanje [5].

Multi-modalni transport postaje istaknut zbog unapređenja prevoza kroz povezanost između železničkog i autobuskog saobraćaja u gradovima. Autori [6] koriste metodologiju za usluge internet mreže, kako bi došli do procene indeksa povezanosti između gradova.

2. OSNOVNE ODLIKE IKT MODELA

Komercijalizacija interneta je omogućila razvoj digitalne ekonomije, kao i primenu elektronskog poslovanja, početkom devedesetih godina. Tada nastaju nove mogućnosti za poslovanje od kojih su najvažnije:

- elektronska trgovina na globalnom tržištu,
- umrežavanje i integracija sa poslovnim partnerima,
- razvoj novih poslovnih modela, itd.

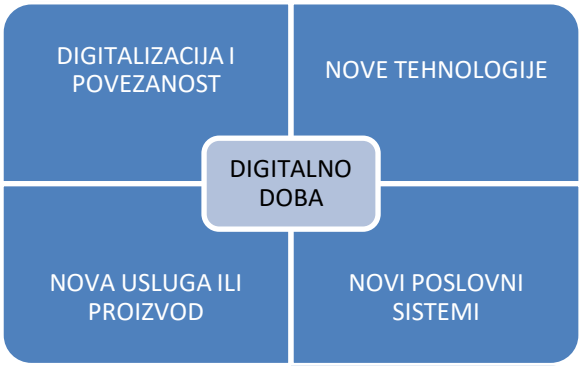
Primena elektronskog poslovanja utiče na razvoj inovativnih poslovnih modela koji su zasnovani na internetu. Poslovni modeli u prvi plan stavljaju korisnika usluge. Promene se dešavaju u bankarskom sektoru gde se kreiraju inovativne usluge kako bi se zadovoljile potrebe klijenata [1].

Autori [5] napominju da razvoj IKT i pojava interneta stvaraju digitalno doba, gde je omogućeno odvijanje procesa elektronskog poslovanja u virtualnom prostoru. Digitalno doba predstavlja novu paradigmu savremenog poslovanja i omogućava:

- digitalizaciju i povezanost,
- primenu novih tehnologija,
- stvaranje uslova za primenu novih poslovnih sistema, i
- plasiranje nove usluge ili proizvoda.

Digitalizacija i povezanost uređaja predstavljaju proces funkcionisanja procesa poslovanja na osnovu digitalnih informacija.

Nove tehnologije otvorilesu tržištu brojne mogućnosti za nastanak i razvoj organizacija koje menjaju način poslovanja, uz primenu standarda, protokola i servisa.Novi poslovni sistemi naveli su mnogobrojne organizacije da preispitaju način na koji opslužuju svoja ciljna tržišta. Nova usluga ili proizvodi način isporuke je jedan od osnovnih ciljeva digitalnog doba. Organizacijama je uz pomoć IKT omogućeno formiranje informacione osnove za novi pristup potrebama potrošača kroz novi proizvod ili uslugu. Na slici 1. prikazane su odrednice koje oblikuju novo digitalno doba.



Slika 1. Digitalno doba

Zaposleni na rukovodećim pozicijama u industriji su sada svesni da internet predstavlja ključni strateški faktor, a ne samo sredstvo za povećanje efikasnosti poslovanja. Ovi događaji doveli su do porasta naučnog interesovanja i aktivnosti koje su vezane za elektronsko poslovanje [7].

3. TEHNOLOGIJE KOJE SE PRIMENJUJU U E-POSLOVANJU

Osnovu čini tehnologija gde se stvara odnos između provajdera i korisnika usluge u prevozu, kao i identifikovanje segmenata koji utiču na kvalitet usluge koju nudi prevoznik [8]. Primena tehnologija zasnovanih na internetu povećava mogućnost isporuke i predstavlja glavni pokretač uspeha u elektronskom poslovanje [9].

Savremeni pristup platformi elektronskog poslovanja, koja je osnova za realizaciju inovativnih poslovnih modela, zahteva i primenu tehnologija na osnovu kojih unapred utvrđene strategije zasnovane na naprednim internet tehnologijama u organizacijama postižu efektivnost i efikasnost za nove trendove u oblasti internet komunikacije [1]:

- Interneta inteligentnih uređaja; stvara pametna okruženja u međusobnoj komunikaciji između uređaja koji su povezani na internet za izvršenje svakodnevnih zadataka
- Sveprisutnog računarstva; podrazumeva kombinaciju mobilnog računarstva, interneta inteligentnih uređaja i pametnih okruženja, gde je omogućeno prikupljanje i obrada podataka sa bilo kog mesta i u bilo koje vreme, uz pomoć pametnih telefona, kartica, senzorskih mreža, pametnih satova i narukvica, tj. uređaja koji su povezani i u neprekidnoj interakciji sa korisnikom.
- Bigdata koncepta; predstavlja novi pristup skladištenja, analize, deljenja, upravljanja i prenosa velike količine podataka.
- Softverski definisanih mreža; koncept obuhvata razdvajanje procesa upravljanja mrežom i prosleđivanje podataka.
- Mobilnih tehnologija; koje omogućavaju komunikaciju sa bilo kog mesta i u bilo koje vreme, na osnovu bežične mobilne infrastrukture.

Nedostatak znanja i nedovoljna stručna kompetencija o veb tehnologijama za podržavanje poslovnih strategija može da utiče na organizacione performanse. Konkretno autori [10] otkrivaju proces i, kroz veb tehnologije, poboljšavaju organizacione performanse. Veb tehnologije mogu poboljšati organizacione performanse olakšavajući postizanje konkurentske prednosti.

Transportne organizacije upotrebljavaju internet kao osnovno sredstvo za komunikaciju sa korisnicima [11]. Veb lokacije su važne i kompanije mogu privući klijente promovisanjem različitih karakteristika veb stranice.Istraživački model razmatra funkcije veb stranice, korišćenje veb sajta i zadovoljstvo kupaca.

Iako postoji sve veća količina teoretske literature, u dole navedenom radu autora, usmerena je pažnja na empirijske pokazatelje uspeha kompanija za elektronsko poslovanje u nekoliko industrija. Rezultati procene pokazuju da poslovni modeli u organizaciji sa primenom tehnologije ostvaruju veće prihode. Najvažniji element marketing strategije je postignuto zadovoljstvo kupaca, koje ima značajan i snažan uticaj na prihode, ali samo umeren direktan efekat na profitabilnost [12].

Zahtevi korisnika u železničkom saobraćaju povećavali se u proteklim decenijama. Da bi se zadovoljila veća potražnja, pojavio se nov sistem kontrole železničkog transporta. Sastoji se od modula sakupljanja, prenosa, analize i rasporeda podataka. U takvom kontekstu, izgrađen je sistem prenosa informacija za povezivanje vozova i centra za planiranje [13].

4. PRIMENA ELEKTRONSKOG POSLOVANJA U ŽELEZNIČKOM TRANSPORTU

Pregled teorije transformacije preduzeća identifikovao je pet kritičnih organizacionih dimenzija transformacije elektronskog poslovanja: korporativne strategije i transformacije vizije, organizacione strukture, transformacije proizvoda i tržišta, transformacije poslovnih procesa i transformacije korporativne kulture [14].

Platforme su definisane kao multidisciplinarno tržište sa poslovnim modelima koji omogućavaju proizvođačima i korisnicima da ostvaruju poslovne proceseu međusobnoj interakciji jedni sa drugima. Poslednjih godina, platforme su koristile napredak u digitalizaciji. Digitalne platforme i dalje pokazuju pozitivne rezultate, te su privlačne za kompanije. Digitalne platforme se koriste za inovacije poslovnog modela.

Primenom elektronskog poslovanja u železničkom saobraćaju unapređuje se interakcija sa korisnikom usluge i ujedno se poboljšava kvalitet poslovnih procesa. Korisnik usluge dobija aktivnu ulogu u procesu elektronskog poslovanja umesto dosadašnjeg tradicionalnog poslovanja. Primenom elektronskog poslovanja u postojeće poslovne organizacije unapređuje se efikasnost pružanja informacija, gde korisnik usluge ima mogućnost izbora i odlučivanja. Jedna od najvažnijih mogućnosti je realizacija celokupnog procesa putem interneta bez odlaska korisnika usluge u poslovnu organizaciju.

Upravljanje elektronskim kartama je pitanje koje se trenutno intenzivno razmatra. Poslednjih nekoliko godina došlo je do novog rešenja pod nazivom mobilna karta. Ovaj koncept prodaje koristi mobilne telefone kupaca za kupovinu karte u vozili ma za javni prevoz, umesto posebnih uređaja koji su u vlasništvu prevoznika. Istraživački projekat je pokazao kako korisnici javnog prevoza mogu dobiti mobilnu kartu koristeći svoj mobilni telefon.Ovaj projekat nije samo tehnički istraživački projekat već se takođe fokusirao na čitav poslovni proces kupovine na osnovu lokacije [15].

Analiza performansi postala je važan deo prakse upravljanja logističkom infrastrukturom. Iako postoje brojne aplikacije na osnovu kojih se vrši procena efikasnosti u lukama i aerodromima, istraživanje efikasnosti železnice i dalje je manje zastupljeno [16].

5. PRIMENA B2C FORME U ŽELEZNIČKOM TRANSPORTU

Dinamički razvoj IKT posebno internet servisa utiče na mnoge tehnološke inovacije u svim privrednim granama. Da bi se realizovala razmena roba i usluga banke imaju u ponudi razne modele gde se postiže efikasno, jednostavno i racionalno izvršenje finansijskih transakcija putem računarske mreže. Elektronsko plaćanje predstavlja deo procesa elektronskog poslovanja gde je korisnik usluge u stalnoj internet komunikaciji sa bankom u procesu razmenjivanja novčanih vrednosti između prodavca i kupca za prodatu robu ili pruženu uslugu. Za razliku od tradicionalnog modela plaćanja koje zahteva fizički odlazak korisnika u prostorije pružaoca usluge, elektronsko plaćanje podrazumeva transakcije koje se odvijaju digitalno putem računarske mreže, pomoću platnih kartica, elektronskih čekova, mobilnih sistema plaćanja, digitalnih novčanika itd [17].

IKT imaju sve veću primenu u železničkom saobraćaju. Akcenat je stavljen na tehnologije mobilnih komunikacija, gde se podrazumeva upotreba mobilnih uređaja u procesu poslovanja. Iz aspekta železničkih preduzeća, potreba za implementacijom mobilnog poslovanja korisnicima usluge pruža novi pristup i upotrebu postojećih servisa, gde se ostvaruju bolji rezultati poslovanja. Mobilno poslovanje u železničkom saobraćaju odvija se preko interneta i servisa računarskih mreža,i omogućava [18]:

- Sveobuhvatnost;
- Pogodnost;
- Instant povezivanje;
- Personalizaciju i lokaciju.

Primenom mobilnih tehnologija, korisnik usluge može da zadovolji svoje potrebe koje se ogledaju u nabavci karte. Elektronsko poslovanje je izazov i prilika za razvoj železničkog prevoza putnika. Pored udobnosti putovanja, železnički sistem odgovoran je za pružanje podrške raznim internetskim uslugama.

6. TRANSFORMACIJA POSLOVNIH PROCESA U ŽELEZNIČKOM TRANSPORTU

Kako kompanije rade na transformaciji svog poslovanja u elektronsko poslovanje, tako otkrivaju da proces nije uvek jasan. IBM aplikativni okvir za elektronsko poslovanje može da predstavlja sredstvo za postizanje [19]:

- poslovne transformacije;
- osnove za razvoj i širenje elektronskog poslovanja i aplikacija.

Opisuje se okvir, pokazujući da je zasnovan na industrijskim standardima gde su uključene tehnologije, i

fokusira se na omogućavanje kompletnih rešenja za elektronsko poslovanje. Dalje opisuje kako sistemski i programski model primene okvira i IBM-ovih proizvoda doprinose pristupu kreiranja elektronskog poslovnog rešenja. Okvir se razvio kako bi podržao sve sofisticirane aplikacije i to što je IBM posvećen bliskoj saradnji sa industrijom, kako bi doprineo razvoju novih tehnologija za podizanje standarda [19].

Poslovne organizacije među kojima je železnica, moraju da definišu i primene nove strategije, kako bi, uz pomoć interneta i naprednih tehnologija, zadovoljile zahteve i potrebe korisnika usluga i svoje poslovne aktivnosti za ostvarivanje bolje finansijske dobiti [20].

U praksi, infrastruktura bežične mreže koristi se u aplikacijama za elektronsko poslovanje. Percepcija korisnika o kvalitetu usluge zavisi od raspoloživih resursa i mogućnosti mreže. Mobilna satelitska mreža nove generacije pogodna je za obradu multimedijalnog saobraćaja i nudi krajnjim korisnicima, koji su opremljeni mobilnim telefonima, pristup mrežnim uslugama. Od širokog spektra multimedijalnih usluga i aplikacija se očekuje da korisnicima pruže kvalitetnu primenu nove tehnologije [21].

Elektronski poslovni uspesi u organizacijama koje posluju na tradicionalni način, zavise od disciplina kao što su strateški menadžment, informacioni sistemi i ekonomija. Potrebno je analizirati veze između strateških inicijativa, resursa informacionih tehnologija (IT), mogućnosti elektronskog poslovanja i njihove uloge u procesu implementacije. Iz perspektive zasnovane na resursima, strateškog stanovišta organizacije i elektronskog poslovanja, predlaže se model procesa implementacije servisa elektronskog poslovanja. Smatra se da su mogućnosti za razmenu informacija posredne i prenosive i da pomažu u prevođenju organizacionih resursa povezanih sa IT-om u procesne mogućnosti [22].

Jedan od osnovnih uslova koji mora da se zadovolji u elektronskom poslovanju, jeste prilagodljiv korisnički interfejs. On mora da zadovolji potrebe korisnika kako bi poslovanje bilo na višem poslovnom nivou. Takođe, može se analizirati kako korisnici komuniciraju sa konkurentskim proizvodima i na taj način dobija se podatak kako i na koji način pristupaju zadacima u elektronskom poslovanju [23].

Razvoj računarstva u današnjem vremenu omogućava nove modele koji mogu da unaprede poslovanje u transportnim organizacijama. Uz malu investiciju u IKT, organizacija može da identifikuje kritične faze u svom poslovanju. Jedna od kritičnih faza može da bude i neiskorišćenost broja raspoloživih mesta. Iskorišćenost prevoznih kapaciteta može da bude jedan od osnovnih parametara za pozitivno poslovanje transportne organizacije [24].

Većina maloprodajnih organizacija koristi elektronske kanale (e-kanale) za traženje informacija o proizvodima, ali ne završava proces kupovine na mreži. Istraživanja pokazuju ulogu kvaliteta informacija u tranziciji potrošača u maloprodaji kako bi završio proces kupovine na internetu, pri čemu se fizički kanali zamenjuju onlajn kanalima. Istraživanje autora [25] daje tri doprinosa:

- naglašava važnost kvaliteta informacija i njegov uticaj na izbor potrošača da koristi e-kanale za kupovinu na mreži;
- podržava pretpostavku da visokokvalitetne informacije mogu pretvoriti atribute iskustva u atribute pretrage i
- identifikuje prethodne potrošače koji svojim transakcijama povećavaju percepciju kvaliteta informacija kroz sposobnost skrininga, verodostojnost kanala i niže troškove.

7. ZAKLJUČAK

U ovom radu analizirane i prikazane su osnovne smernice za poboljšanje poslovanja u železničkom saobraćaju. Uporedo sa navedenim povećava se i kvalitet prevozne usluge. Analizirana literatura u ovom radu predstavlja polaznu osnovu da se primenjuju inovativni modeli koji su zasnovani na naprednim internet tehnologijama. Aktivnosti koje su vezane za primenu IKT u digitalnom dobu mogu da unaprede kvalitet prevozne usluge. Infrastruktura i arhitektura IKT je već zastupljena u železničkom saobraćaju ali nije dovoljno iskorišćena. Primena B2C forme poslovanja u železničkom saobraćaju unapređuje e-komunikaciju između korisnika koji bez odlaska u predviđene službene prostorije zadovoljava svoje potrebe i zaposlenih u železničkom prevozu koji predstavljaju servis.

Tradicionalni modeli poslovanja moraju moraju da se prilagode i zamene IKT modelima kroz transformaciju poslovnih procesa koja podrazumeva: analizu iskorićenosti IKT, stručnost zaposlenih, broj zaposlenih, spremnost zaposlenih za prihvatanje novih modela poslovanja...

LITERATURA

[1] Radenković, B., Despotović Zrakić, M., Bogdanović, Z., Barać, D., & Labus, A. (2015). *Elektronsko poslovanje* (1 ed.). Beograd: Fakultet organizacionih nauka Beograd.

[2] Candeia, D., Santos, R. A., & Lopes, R. (2015). Business-Driven Long-Term Capacity Planning for SaaS Applications. *IEEE Transactions on Cloud Computing (Volume: 3 , Issue: 3 , July-Sept. 1 2015),* 290-303.

[3] Diao, Z., Zhang, D., Wang, X., Xie, K., He, S., Lu, X., et al. (2019). A Hybrid Model for Short-Term Traffic Volume Prediction in Massive Transportation Systems. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems (Volume: 20 , Issue: 3 , March 2019),* 935-946.

[4] Yang, X., & Fu, J. (2008). Review of IT/IS adoption and decision-making behavior in small businesses. *Tsinghua Science and Technology (Volume: 13 , Issue: 3 , June 2008)*, 323-328.

[5] Backović, N., Radenković, S., Đelošević, I., & Novičić, M. (2009). *Elektronsko poslovanje i Internet marketing.* Leposavić: Visoka ekonomska škola strukovnih studija Peć u Leposaviću.

[6] Sankaranarayanan., H., Rukmangadha., P., & Grosche., T. (2017). A combinatorial approach for calculating rail-fly connectivity index in India based on fuzzy logic. *Future Technologies Conference (FTC)*San Francisco, CA,USA: IEEE.

[7] H. Akkermans. (2001). Intelligent e-business: from technology to value,. *IEEE Intelligent Systems, Volume: 16, Issue: 4*, 8-10.

[8] Gil-Saura, I., Berenguer-Contri, G., & Ospina-Pinzón, M.-E. R.-M. (2017). Methodologies For Evaluating Service Quality : Evidence From Freight Services. *international journal of transport economics, vol. xliv · no. 1 · march 2017.*

[9] Cardenas, I. D., Dewulf, W., Vanelslander, T., & Beckers, C. S. (2017). The E-Commerce Parcel Delivery Marketand The Implications Of Home B2C Deliveries Vs Pick-Up Points. *international journal of transport economics, vol. xliv · no. 2 · june 2017*

[10] Tan, B. C., Pan, S. L., & Hackney, R. (2010,). The Strategic Implications of Web Technologies: A Process Model of How Web Technologies Enhance Organizational Performance,. *IEEE Transactions on Engineering Management, Volume: 57, Issue: 2* , 181 - 197

[11] Pavlović, Z. (2016). QoS information technologies the web site,. Book of abstracts, IMKSM2016, international May Conference on Strategic Menagement, ISBN:978-86-6305-042-6, (p. 101). May 28-30, Bor, Serbia.

[12] Snke, A., & Clement, M. (2007). Analyzing the Success Drivers of e-Business Companies,. *IEEE Transactions on Engineering Management, Volume: 54, Issue: 2*, 301-314.

[13] Yangxin, L., Ping, W., Jiniong, L., Meng, M., Ling, L., & Lin, M. (2015). Class-based delta-encoding for high-speed train data stream,. Computing and Communications Conference (IPCCC), IEEE 34th International Performance,.

[14] Zeng, Q., Chen, W., & Lihua Huang. (2008). E-business transformation: An analysis framework based on critical organizational dimensions, . *Tsinghua Science and Technology,Volume: 13, Issue: 3,* 408-413.

[15] Bohm, M. B., Sommer, G., & Wermuth, M. (2005). Location-based ticketing in public transport,. *IEEE Intelligent Transportation Systems, ,* 837-840.

[16] Wanke, P., & Azad, M. A. (2018). Efficiency in Asian railways: a comparison between data envelopment analysis approaches. *Transportation Planning and Technology , Volume 41, 2018 - Issue 6,*573-599.

[17] Drašković, M., Kukrić, M., & Smiljić, S. (2015). Virtuelne valute, savremeni sistemi elektronskog plaćanja roba i usluga. *SYM-OP-IS 2015: XLII International Symposium on Operations Research, 2015*, (pp. 40-43).

[18] Vuletić P, Bojić Ž. (2015). Inteligentni uređaji i mobilne komunikacije u poslovanju železnice. *SYM-OP-IS 2015: XLII Simpozijum o operacionim istraživanjima, 2015*, (pp. 28-31).

[19] Flurry, G., & W. Vicknair. (2001). The IBM Application Framework for e-business, . *IBM Systems Journal, Volume: 40, Issue: 1,* 8-24.

[20] Pavlović, Z., Banjanin, M., Vukmirović, J., & Vukmirović, D. (2020). Contactless ICT Transaction Model Of The Urban Transport Service. *TRANSPORT, ISSN 1648-4142* . / eISSN: 1648-3480, Vol 35 No 5, pp 500-510. https://doi.org/10.3846/transport.2020.12529

[21] Olariu, S., & Todorova, P. (2004). QoS on LEO satellites. IEEE Potentials (Volume: 23, Issue: 3, Aug.-Sept. 2004); DOI: 10.1109/MP.2004.1341779 , 11-17.

[22] Zhao, J., Huang, W. V., & Zhen Zhu. (2008). An Empirical Study of E-Business Implementation Process in China . *IEEE Transactions on Engineering Management, Volume: 55, Issue: 1, DOI: 10.1109/TEM.2007.912930* , 134-147.

[23] J.Nielsen. (2002). A home-page overhaul using other Web sites, . IEEE Software (Volume: 12, Issue: 3, May 1995) Date of Publication: 06 August 2002 , 75-78.

[24] Bundalo, Z., & Pavlović, Z., (2020). *Analiza naprednih internet tehnologija namenjenih za realizaciju poslovnih procesa*. (Z. Čekerevac, Ur.) FBIM Transactions, 8(2), 16-24. DOI 10.12709/fbim.08.08.02.02;

[25] Lim, J., Grover, V., & Purvis, R. L. (2012). The Consumer Choice of E-Channels as a Purchasing Avenue: An Empirical Investigation of the Communicative Aspects of Information Quality,. *IEEE Transactions on Engineering Management, Volume: 59, I* , 348-363.

ANALIZA PRIMENE ELEKTRONSKOG POSLOVANJA U ŽELEZNIČKOM SAOBRAĆAJU

ANALYSIS OF THE APPLICATION OF ELECTRONIC BUSINESS IN RAILWAY TRAFFIC

Zoran Pavlović[1], Zoran Bundalo[1], Marko Bursać[1] Goran Tričković[1]
Akademija tehničko-umetničkih strukovnih studija Beograd, Odsek Visoka železnička škola[1]

Sadržaj *– U ovom radu prikazana je primena elektronskog poslovanja u železničkom saobraćaju kroz komparativnu analizu servisa i modela koji se trenutno primenjuju u segmentu prevoza putnika. Parametri koji su analizirani u inostranim železničkim upravama pokazuju visok nivo kvaliteta prevozne usluge u odnosu na poslovanje u Republici Srbiji. Primena informaciono-komunikacionih tehnologija je na visokom nivou i samim tim stvoreni su potrebni preduslovi za digitalizaciju poslovnih procesa sa osnovnim ciljem poboljšanja kvaliteta prevozne usluge, većeg zadovoljstva korisnika usluga i naravno povećanja poslove dobiti provajdera usluge tj. železnice kroz primenu naprednih internet tehnologija elektronskog poslovanja.*

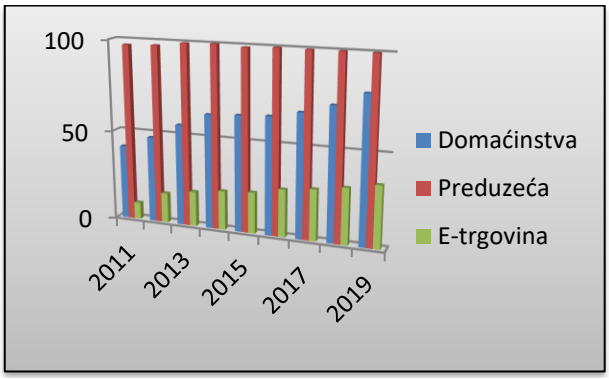
Abstract *– This paper presents the application of electronic business in railway traffic through a comparative analysis of services and models currently applied in the passenger transport segment. The parameters analyzed in foreign railway administrations show a high level of quality of transport service in relation to business in the Republic of Serbia. The application of information and commnication technologies is at a high and thus the necessary preconditions for digitalization of business proceses have been created with the basic goal of improving the quality of transport service, greater satisfaction of service users and of course increasing the profits of the service provider railways through the application of advanced internet technologies of electronic business.*

1. UVOD

Analiza naprednih internet tehnologija namenjenih za realizaciju poslovnih procesa svakodnevno postaju predmet interesovanja istraživača [1]. Upotreba informaciono-komunikacionih tehnologija (IKT) u domaćinstvima može se analizirati sa više strana, a jedna od njih može biti primer smanjenja troškova kućnog budžeta koji direktno utiče na korisnika usluge [2]. U zemljama u razvoju upotreba IKT je na niskom nivou i predstavlja na jedaon način digitalno siromaštvo. Ujedno upotreba IKT ukazuje da korisnici sa višim primanjima i obrazovanjem imaju uslova da svakodnevno upotrebljavaju nove pogodnosti koje dovode do uštede [3].

Primena IKT omogućava kako korisniku usluge tako i provajderu usluge brojne pogodnosti, koje su usmerene na poboljšanje kvaliteta prevozne usluge. Modeli digitalizovanih poslovnih procesa su sve više zastupljeniji u odnosu na tradicionalne modele poslovanja [4].

Republički zavod za statistiku je sproveo istraživanje koje se odnosi na upotrebu IKT kod korisnika u domaćinstvima i može da posluži kaao dobra osnova za planiranje, razvoj i implementaciju inovativnih modela koji su zasnovani na elektronskom poslovanju (slika 1) [5]. Parametri koji su uzeti u obzir podrazumevaju upotrebu računara i interneta u periodu od 2011. do 2019. godine. Upotreba računara i interneta je u stalnom porastu.



Slika 1: Grafički prikaz upotrebe računara, interneta i e-trgovine u domaćinstvima i preduzećima

Preduzeća pored e-trgovine, upotrebom IKT stvaraju sistem za međusobnu komunikaciju između zaposlenih kao i pristup potrebnim informacijama [6]. Na osnovu prikaza upotrebe IKT u preduzećima (slika 1) koja je na visokom nivou i porasta e-trgovine između korisnika i provajdera usluge ili proizvoda mogu se odrediti pravci preduzeća, tj. koje segmente treba uzeti u obzir radi poboljšanja poslovanja i sticanja veće finansijske dobiti i uporedo sa navedenim i povećati kvalitet usluge.

Za poboljšanje kvaliteta prevozne usluge definišu se strategije koje dodatno stimulišu korisnike usluga da lakše i u što kraćem vremenskom roku prihvate i upotrebljavaju inovativne modele poslovanja [7].

2. KOMPARATIVNA ANALIZA MODELA I SERVISA KOJI SE PRIMENJUJU U ŽELEZNIČKOM SAOBRAĆAJU REPUBLIKE SRBIJE

Na osnovu napred navedenog i za potrebe izrade ovog rada urađena je komparativna analiza sa ugrađenim

parametrima koji su aktuelni u digitalizaciji poslovnih procesa za nabavku, plaćanje i dobijanje usluge putem servisa elektronskog poslovanja. Komparativna analiza obuhvata razlike ali i sličnosti u realizaciji poslovnih procesa između korisnika usluge i provajdera tj. operatera u železničkom saobraćaju. Poslovne procese karakterišu zahtevi, želje i očekivanja korisnika usluga kao i raspoloživi resursi železnice.

U praksi primenjuje se veliki broj modela i servisa zasnovanih na naprednim internet tehnologijama [8]. Autori u radu [9] i [10] predlažu identifikovanje različitih parametara za procenu, koji su prilagođeni trenutnom poslovanju na osnovu kojih se može utvrditi kvalitet prevoza u železničkom saobraćaju u segmentu prevoza putnika. Interpretivno strukturno modeliranje *(interpretive structural modelling, ISM)* je vrlo dobro uspostavljena metodologija za identifikaciju odnosa između određenih parametara modela poslovanja, u ovom radu da se definišu razlike na osnovu kojih se donosi novi zaključak. Dobijeni rezultati daju pregled pokazatelja koji su ili nisu u skladu sa misijom i vizijom železnice. U skladu sa navedenim ISM metodologija zahteva i omogućava pristup identifikaciji varijabli koje su relevantne za predmet istraživanja u ovom radu [11].

Tabela 1: Uporedni pregled modela i servisa železnice Republike Srbije

Model /servis Parametri	Programski paket „ORKA“ za elektronsko izdavanje karata	Elektronsko rezervisanje mesta „EPA“	Onlajn kupovina karata na relaciji Beograd – Vršac
Razmena podataka putem internet mreže	Razmena podataka o raspoloživim kapacitetima	Između operatera i inostranih železničkih uprava o raspoloživim kapacitetima	Korisnik usluge sa servisom provajdera usluge
Potrebno vreme za realizaciju kupovine	Potrebno vreme za odlazak u službeni prostor prevoznika	Potrebno vreme za telefonsko tezervisanje i odlazazak u službeni prostor prevoznika za plaćanje i preuzimanje	Potrebno vreme izbora, plaćanja i dobijanja e-karte putem mreže
Predrezervisanje karte i mesta	U predprodaji sa preuzimanjem u službeni prostor prevoznika	Omogućeno samo korisnicima u međunarodnom saobraćaju	Omogućeno onlajn samo na navedenoj relaciji
Interakcija korisnik /operater	Korisnik usluge sa zaposlenim u blagajni	Putem fiksne ili mobilne telefonije, dolazak korisnika u putničku blagajnu	U slučaju dodatnih informacija u vezi onlajn izdavanja elektronskih karata
Interakcija korisnik / servis	Bez mogućnosti, posredstvom zaposlenog u blagajni	Bez mogućnosti, posredstvom zaposlenog u blagajni	U procesu nabavke elektronske karte
Prostor (objekat) za nabavku karte	U prostorijama putničke blagajne	U prostorijama putničke blagajne	Virtualni prostor putem internet mreže
Modaliteti plaćanja usluge	Gotovinski, čekovima, platnom ili kreditnom karticom	Gotovinski, čekovima, platnom ili kreditnom karticom	Platnim i kreditnim karticama putem onlajn servisa železnice
Elektronska karta	Bez mogućnosti	Bez mogućnosti	Bez mogućnosti

U prvi plan se ističe kao polazna osnova, potreba i očekivanja korisnika. Analizom parametara (digitalne razmene podataka putem internet mreže, potrebnog vremena za realizaciju digitalnih procesa za nabavku elektronske karte, rezervisanje karte i mesta, interakcija korisnik usluge i opetater železnice, interakcija korisnik usluge i servis železnice, prostor (mesto ili objekat) za preuzimanje karte, tradisionalna kupovina karte, modaliteti plaćanja zahtevane usluge), utvrđuju se polazne smernice za razvoj digitalnim modela elektronskog poslovanja za nabavku elektronske karte koji nisu dosad u primeni zastupljeni.

Osnovni cilj komparativne analize servisa i modela u železničkom saobraćaju omogućava sagledavanje sposobnosti i upotrebljivosti trenutnih tehnologija koje su u primeni za sagledavanje nivoa kvaliteta ponuđenih usluga kao i načine na osnovu kojih bi se zadovoljile potrebe i zahtevi realnih i potencijalnih korisnika usluga.

3. KOMPARATIVNA ANALIZA INOSTRANIH ŽELEZNIČKIH UPRAVA

Radi sagledavanja poslovnih modela u železničkom prevozu za nabavku prevozne karte i u skladu sa analizom potreba za poboljšanje kvaliteta usluge urađena je

komaparativna analiza železničkog prevoza Republike Srbije i inostranih železničkih uprava koje su podeljene u dve podgrupe. Prva grupa ubuhvata železnice u bliskom okruženju (Hrvarske i Slovenačke) dok druga grupa obuhvata vidno naprednije (Nemačke i Francuske) (tabela 2).

Prva razlika koja je uočena odnosi se na mogućnost korišćenja elektronske karte u unutrašnjem ili međunarodnom saobraćaju. Železnice Hrvatke i Slovenije verše prodaju vrše prodaju karata samo u unutrašnjem prevozu korisnika, dok u Nemačkoj i Francuskoj nivo kvaliteta je podignut na viši nivo i korisnici mogu da koriste elektronske karte i u drugim železničkim inostranim uravama sa kojima imaju potpisan sporazum o poslovnoj saradnji.

Izbor vrste elektronske karte (prvi razred, broj putnika, osnov povlastice) način plaćanja (onlajn debitnim i kreditnim karticama) i nabavku (mobilna aplikacija, imejl) usluge omogućeno je putem internet mreže sa bilo kog mesta i u bilo koje vreme (24/7) gde je minimizirano vreme u procesu realizacije digitalnih transakcionih aktivnosti.

Tabela 2. Uporedni pregled servisa železničkih uprava

Železnička uprava Parametri	Železnice Srbije	Hrvatske i Slovenačke železnice	Nemačke i Francuske železnice
Nabavka elektronske karte u unutrašnjem i međunarodnom saobraćaju	Nabavka elektronske karte u unitrašnjem saobraćaju samo na relaciji Beograd-Vršac	Nabavka elektronske karte u unitrašnjem saobraćaju	Nabavka elektronske karte u unutrašnjem i međunarodnom saobraćaju
Potrebno vreme za realizaciju kupovine	Vreme za: odlazak u objekat prevoznika čekanje u redu, štampanje, plaćanje / vreme za realizaciju onlajn procesa	Vreme za plaćanje i dobijanje elektronske karte na pametnom telefonu	Vreme za rezervisanje, plaćanje i dobijanje elektronske karte na pametnom telefonu u unutrašnjem i međunarodnom saobraćaju
Interakcija korisnik / operater / servis	Između korisnika i servisa / u vozu sa ovlašćenim osobljem	U procesu dobijanja elektronske karte između korisnika i servisa / pozivom kol centra za informacije	U procesu dobijanja elektronske karte između korisnika i servisa / pozivom kol centra za informacije
Prostor (objekat) za nabavku karte	Internet mreža i tehnologija / unutrašnji saobraćaj	Internet mreža i tehnologija / unutrašnji saobraćaj	Internet mreža i tehnologija / unutrašnji i međunarodni saobraćaj
Modaliteti plaćanja usluge	Platnim i kreditnim karticama putem onlajn servisa	Platnim i kreditnim karticama putem onlajn servisa	Platnim i kreditnim karticama putem onlajn servisa
Elektronska karta i valitacija tokom putovanja	Bez mogućnosti validacije, pregled vrši ovlašćeno osoblje voza	Omogućena validacija samo za unutrašnji saobraćaj	Omogućena validacija za unutrašnji i međunarodni saobraćaj
Dodatne informacije korisniku	Mogućnost samo pregleda kupljenih elektronskih karata	Mogućnost samo pregleda kupljenih elektronskih karata	Pregled kupljenih karata, peron polaska, kašnjenje voza, vreme dolaska u uputnu stanicu putem aplikacije

Prilikom upotrebe servisa provajdera usluge tj, železnice, korisnik usluge u slučaju nejasnoća može pozvati kol centar za dodatna objašnjenja i dobijanja usputstva kako bi lakše realizovao proces nabavke elektronske karte. Interakcija se odvija između korisnika usluge i servisa putem aplikacije koja se može pronaći na internet stranici železnice ili aplikazije koja je namenjena za pametne telefone koja se može preuzeti.

Proces realizacie nabavke elektronske karte, za potencijalne korisnike može se obaviti bilo kada u virtualnom prostoru, naravno uz neprekidnu internet konekciju. Jedan od zajedničkih parametara podrazumeva mogućnost kupovine elektronske karte putem onlajn servisa provajdera usluge i servisa banke koji su namenjeni za realizaciju novčanih transakcija putem mreže.

4. DISKUSIJA I BUDUĆA ISTRAŽIVANJA

Primena naprednih tehnologija elektronskog poslovanja omogućava preduzećima, u ovom slučaju železničkom

prevozu putnika, poboljšanje kvaliteta usluge. Usluga je na raspolaganju korisniku putem hardverskih i softverskih komponenti, koje uz internet konekciju pružaju realizaciju poslovnih procesa za nabavku elektronske karte za unapred planirano putovanje.

Inostrane železničke uprave su naprednije u samom odnosu i brizi prema korisniku usluge upotrebom raznih internet servisa. Servisi pružaju savremeni mehanizam elektronskog poslovanja zasnovan na naprednim internet tehnologijama. Komparativna analiza inostranih železničkih uprava u prvi plan ističe povoljne aktivnosti vezane direktno za korisnika usluge u procesu nabavke elektronske karte koje prethode nameravanom putovanju. Na ovaj način inostrana železnička uprava pokazuje spremnost primene inovativnih modela poslovanja, u cilju:

1. Povećanja kvaliteta usluge,
2. Integracije servisa putem internet platforme u železničkom preduzeću,
3. Integracije servisa železničkog preduzeća sa ostalim zainteresovanim preduzećima,
4. Unapređenje tradicionalnog načina poslovanja,
5. Specifičan vid komunikacije za realizaciju procesa nabavke elektronske karte sa korisnikom usluge,
6. Ostvarivanje veće novčane dobiti,
7. Smanjenje broja zaposlenih na izdavanju (štampanju i naplati karte) u poslovnom objektu prevoznika,
8. Smanjenje ili totalno zatvaranje prodajnih poslovnih objekata,
9. Prenamena hardveskih i softverskih komponenti železničkog prevoznika.

Buduća istraživanja iz oblasti primene elektronskog poslovanja treba usmeriti o broju korisnika koji su koristili uslugu u određenom vremenskom roku. Na ovaj način provajderi usluga mogu uspešno uskladiti uslugu sa realnim zahtevima. Imlementacija novih modela u železničkim preduzećima poboljšava kvalitet usluge [12]. Autori u radu [13] napominju da se usluga može brzo prilagoditi kroz poslovnu strategiju u skladu sa ciljem da se poboljšaju performanse celokupnog sistema.

U ovom radu analiziran je model za izdavanje elektronskih karata koji je zastupljen na relaciji Beograd-Vršac gde je potrebno razmotriti:

1. Broj pregleda usluge na sajtu železničkog prevoznika radi informisanja,
2. Broj preveženih korisnika usluga na dnevnom i mesečnom nivou,
3. Broj raspoloživih mesta na dnevnom i mesečnom nivou,
4. Ostvareni prihod od elektronske naplate usluge na dnevnom i mesečnom nivou,
5. Iskorišćenost tarifskih i zakonskih povlastica koje su u primeni,
6. Broj vraćenih elektronskih karata,
7. Mogućnost upotrebe servisa na ostalim prugama,
8. Mogućnost proširenja ponude i u međunarodnom prevozu korisnika
9. Primedbe, sugestije, želje, očekivanja, pohvale.

Pored navedenog jedan o sledeći koraka može da obuhvati NFC tehnologiju, koja omogućava bežičnu komunikaciju i razmenu podataka između uređaja na razdaljini od deset centimetara [14]. Primer, korisnik usluge može očitavanjem podataka sa pametnog telefona da validira elektronsku kartu u vozu ili poslovnom objektu železničkog prevoznika.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je analizirana i predstavljena primena tehnologija elektronskog poslovanja koja je vidno zastupljenija u inostranim železničkim upravama u odnosu na železnice Republike Srbije. Analiza trenutnog stanja u oblasti elektronskog poslovanja koje se primenjuje u poslovanju železničkih preduzeća za prevoz korisnika, kao i pregled modela i servisa predstavljaju polaznu osnovu za sagledavanje mogućnosti razvoja i primene inovativnih naprednih internet tehnologija.

Komparativnom analizom servisa i modela koji se primenjuju u poslovanju inostranih železničkih preduzeća, uočeni su nedostaci u železničkom preduzeću Republike Srbije koji utiču na kvalitet prevozne usluge. Elektronsko poslovanje inostranih železničkih preduzeća daje dodatni doprinos i smernice za modeliranje i implementaciju inovativnih modela.

Može se zaključiti da informaciona infrastruktura nije dovoljno iskorišćena od strane železničkog prevoznika. Korisnik usluge nema mogućnosti da na mreži železničkog prevoznika nabavi elektronsku kartu putem onlajn servisa. Pored navedenog može se uzeti u obzir ograničeno radno vreme putničkih blagajni, smanjen broj službenog osoblja... Napred navedeno stvara dodatne smernice i preduslove za povećanje kvaliteta prevozne usluge jer je železničko preduzeće Republike Srbije deo Međunarodne železničke unije (UIC).

LITERATURA

[1] Bundalo Z.; Pavlović Z: (2020) Analiza naprednih internet tehnologija namenjenih za realizaciju poslovnih procesa (Z. Čekerevac, Ur.) FBIM Transactions 8(2) pp 16-24, DOI 10.12709/fbim.08.08.02.02

[2] Ziekow, H., Goebel, C., Strüker, J., & Jacobsen, H.-A. (2013). The potential of smart home sensors in forecasting household electricity demand. *2013 IEEE International Conference on Smart Grid Communications (Smart Grid Comm), DOI: 10.1109/SmartGridComm.2013.6687962.* Vancouver, BC, Canada: IEEE.

[3] Susanto, A. (2018). The Digital Poverty and Empowerment Issue in Indonesia. *2018 International Conference on ICT for Rural Development (IC-ICTRuDev), DOI: 10.1109/ICICTR.2018.8706859.* Badung Regency, Indonesia, Indonesia: IEEE.

[4] Zoran Pavlović, Milorad Banjanin, Jovanka Vukmirović, Dragan Vukmirović (2020,05,04): *Contactless ICT Transaction Model Of The Urban Transport Service*; Research journal TRANSPORT, ISSN: 1648-4142 / eISSN: 1648-3480, Vol 35 No 5, pp 500-510. https://doi.org/10.3846/transport.2020.12529

[5] https://publikacije.stat.gov.rs/G2020/Pdf/G20202053.pdf Republički zavod za statistiku

[6] Rahman, A., & Sembiring, J. (2017). A preliminary study on the reliability model of organization information using dynamic Bayesian network. *2017 International Conference on ICT For Smart Society (ICISS), DOI: 10.1109/ICTSS.2017.8288863.* Tangerang, Indonesia: IEEE.

[7] Pavlović, Z., Vuksanović, J., & Gavrić, Ž. (2016, July 15). *Definisanje multimedijalne strategije za povećanje broja korisnika usluga železnice* (Z. Čekerevac, Ed.) FBIM Transactions, 4(2), 111-119. doi:10.12709/fbim.04.04.02.11

[8] Pavlović, Z., Vukmirović, A. : *Primena naprednog modela zasnovanog na tehnologijama IoT*, Železnice VOL.62-BR.2, Beograd, 2017, ISSN 0350-5138, pp 123-130

[9] Mulangi, R. H. (2017). Performance evaluation of ITS project on Mysore city bus transport operations. *2017 International Conference on Inventive Computing and Informatics (ICICI)* (pp. 503 - 508). Date of Conference: 23-24 Nov. 2017: IEEE Conferences, DOI: 10.1109/ICICI.2017.8365182.

[10] Pavlović, Z., Vukmirović, A., & Dragović, N. (2018, Apr 15). *Uticaj naprednih internet tehnologija u e-poslovanju na zaposlene u železničkom saobraćaju*. (Z. Čekerevac, Ed.) FBIM Transactions, 6(1), 75-85. doi:10.12709/fbim.06.06.01.08, Jel Category: L86, L92

[11] Rajesh, A., Nikhil, D., & Vivek, S. (2013). Interpretive Structural Modelling (ISM) approach: An Overview. *Research Journal of Management Sciences, Vol. 2(2),* , 3-8.

[12] Pavlović, Z.: *Implementation of new model for registration customer-based technologies internet intelligent device*, XVII International Scientific-expert Conference on Railway RAILCON'16, 2016, Niš, Serbia, pp 229-232,

[13] Lai, Y.-C.., Huang, C.-W., & Hsu, Y.-T. (2018). Estimation of rail passenger flow and system utilization with ticket transaction and gate data. *Transportation Planning and Technology, Volume 41, 2018 - Issue 7, https://doi.org/10.1080/03081060.2018.1504184* , 752-778.

[14] Radenković, B., Despotović Zrakić, M., Bogdanović, Z., Barać, D., & Labus, A. (2015). *Elektronsko poslovanje* (1 ed.). Beograd: Fakultet organizacionih nauka Beograd.

IMPLEMENTACIJA NOVIH TEHNOLOGIJA INDUSTRIJE 4.0 U KURIKULUM STRUKOVNOG INŽENJERA MAŠINSTVA
IMPLEMENTATION OF NEW TECHNOLOGIES OF INDUSTRY 4.0 IN THE CURRICULUM OF PROFESSIONAL MECHANICAL ENGINEER

Slobodan Aleksandrov[1], Milica Tufegdžić[1], Zvonko Petrović[1]
Akademija strukovnih studija Šumadija – Odsek u Trsteniku [1]

Sadržaj – *Praćenje i implementacija novih tehnologija u obrazovni sistem predstavlja preduslov za razvoj privrede i društva. Primena savremenih tehnologija Industrije 4.0 u svim segmentima privrede i društva zahteva intenzivnu saradnju nauke, privrede i socijalnih partnera. U ovom radu prikazan je kratak osvrt na svetska iskustva implementacije savremenih tehnologija Industrije 4.0 u obrazovanje inženjera. Prikazan je predlog modela inoviranog kurikuluma strukovnog inženjera mašinstva baziran na integraciji novih tehnologija Industrije 4.0. Predloženi model kurikuluma omogućava studentima sticanje novih kompetencija za projektovanje, upravljanje i održavanje „pametnih fabrika".*

Abstract *- Monitoring and implementation of new technologies in the education system is a prerequisite for the development of economy and society. Application of modern technologies Industry 4.0 in all segments of the economy and society requires intensive cooperation between science, industry and social partners. This paper presents a brief overview of the world experience in the implementation of modern technologies of Industry 4.0 in the education of engineers. The proposed model of the innovated curriculum of a professional mechanical engineer based on the integration of new technologies of Industry 4.0 is presented. The proposed curriculum model enables students to acquire new competencies for the design, management and maintenance of "smart factories".*

1. UVOD

Globalizacija svetskog tržišta zahteva visok kvalitet i konkurentnu cenu proizvoda. Rapidan razvoj informaciono komunikacionih tehnologija u svetu u 21. veku promenio je način rada i poslovanja u svim sferama društva i industrije. Primena novih tehnologija dovela je do globalizacije svetskog tržišta, formiranja zajedničkog tržišta rada i međusobne zavisnosti naroda.

Koncept Industrije 4.0 zasniva se na digitalnoj transformaciji planiranja i proizvodnje, personalizaciji proizvodnje, sveoubuhvatnom umrežavanju mašina, primeni novih internet servisa i tehnologija. Digitalizacijom razvoja i proizvodnje kompanije mogu da brzo razviju nove proizvode u virtuelnom trodimentionalnom (3D) okruženju, testiraju ih i plasiraju na tržište. Najznačajnije tehnologije za Industriju 4.0 su: Internet stvari i servisi, analiza velikih baza podataka u realnom vremenu, veštačka inteligencija, robotika, CAD/CAM (Computer Aided Design/ Computer Aided Manufacuring) tehnologije, virtuelna realnost, 3D štampa, računarstvo u oblaku i mobilne tehnologije. Savremeni proizvodni procesi u digitalnim fabrikama zasnivaju se na primeni sledećih komponenti i uređaja: pametni senzori i aktuatori, roboti, kamere visoke rezolucije, PLC, HMI, SCADA, RFID čip, QR kod, mikromehanički sistemi, CNC mašine, i inovativni uređaji za razmenu podataka. Za transformaciju postojećin fabrika u „pametne" fabrike, neophodna je transformacija po svim nivoima, unapređenje postojećih SCADA sistema ugradnjom pametnih senzora, Internet stvari, mrežnih uređaja i implementaciji internet servisa i protokola. Umrežavanje industrijskih sistema i korišćenje internet servisa zahteva primenu hardverskih i softverskih bezbednosnih sistema. Digitalizacija fabrika vrši se se na svim nivoima. Primena tehnologija Industrije 4.0 omogućava savremen pristup u planiranju, poslovanju, industrijskoj proizvodnji, unapređenju kvaliteta i digitalnog marketinga.

Od veoma velike važnosti je pravovremena implementacija novih tehnologija u obrazovni sistem, stručno usavršavanje inženjera i primena novih tehnologija u proizvodnim i poslovnim sistemima. Pioniri u školovanju stručnjaka iz oblasti Industrije 4.0 su Mašinski fakultet i Matematički fakultet Univerziteta u Beogradu. Zajednički Master studijski program *Industrija 4.0* (120 ESPB) akreditovan je 2019. godine. Drugi Master studijski program pod nazivom *Napredne IT u digitalnoj transformaciji* u trajanju od tri semestra 2019. godine akreditovali su Elektrotehnički fakultet i Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu.

2. PREGLED ISTRAŽIVANJA

U radu [1] autori D. Šešlija i dr. dali su prikaz digitalne proizvodnje, preporuke za razvoj obrazovanja inženjera kao i način odgovora Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu na postavljene izazove digitalizacije proizvodnje i obrazovanja. Digitalnu transformaciju u visokom obrazovanju, pregled i razlozi za njeno uvođenje u proces formalnog obrazovanja prikazao je autor V. Vujović u radu [2]. Autori R. Mitrović i V. Majstorović u radu [3] prikazali su koncept inteligentne proizvodnje i proizvoda sa aspekta zahteva za novim, sveobuhvatnijim modelom obrazovanja mašinskih inženjera.

U obrazovnom prostoru Evropske unije posebna pažnja se posvećuje implementaciji Industrije 4.0 u obrazovni sistem. Zajednički evropski projekat Finske, Poljske i Portugala „Universities of the Future" [4] uključio je Univerzitete, državne institucije, privredne subjekte studente. Projekat traje od 2018. do 2021.godine. Cilj projekta je da podrži razvoj Industrije 4.0 kroz unapređenje školovanja budućih studenata i stručno usavršavanje zaposlene radne snage.

Uporedni pregled međunarodnog obrazovanja Industrije 4.0 prikazan je u radu [5]. Autori C. A. Bonfield i dr. su prikazali iskustva primene novih tehnologija Industrije 4.0 na Univerzitetima u Velikoj Britaniji (University of Bath), Singapuru (Nanyang Technological University) i Australiji (Deakin University). Prilagođavanje inženjerskog obrazovanja Industriji 4.0 na Univerzitetu u Istambulu (Turkish German University) prikazali su autori S. Coskun i dr. u radu [6]. Model adaptacije zasniva se na tri stuba: promeni kurikuluma, novom konceptu laboratorija i aktivnoj ulozi studenata. Autor I. Neaga u radu [7] vrši analizu uticaja Industrije 4.0 na inženjersko obrazovanje u Velikoj Britaniji i naglašava važnost adaptivnog interdisciplinarnog pristupa u razvoju kurikuluma.

3. INOVIRANJE KURIKULUMA MAŠINSKO INŽENJERSTVO – MODUL PROIZVODNO MAŠINSTVO

Ekspanzija novih tehnologija zahteva veoma brz odgovor naučne zajednice kroz integraciju inovacija u formalni obrazovni sistem. Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, Ministarstvo privrede, Univeziteti, Akademije strukovnih studija i druge institucije imaju vodeću ulogu u brzoj implementaciji novih tehnologija u kurikulume svih obrazonih profila i studijskih programa na svim nivoima školovanja. Savremeni studijski programi zahtevaju dinamičke i fleksibilne kurikulume u skladu sa zahtevima tržišta rada. Koncept novog evropskog kvalitetnog obrazovanja bazira se na razvoju ključnih kompetencija, interdisciplinarnosti i multidisciplinarnosti studijskih programa. Kroz inoviranje postojećih i razvoj novih kurikuluma obrazovni sistem omogućava školovanje stručnjaka koji mogu da odgovore potrebama privrede i društva. Period reakreditacije studijskih programa od sedam godina je veoma dug, tako da je neophodno akreditovane kurikulume često inovirati u skladu sa zakonom. Promena studijskog programa za manje od 20% od ukupnog broja ESPB bodova ne zahteva ponovnu akreditaciju. Promene studijskog programa se usvajaju od strane Nastavno stručnog veća fakulteta ili Akademije strukovnih studija.

Akademija strukovnih studija Šumadija – Odsek u Trsteniku ima tradiciju od 59 godina u školovanju mašinskih inženjera. U skladu sa razvojem nauke i tehnike i potrebama privrede, visokoškolska institucija je inovirala postojeće studijske programe i razvijala nove programe osnovnih, specijalističkih i master strukovnih studija. Studijski program osnovnih strukovnih studija Mašinsko inženjerstvo (180 ESPB) reakreditovan je 2017. godine. Program sadrži dva modula: Proizvodno mašinstvo i Hidraulika i pneumatika. Glavne stručne kompetencije strukovnog inženjera mašinstva su:

- projektovanje tehnoloških postupaka,
- programiranje CNC mašina,
- projektovanje i reinženjering proizvodnih sistema,
- primena savremenih proizvodnih tehnologija, i
- dijagnostika i održavanje u proizvodnji.

Za uspešno usvajanje kompleksnih znanja Industrije 4.0, neophodna su osnovna znanja iz informacionih tehnologija. Studenti modula Proizvodno mašinstvo na osnovnim studijama stiču ova znanja kroz predmete: Računarstvo, Uvod u programiranje, Kompjuterska grafika, Elektrotehnika, Osnove automatskog upravljanja i Programiranje CNC mašina. Ovaj studijski program u svom kurikulumu sadrži šest izbornih blokova, a svaki izborni blok po dva predmeta. Ukupan broj ESPB bodova izbornih predmeta je 31.

U ovom radu prikazan je predlog za inoviranje strukovnog studijskog programa Mašinsko inženjerstvo – modul Proizvodno mašinstvo. Predlog inoviranja postojećeg kurikuluma, u skladu sa trendovima Industrije 4.0, odnosi se na zamenu postojećih izbornih predmeta. U tabeli 1 dat je uporedni prikaz postojećih izbornih predmeta i novih izbornih predmeta koji omogućavaju implementaciju savremenih tehnologija Industrije 4.0. Ukupan broj ESPB bodova novih izbornih blokova identičan je prethodno akreditovanim predmetima. Izmenom izbornih blokova strukovni inženjer mašinsta – I 4.0 stiče nove kompetencije:

- dijagnostika i održavanje inteligentnih uređaja u „pamenim fabrikama“,
- programiranje robotskih sistema,
- programiranje i dijagnostika industrijskih računara,
- umrežavanje pametnih uređaja,
- projektovanje kibernetsko fizičkih sistema baziranih na novim tehnologijama,
- rekonfigurisanje proizvodnih sistema, i
- primena digitalnih tehnologija u upravljanju kvalitetom proizvodnje.

Mašinsko inženjerstvo			
Modul	*Proizvodno mašinstvo*	*Proizvodno mašinstvo I 4.0*	*ESPB*
IB1	Teorija i tehnika merenja	Kibernetsko fizički sistemi	5
	Tehnologija mašinogradnje 2	Internet inteligentnih uređaja	
IB2	Tehnologija održavanja	Senzori i aktuatori	5
	Nekonvencionalni postupci obrade	Aditivna proizvodnja	
IB3	Tribologija	Programibilni logički kontroleri	5
	Upravljanje kvalitetom	Upravljanje kvalitetom u I 4.0	
IB4	Mašinske konstrukcije	HMI i SCADA	5
	Tehnologije prerade plastičnih masa	Veštačka inteligencija	
IB5	Upravljanje poslovanjem	Industrijska robotika	5
	Ekologija	Virtuelni razvoj proizvoda	
IB6	Motorna vozila i motori	Inteligentno održavanje	6
	Industrijska postojenja	Fleksibilni proizvodni sistemi	

Tabela 1. Uporedni prikaz izbornih predmeta

Kroz sadržaj predmeta *Kibernetsko fizički sistemi*, studenti stiču osnovna znanja o osnovnim konceptima i načinima realizacije kibernetsko fizičih sistema i njihovoj primeni. Kroz laboratorijske vežbe studenti stiču znanja i veštine za implemetaciju pametnih senzora i aktuatora u različitim sistemima automatskog upravljanja

Cilj predmeta *Internet inteligentnih uređaja (eng. Internet of things – IoT)* je da studenti steknu znanja i veštine za umrežavanje senzora, uređaja i mašina i povezivanje na Internet mrežu. Studenti se osposobljavaju za integraciju i konfiguraciju inteligentnih uređaja u praktičnoj realizaciji sistema baziranih na I 4.0: „pametna kuća", „pametni gradovi", pametne fabrike" i slično. Studenti se osposobljavaju za programiranje mikrokontrolera, umrežavanje inteligentnih uređaja, primenu mobilnih tehnologija i internet sevisa.

Predmet *Senzori i aktuatori* ima za cilj da upozna studente sa različitim vrstama senzora i aktuatora i njihovom primenom. Studenti stiču praktična znanja i veštine za povezivanje i kofigurisanje inteligentnih senzora, električnih i elektromehaničkih pogona. Primenom stečenih znanja studenti su osposobljeni za integraciju ovih komponenti u „pametnim fabrikama".

Cilj predmeta *Aditivna proizvodnja* je upoznavanje studenata sa nizom novih tehnologija za izradu 3D zapreminskih modela složenog oblika direktno iz CAD modela. Studenti stiču teorijska i praktična znanja o sistemima za brzu izradu prototipova i brzu izradu alata primenom tehnologija na bazi dodavanja materijala.

Kroz predmet *Programibilni logički kontroleri* (PLC) studenti stiču sledeća znanja i veštine: hardverska ogranizacija industrijskih računara, povezivanje senzora i aktuatora, umrežavanje, konfigurisanje parametara, programiranje i testiranje PLC-a. Posebna pažnja je posvećena dijagnostici, detekciji grešaka i otklanjanju kvarova na sistemima upravljanja.

Cilj predmeta *Upravljanje kvalitetom u I 4.0* je da upozna studente sa novim standardima kvaliteta, konceptom Industrije 4.0 i savremenim softverskim alatima koji se koriste za prikupljanje i obradu informacija. Studenti se osposobljavaju za implementaciju standarda kvaliteta prema zahtevima I 4.0 u svim sektorima privrede i društva

Predmet *HMI i SCADA* omogućava sticanje znanja o upravljačkim interfejsima, programiranju, konfigurisanju parametara i umrežavanju HMI uređaja. Studenti se osposobljavaju za konfigurisanje i održavanje SCADA sistema.

Cilj predmeta *Veštačka inteligencija* je da upozna studente sa osnovnim koceptima, metodama i tehnikama iz oblasti veštačkih neuronskih mreža. Posebna pažnja pri izučavanju sadržaja ovog predmeta posvećena je primeni veštačke inteligencije u implementaciji industijskih i mobilnih robota u tehnološkim sistemima. Studenti se osposobljavaju za optimizaciju putanja robota, sinhronizaciju rada većeg broja robota i primenu algoritmima za izbegavanje prepreka.

Kroz predmet *Industrijska robotika* studenti stiču znanja o hardverskoj strukturi mobilnih i industrijskih robota, kinematici i dinamici robota i primeni robota u fleksibilnim industrijskim sistemima. Studenti se osposobljavaju za programiranje i testiranje robota u realnom i virtuelnom 3D okruženju.

Kroz sadržaje predmeta *Virtuelni razvoj proizvoda* studenti će biti osposobljeni za primenu metoda za razvoj proizvoda u virtuelnom okruženju i praćenje tokova informacija u svim fazama njegovog razvoja. Interdisciplinarnim pristupom studenti stiču veštine za primenu integrisanih CAx alata za dizajniranje, modeliranje, simulaciju, analizu i optimizaciju određenog tehničkog rešenja.

Cilj predmeta *Inteligentno održavanje* je da upozna studente sa novim tehnologijama koje se koriste u pametnim fabrikama za prikupljanje i obradu informacija. Studenti se osposobljavaju za testiranje i dijagnostiku savremenih industrijskih sistema, praćenje parametara sistema i preventivno održavanje, pravovremenu detekciju kvarova i njihovo otklanjanje.

Cilj predmeta *Fleksibilni proizvodni sistemi* je sticanje osnovnih znanja iz automatizacije i automatizovane proizvodnje, osposobljavanje za rešavanje problema u razvoju fleksibilne i rekonfigurabilne proizvodnje, u cilju optimizacije troškova proizvodnje, prilagođavanja proizvodnje zahtevima tržišta, brzog uvođenja novih proizvoda i individualizacije proizvoda prema zahtevima kupaca.

Za uspešnu realizaciju novih studijskih programa, pored savremenih kurikuluma neophodno je obezbediti i uslove za realizaciju laboratorijskih vežbi i praktične nastave. Opremanje kabineta i laboratorija didaktičkom opremom, softverskim alatima i industrijskim sistemima za Industriju 4.0 zahteva izdvajanje velikih finansijskih sredstava. Za uspešno obrazovanje stučnjaka iz oblasti Industrije 4.0, od izuzetnog je značaja saradnja sa: lokalnom privredom, lokalnom samoupravom, odgovarajućim ministarstvima, fakultetima i institutima u zemlji i inostranstvu. Razvoj međunarodne saradnje sa srodnim obrazovnim ustanovama treba bazirati na učešću u zajedničkim međunarodnim projektima, razmeni nastavnika i studenata u cilju stručnog usavršavanja i razmeni iskustava.

Za razvoj savremene konkurentne privrede neophodno je formiranje regionalnih centara za implementaciju novih tehnologija (CNT). Cilj formiranja ovakvih centara je jačanje i podizanje saradnje između obrazovanja, nauke i privrede na viši nivo, promocija nauke i privlačenje stranih investicija u oblasti visokih tehnologija. Razvoj CNT-a ima veoma važnu ulogu u razvoju dualnog obrazovanja na svim nivoima školovanja i promociji značaja celoživotnog učenja. Kroz rad CNT-a omogućava se stručno usavršavanje i praktična obuka radnika iz privrede, zaposlenih inženjera, učenika i studenata za:

- rad na novim mašinama,
- integraciju i konfiguraciju sistema Industrije 4.0,
- programiranje CNC mašina,
- programiranje robota,
- konfiguraciju fleksibilnih proizvodnih linija,
- testiranje, dijagnostiku i servisiranje „pametnih mašina",
- razvoj novih proizvoda, i
- prezentaciju novih tehnologija.

Pored razvoja kurikuluma na nivou osnovnih strukovnih studija, neophodno je u narednom periodu kreirati i

studijske programe Industrije 4.0 na specijalističkim i master strukovnim studijama. Na ovaj način omogućava se svršenim studentima osnovnih studija da nastave obrazovanje u polju Industrije 4.0. Za stručno usavršavanje tehničara, operatera, servisera i drugih radnika koji imaju radno iskustvo u struci, neophodno je kreirati kratke programe studija I 4.0 u trajanju od jednog ili dva semestra.

4. ZAKLJUČAK

Predstavljeni model inoviranog kurikuluma nastao je kao odgovor na brze promene i potrebe savremenog mašinskog inženjerstva. Sadrži suštinski važne elemente koji su neophodni za obrazovanje budućih strukovnih inženjera mašinstva, kroz promovisanje inovacija, kreativnosti i profesionalizma. Za digitalizaciju u svim segmentima poslovanja neophodna je implementacija novih tehnologija Industrije 4.0. Od izuzetnog značaja je unapređivanje saradnje naučnih i obrazovnih institucija sa industrijskim sektorom, implemetiracija dualnog sistema obrazovanja na svim nivoima, jačanje međunarodne naučno-tehničke saradnje i promocija celoživotnog učenja.

LITERATURA

[1] D. Šešlija, I. Milenković, R. Doroslovački, V. Katić, D. Vilotić, S. Kolaković, I. Kovačević: Od digitalne proizvodnje do digitalnog obrazovanja, XXIV Skup: Trendovi razvoja: “digitalizacija visokog obrazovanja ”, Kopaonik, 21. - 23. 02. 2018.

[2] V. Vujović: Digitalna transformacija u visokom obrazovanju: pregled, razlozi i očekivanja, Jahorina Business Forum, Istočno Sarajevo, Republika Srpska, BiH, 2020.

[3] R. Mitrović, V. Majstorović: Inteligentna proizvodnja i proizvodi u kontekstu obrazovanja mašinskih inženjera, Tematski zbornik radova XXV i XXVI naučnog skupa međunarodnog značaja "Tehnologija, kultura i razvoj", Udruženje "Tehnologija i društvo" Institut "Mihajlo Pupin" Centar za istraživanje razvoja nauke i tehnologije, Beograd, 2020.

[4] Best Practices in Education from Industry 4.0 Perspective report, Universities of the Future is a Knowledge Alliance Project (588409-EPP-1-2017-1-PT-EPPKA2-KA).

[5] C. A. Bonfield , M. Salter , A. Longmuir , M. Benson

& C. Adachi: Transformation or evolution?: Education 4.0, teaching and learning in the digital age, Higher Education Pedagogies, Published by Informa UK Limited, trading as Taylor & Francis Group, 2020.

[6] S. Coskun, Y. Kayıkc, Eray Gençay: Adapting Engineering Education to Industry 4.0 Vision, Technologies, 7, 10, 2019.

[7] I. Neaga: Applying Industry 4.0 and Education 4.0 to engineering education, Proceedings 2019 Canadian Engineering Education Association (CEEA-ACEG19) Conference, CEEA19; Paper 001 University of Ottawa; June 9 – 12, 2019.

PYTHON BOT ZA ODREĐIVANJE KVALITETA VAZDUHA
AIR QUALITY PYTHON BOT

Tamara Gajić
Ministarstvo odbrane i Vojska Srbije
Centar za komandno-informacione sisteme i informatičku podršku
Beograd, Srbija

Sadržaj – *Zagađenje vazduha je jedan od najvećih ekoloških katastrofa današnjice. U radu je predstavljena primena Python programskog jezika za pravljenje bot-a koji obaveštava korisnika o kvalitetu vazduha. Korisnicima je stavljeno do znanja da kvalitet vazduha utiče na način življenja i da je krucijalan za ezgistenciju. Cilj rada je da se poveća interesovanje ljudi za promene koncentracije zagađujućih materija prisutnih u vazduhu koji su faktor rizika po zdravlje.*

Abstract *- Air pollution is one of the biggest environmental disasters of today. The paper presents the application of the Python programming language for creating a bot that informs users about air quality. Air quality affects the way of life and it is crucial for existence. The aim of this paper is to increse people's interest in changes un the concentration of pollutants present in the air, which are a risk factor for health.*

1. UVOD

Modernizacija društva koja je uticala na poboljšanje kvaliteta življenja donela je niz ekoloških opasnosti. U društveno-ekonomski razvijenom okruženju pitanje ekološke bezbednosti postaje sve aktuelnije [1]. Ekološke opasnosti sa kojima se suočava čovečanstvo su zagađenje vazduha, voda, zemljišta, hrane [3]. U Zakonu o zaštiti životne sredine [4] navedeno je da se pod zagađenjem životne sredine podrazumeva unošenje zagađujićih materija u životnu sredinu, izazvano ljudskom delatnošću ili prirodnim procesima.

Zagađenje vazduha i atmosferske promene uzrokovane aerozagađenjem predstavljaju jednu od najvećih pretnji po ljudsku egzistenciju i bezbednost životne sredine [5]. Zagađenje vazduha nastaje kao posledica unošenja štetnih prirodnih i sintetičkih materija u atmosferu, kao direktna ili indirektna posledica ljudskih delatnosti [6]. Kulminacija štetnih materija u vazduhu direktno deluje na ljudski organizam izazivajuću akutna i hronična oboljenja organa za disanje [7]. Autori u radu [6] navode da je u mnogim istraživačkim studijama utvrđena povezanost između zadađenja vazduha i povećanog broja pregleda u hitnoj medicinskoj pomoći zbog respiratnornih i kardiovaskularnih oboljenja.

U studiji Instituta za javno zdravlje Srbije „Dr Milan Jovanović Batut" [8] naglašeno je da praćenje kvaliteta vazduha ima za cilj kontrolu i utvrđivanje nivoa zagađenosti vazduha kao neophodan preduslov za preduzimanje konkretnih mera na smanjenu sadržaja štetnih supstanci.

Svedoci smo toga da se stanovništvo neredovno i neadekvatno informiše o nivou aerozagađenja.

U ovom radu demonstriran je rad *Python bot*-a koji redovno informiše korisnika o visokom nivou zagađenosti vazduha sa ciljem da se poveća svest pojedinca o ovom aktuelnom problemu.

2. ZAGAĐENJE VAZDUHA

Vazduh ima krucijalnu ulogu u obezbeđivanju života na zemlji. Sadrži kiseonik neophodan za disanje, ugljendioksid za fotosintezu i azot za sintezu biljnih belančevina. Autor u radu [9] navodi da je čovekovom organizmu potrebno sedam puta više vazduha od vode, a deset puta više nego hrane.

Unošenje štetnih materija u atmosferu dovodi do promene sastava vazduha. U odnosu na fizičke karakteristike, zagađujuće materije se mogu podeliti na: kapi, čestice, gasove i kombinacije navedenih [10]. Veliki zagađivači vazduha u Srbiji su rafinerije nafte u Pančevu i Novom Sadu, hemijski i metalurški kompleksi u Pančevu, Smederevu, Boru, Kruševcu, Kikindi, Šapcu. Nagli porast broja motornih vozila značajno doprinosi lošem kvalitetu vazduha. Pejić [1] naglašava da je najveći rast ostvaren u emisijama ugljen dioksida, azothih oksida i suspednovanih čestica.

Zakonom o zaštiti životne sredine [4] definisane su osnovne odredbe prava, obaveze i interesi za očuvanje kvaliteta vazduha putem kontinuiranih merenja, stručnih ispitivanja i utvrđivanjem stepena zagađenosti.

Na osnovu člana 21. Zakona o zaštiti vazduha [11] određene su tri kategorije kvaliteta vazduha:

- Prva kategorija (čist ili nepoznato zagađen vazduh gde nisu prekoračene granične vrednosti nivoa ni za jednu zagađujuću materiju),
- Druga kategorija (umereno zagađen vazduh gde su prekoračene granične vrednosti za jednu ili više zagađujućih materija, ali nisu prekoračene tolerantne vrednosti ni jedne zagađujuće materije),
- Treća kategorija (prekomerno zagađen vazduh gde su prekoračene tolerantne vrednosti za jednu ili više zagađujućih materija).

Pored mnogobrojnih zakona koji su usvojeni u Srbiji duži niz godina problem zagađenosti vazduha jedan od najizraženijih ekoloških problema. Analizom kvaliteta vazduha utvrđen je nizak nivo privrednog i društvenog razvoja Srbije praćen velikim stepenom zagađenja vazduha [1]. Autor u radu [12] ističe da povećane koncetracije zagađujućih materija složeno deluje na čovekov organizam. Posledice delovanja zavise od pola, starosti, zdravstvenog stanja. Mogu delovati kao iritansi, alergeni, zagušljivci, kancerogeni, mutageni i teratogeni. Deo populacije može biti bez tegoba, dok se kod nekih mogu javiti teške kliničke slike [1].

3. KVALITET VAZDUHA

Indeks kvaliteta vazduha (eng. *Air Quality Index - AQI*) predstavlja odnos izmerene i maksmalno dozvoljenje vredosti zagađivača u vazduhu. U sledećoj tabeli prikazana je skala indeksnih vrednosti koja određuje kvalitet vazduha i koja je korišćena u implementaciji *Python bot*-a.

Vrednost indeksa	Ocena kvaliteta vazduha	
	Kvalitet vazduha	*Upozorenje*
0-50	Dobar	
51-100	Umereno dobar	Ne preporučuje se duži boravak na otvorenom osetljivom delu populacije (deca, stari, hronični bolesnici).
101-150	Nezdraz za osetljivu populaciju (deca, stari, hronični bolesnici)	Osobe sa srčanim i plućnim oboljenjima, starije osobe i deca treba da ograniče boravak na otvorenom (jutarnji i večernji sati se ne preporučuju).
151-200	Nezdrav	Osobe sa srčanim i plućnim oboljenjima, starije osobe i deca treba da izbegavaju boravak napolju i produženu fizičku aktivnost
201-300	Vrlo nezdrav	Osobe sa srčanim i plućnim oboljenjima, starije osobe i deca treba da izbegavaju produžene i teške napore. Ne preporučuje se provetravanje stanova u jutarnjim i večernjim satima.
>301	Opasan	Osobe sa srčanim i plučnim oboljenjima, starije osobe i deca treba da skrate boravak napolju i ako je moguće da ostanu u kući i smanje aktivnosti. Ne preporučuje se provetravanje stanova u jutarnjim i večernjim satima.

Tabela 1. Indeks kvaliteta vazduha

4. PYTHON

Python je programski jezik koji je izumeo holandski programer *Guido van Rossum*, 1991. godine. Naziv mu je dao prema kultnoj komediji „*Monty Python*" [13]. Predstavlja interpretirani, interaktivni, objektno-orijentisani programski jezik visokog nivoa, koji poseduje dinamičku semantiku [14]. Veoma je atraktivan za brz razvoj aplikacija. *Python*-ova fleksibilnost omogućava pisanje jednostavnih programa, ali poseduje i veliku snagu potrebnu za kreiranje složenih operacija [15]. Jednostavna i čitljiva sintaksa ima za posledicu smanjenje troškova održavanja programa. *Debugging* je jednostavan, uvek će otkriti grešku i loš unos podataka neće uzrokovati grešku segmentacije. Šantić [16] navodi da se njegova produktivnost ogleda u smanjenju količine napisanog koda potrebnog za postizanje rezultata. Podržava ga većina operativnih sistema, kao što su *Windows*, *Mac*, *Linux*. Autori u radu [14] naglašavaju njegovu široku rasprostranjenost. Uspešno je primenjen u grafičkom razvoju aplikacija, igrica, za matematičku i naučnu analizu podataka, a *Python* koriste neki od najvećih giganata kao što su *Facebook*, *Google*, *Reddit*, *Dropbox*, *YouTube*, *Instagram*, *Pinterest*.

A. *Python bot*

Python bot-ovi su softverski programi koji kombinuju zahteve, koji se obično daju u obliku teksta, sa kontekstualnim podacima, kao što su geolokacija, podaci o praćenju, da bi se na odgovarajući način obradili zahtev i odgovori. Ovi automatizovani programi izgledaju i ponašaju se poput korisnika i automatski reaguju na događaje i naredbe [17]. Često se oslovljavaju kao "*chatbots*", "*assistants*" ili "*agents*" [18].

Svedoci smo toga da konstatno raste broj nastalih softvera sa osobinom *bot*-a. Različiti su stavovi o njihovom korišćenju. Jedni, koji se odnose na njegove utopijske mogućnosti i drugi, koji su u potpunosti usresređeni na loše stvari njegove implementacije. Iz renomiranih publikacija poput *Times*-a stižu alarmantni naslovi koji *bot*-ove povezuju sa kriminalom i sajber terorizmom [19]. Često se zanemaruje korišćenje *bot*-ova kao agenata za dobro, te je neophodno napraviti komparaciju između „dobrih" i „loših" *bot*-ova.

„Dobri" *bot*-ovi se mogu podeliti na:

- *Chatbots* (Dizajnirani da vode razgovore sa ljudima. *ELIZA* je primer *bot*-a koji koristi jednostavnu skriptu pitanja i odgovora koja automatski generiše odgovore na pitanja),
- *Crawles* (Ova vrsta *bot*-ova radi u pozadini. Preuzimaju podatke sa drugih *API*-ja i izvršava zadate direktive),
- *Transactional bots* (Ova kategorija *bot*-ova u ime ljudi komunicira sa spoljnim sistemima da bi se izvršila određena transakcija podataka sa jedne na drugu platformu),
- *Informational bots* (Koriste se za prikazivanje korisnih informacija, vesti ili obaveštenja),
- *Entertainment bots* (U ovu grupu spadaju *art* i *video game bot*-ovi. Prvi su dizajnirani da budu umetnički cenjeni, a *bot*-ovi za video igre služe za personifikaciju mnogih likova iz kultnih igrica).

U *Distil*-ovom izveštaju iz 2017. godine [20] najopsežnije su predstavljeni primeri loših botovnih aktivnosti.

„Loši" *bot*-ovi se mogu podeliti na:

- *Hackers* (Koriste se za distribuciju zlonamernog softvera. Napadaju veb lokacija, obmanjuju pojedince ili čitave mreže. Mogu realizovati vrlo prepoznatljive *DDoS* napade),
- *Spammers* (Postavljaju promotivni sadržaj na veb, a korisnicima to dolazi kao neželjena pošta),
- *Scrapers* (Dizajnirani su da kradu sadržaje, kao što su adrese e-pošte, slike, testovi.),
- *Impersonators* (Imitator *bot*-ovi su dizajnirani da oponašaju prirodne karakteristike korisnika. Istraživači sa Univerziteta u Južnoj Kaliforniji proučavali su upotrebu *bot*-ova na američkim predsedničkim izborima 2016. godine. Zaključili su da korišćenje *bot*-ova za društvene medije zaista može negativno uticati na demokratsku političku diskusiju, menjanjem javnog mnjenja).

5. REALIZACIJA REŠENJA I TESTIRANJE

Za realizaciju rešenja korišćen je *AirVisual API* koji vraća trenutne uslove kvaiteta vazduha. Za uneti naziv grada vraća vrednost indeksa kvaliteta vazduha, koncentraciju čestica <10 mikrona (*pm*10), koncentraciju čestica <2,5 mikrona (*pm*25), koncentraciju ozona i koncentraciju ugqen-monoksida. Primer korišćenog koda prikazan je na slici 1.

Slika 1. Primer koda

Korišćenjem aplikacije *Viber* korisnik šaje zahtev za dobijanje informacije o stanju zagađujućih materija u gradu po izboru. Za tu potrebu korišćen je *Viber API*.

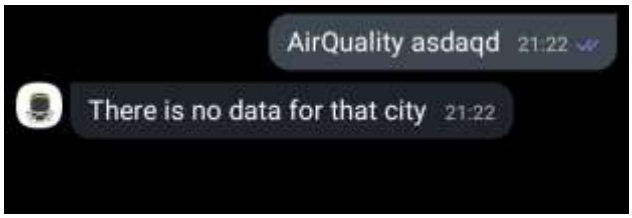
Na sledećoj slici prikazan je zahtev za grad Beograd. Unosi se prvo *AirQuality*, pa naziv grada.

Slika 2. Kvalitet vazduha za Beograd

Na sledećoj slici 3. prikazan je zahtev za grad Čačak.

Slika 3. Kvalitet vazduha za Čačak

Ukoliko se upiše netačan naviz grada, *Air Quality bot* obaveštava korisnika o tome i to je prikazano na sledećoj slici broj 4.



Slika 4. Obaveštenje korisniku

6. ZAKLJUČAK

Vazduh je od krucijalne važnosti za postojanje i funkcionisanje života. Većina čovečanstva ne razmišlja o važnosti i kvalitetu vazduha. Kao i na većinu problema, reaguje se tek kada nastanu katastrofalne posledice, kao što su ljudski gubici ili uništena flora i fauna. Svedoci smo toga da nauka konstantno napreduje. Novim saznanjima o prirodi i procesima koji se dešavaju u njoj možemo pronaći način da opet budemo deo nje. Zajedničkim snagama možemo poboljšati kvalitet života. Pored toga, neophodno je poštovanje zakonskih odredbi i uspostavljanje monitoringa praćenja zagađenja životne sredine iz svih izvora. Upotreba *Python bot*-a može navesti pojedinca da se zainteresuje za temu zagađenja vazduha tako što će dobijati informacije o nivou zagađenja. Slike, tabele, grafikone ili listing programa prilagoditi

LITERATURA

[1] B. Pejić, "Zagađenje vazduha kao determinanta ekološke bezbednosti Srbije", Zbornik radova – Geografski fakultet u Beogradu 63 (1-30), Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet, Beograd, 2015.

[2] S. Dalby, "Security and Ecology in the Age of Globalization", Environmental Change and Security Project Report, 8, 95-108., 2002.

[3] M. Đorđević, "Zagađivanje i zaštita vazduha, vode i zemljišta", Ministarstvo odbrane i Vojska Srbije, Vojno delo 7/2018, Beograd, 2018.

[4] Zakon o zaštiti životne sredine, (Službeni Glasnik RS, broj 135/2004, 36/2009, 36/2009, 72/2009, 43/2011 i 14/2016)

[5] A. Daly, P. Zannetti, "An Introduction to Air Pollution – Definitions, Classifications, and History", Fremont: The Enviro Comp Institute, 2007.

[6] S. Purić, H. Aleksopulos, V. Ilić, "Aerozagađenje kao factor rizika po zdravlje stanovništva grada Kragujevca", Sestrinska reč, Časopis udruženja medicinskih sestara, tehničara I babica Republike Srbije, broj 76, Beograd, 2018.

[7] J. Aleksić i saradnici, "Primenjena ekologija", vodič, Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine, Beograd, 2014.

[8] B. Matić, D. Jovanović, S. Dejanović, U. Rakić, „Zdravstveni indikatori životne sredine u Republici

Srbiji u 2012. godini“, Institut za javno zdravlje Srbije „Dr Milan Jovanović Batut“, Beograd, 2013.

[9] B. Rančić, “Zagađivanje vazduha na globalnom i regionalnom nivou sa katastrofalnim posledicama”, završni rad, Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Bor, 2019.

[10] N. Tracker, “Hazardous Air pollutions”, Atlantic publishers and distributers Ltd, 2008.

[11] Zakon o zaštiti vazduha (Službeni Glasnik RS, broj 36/2009)

[12] D. Nikić, “Aerozagađenja i zdravlje”, Žilnid, Beograd, 2003.

[13] B. Overland, “Python Without Fear”, Pearson Education, Inc., London, 2018.

[14] S. Živanov, A. Putnik, E. Kulman, “Grafovi u Python-u pomoću Networkx-a“, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“ Zrenjanin, Zrenjanin, 2019.

[15] https://www.it-akademija.com/python-kurs-programski-jezik

[16] T. Šantić, “Programski jezik Python”, završni rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osjeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacionih tehnologija, Osjek, 2017.

[17] https://realpython.com/how-to-make-a-discord-bot-python/#what-is-a-bot

[18] https://www.fullstackpython.com/bots.html

[19] http://botnerds.com/types-of-bots/

[20] https://www.slideshare.net/DistilMarketing/distil-networks-2017-bad-bot-report-6-high-risk-lessons-for-website-defenders

AUTOMATSKO REŠAVANJE IGRE SOKOBAN POMOĆU VEŠTAČKE INTELIGENCIJE

AUTOMATED SOLVING OF SOKOBAN PUZZLE USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Milan Banković[1]
Matematički fakultet, Beograd[1]

Sadržaj – *Igra Sokoban je pomerajuća slagalica u kojoj igrač, čuvar skladišta, pomera kutije po tabli za igru, u cilju njihovog postavljanja na unapred zadata mesta. Pored toga što je zanimljiva za ručno rešavanje, ova igra inspiriše mnoge istraživače da se bave efikasnom automatizacijom njenog rešavanja, s obzirom na izuzetno veliku algoritamsku složenost ovog problema. U ovom radu, prikazujemo novi pristup zasnovan na automatskom planiranju uz pomoć procedura za ispitivanje zadovoljivosti u odnosu na teorije prvog reda, poznatih i kao SMT rešavači.*

Abstract – *The game of Sokoban is a sliding puzzle where a player, a warehouse keeper, pushes a number of boxes over the game board, in order to place them on the particular fields, given in advance. Besides the interest for manual solving, the game also attracts a great attention of the researchers to work on efficent automatization of its solving, because of the great algorithm complexity of the problem. In this paper, we propose a novel approach based on automated planning using procedures for checking satisfiability modulo first order theories, known as SMT solvers.*

1 UVOD

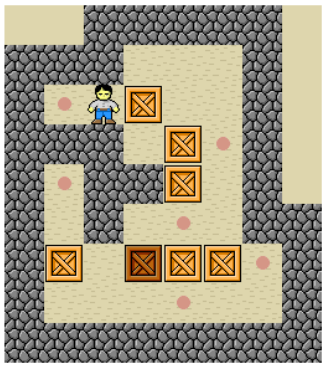
Mnogi problemi za čije je rešavanje ranije bio neophodan ljudski napor u današnje vreme se mogu uspešno rešavati primenom metoda koje spadaju u oblast veštačke inteligencije. Jedna zanimljiva klasa problema koji se mogu rešavati alatima zasnovanim na veštačkoj inteligenciji jesu i različite igre u kojima je potrebno pronaći strategiju koja igrača vodi do ispunjenja zadatog cilja. Poseban tip igara predstavljaju tzv. *slagalice* (engl. *puzzle*), u kojima igrač pokušava da pronađe rešenje (ili da konstruiše put do rešenja) u skladu sa zadatim pravilima. Slagalice su pre svega namenjene zabavi, kao i testiranju čovekove inteligencije, ali mogu biti veoma zanimljive i sa istraživačkog aspekta, jer su često u pitanju problemi (ili instance problema) čije je rešavanje u algoritamskom smislu izuzetno izazovno [1]. Otuda se pronalaženje efikasnih metoda za njihovo automatsko rešavanje može smatrati značajnim doprinosom u oblasti računarstva, jer se razvijeni metodi često mogu uopštiti i na druge probleme sa značajnijim primenama u praksi.

Postoji više opštih pristupa u veštačkoj inteligenciji među kojima u današnje vreme dominira *statistički pristup*, na kome je, u velikoj meri, zasnovan i danas najpopularniji pravac u veštačkoj inteligenciji poznat i kao *mašinsko učenje* (engl. *machine learning* [2, 3]). Nasuprot statističkom pristupu, *simbolički pristup* [4] se zasniva na formalnoj i preciznoj reprezentaciji problema, kao i rešavanju problema koristeći logičke metode i metode pretrage. Za razliku od statističkih metoda koji su po pravilu induktivne prirode, simbolički metodi su obično zasnovani na dedukciji, tj. na primeni rigoroznih pravila nad simboličkom reprezentacijom problema, u cilju pronalaženja rešenja koje zadovoljava zadate uslove.

Jedna od podoblasti veštačke inteligencije zasnovana na simboličkom pristupu je i *automatsko rezonovanje* (engl. *automated reasoning* [5]), koje se bavi automatizacijom procesa deduktivnog rasuđivanja. Automatsko rezonovanje se u najvećoj meri oslanja na formalne sisteme razvijene u okviru matematičke logike, uz primenu znanja iz drugih oblasti računarstva (poput teorijskog računarstva, algoritmike i sl.) i matematike (poput algebre, matematičke optimizacije i sl.). Glavna primena automatskog rezonovanja je u automatskom dokazivanju teorema, formalizaciji matematičkog znanja, kao i u razvoju i primeni formalnih metoda za verifikaciju hardvera, softvera, ali i drugih formalno zadatih sistema, poput kriptografskih i drugih protokola. Za razliku od statistički zasnovanih metoda, metode automatskog rezonovanja zahtevaju preciznu formulaciju problema, kao i pravila i uslova koje mora ispunjavati traženo rešenje. Takođe, rešenje koje dobijamo je potpuno precizno opisano i tačno sa veoma visokim stepenom pouzdanosti. Otuda su metode zasnovane na automatskom rezonovanju pogodne za probleme gde postoji nulta tolerancija na greške (npr. tamo gde mogu biti ugroženi ljudski životi, imovina i sl.).

U ovom radu razmatramo primenu metoda automatskog rezonovanja na rešavanje jedne od veoma popularnihih slagalica današnjice – igre *Sokoban* [6]. U pitanju je igra nastala 1981. godine, a kreirao ju je japanac Hirojuki Imbajaši. Igra se odvija na dvodimenzionoj tabli, poput one prikazane na slici 1. Igrač upravlja figurom koja predstavlja čuvara skladišta. Čuvar skladišta u svakom koraku može da se pomeri za jedno polje gore, dole, levo ili desno. Pritom, igrač ne može prolaziti kroz zidove. Igrač prilikom pomeranja može pomeriti (u smeru svog kretanja, tj. „pogurati") i neku od kutija koja mu se nađe na putu, ali samo pod uslovom da iza te kutije (u smeru pomeranja) nije zid ili druga kutija. Igrač ne može „povući" kutiju za sobom, već može samo

„gurati" kutije. Cilj igre je da se kutije postave na unapred zadata polja na tabli (na slici 1 označena crvenim tačkama). Pritom, nije bitno koja će kutija biti na kojoj odredišnoj poziciji. Cilj igre može biti pronaći bilo koje rešenje, ili pronaći rešenje u najmanjem mogućem broju poteza.



Slika 1. Igra Sokoban

Originalna postavka igre sastojala se iz 90 različitih nivoa[1], ali je kasnije od strane različitih autora osmišljeno više hiljada različitih Sokoban postavki. Programske implementacije Sokoban igre su tokom 80-tih godina 20. veka razvijene za većinu tadašnjih kućnih računara (poput računara Spectrum i C64), a kasnije i za PC računare. Danas je igra Sokoban dostupna i na internetu, u okviru velikog broja veb stranica posvećenih ovoj igri.

Pored „ručnog" rešavanja, danas postoji i značajno interesovanje istraživača za automatizacijom procesa rešavanja igre Sokoban [7, 8], pre svega zbog izuzetno velikog prostora pretrage, čak i u slučaju relativno jednostavnih nivoa. Igra Sokoban je razmatrana i u okviru teorijskog računarstva, gde je dokazano da je problem PSPACE-kompletan [9]. Ovo znači da se svaki problem koji je rešiv u polinomskom prostoru može polinomskom redukcijom svesti na neku Sokoban instancu. Ovo problem rešavanja igre Sokoban čini jednim od najtežih problema u PSPACE klasi.

Postojeći specijalizovani Sokoban rešavači su zasnovani na opštim i specifičnim metodama *informisane pretrage* (poput $A*$ [10], *IDA** [11], *FESS* [12], i sl.), unapređenim primenom specifičnih domenskih znanja. Ova domenska znanja se uglavnom sastoje u prepoznavanju tzv. *mrtvih stanja* (engl. *deadlocks*). Za stanje table za igru (koje je određeno trenutnim pozicijama igrača i kutija) kažemo da je mrtvo stanje, ako se iz tog stanja ne može stići do završnog stanja (tj. do stanja u kome su kutije postavljene na odredišne pozicije). Tipičan primer mrtvog stanja je slučaj kada je kutija postavljena uz zid od kog se više ne može odvojiti (jer igrač ne može da vuče kutije, već samo da ih gura), a u toj vrsti/koloni ne postoji odredišno polje na koje bi se kutija mogla postaviti. Pored ovog jednostavnog primera, postoji i mnogo drugih tipova mrtvih stanja koja nisu tako očigledna, ali su poznata iskusnim Sokoban igračima i razmatraju se u literaturi [13]. Automatsko prepoznavanje ovih mrtvih stanja može u značajnoj meri suziti prostor pretrage i time omogućiti efikasnije pronalaženje rešenja. Među najpoznatijim specijalizovanim Sokoban rešavačima izdvajamo *Jsoko*[2], *Sokolution*[3] i *Festival*[4], među kojima je ovaj poslednji, zasnovan na *FESS* algoritmu [12], trenutno najuspešniji i prvi koji je uspeo da reši svih 90 originalnih Sokoban instanci. Novije, teže instance Sokoban problema su i dalje van domašaja za automatske rešavače.

Pored rešavača koji se zasnivaju na implementaciji specifičnih metoda pretrage, postoje i rešavači koji problem rešavanja igre Sokoban svode na instance nekih opštih problema, poput *problema iskazne zadovoljivosti* (poznatog i kao *SAT problem* [14]) ili *problema zadovoljavanja ograničenja* (poznatog i kao *CSP problem* [15]), što omogućava primenu postojećih efikasnih alata za takve probleme. Među takvim rešavačima izdvaja se Sokoban rešavač[5] zasnovan na *copris*[6] jeziku za modelovanje. Ovaj jezik omogućava da se problem opiše na visokom nivou, a da se zatim isti automatski izrazi kao CSP problem i kao takav preda odgovarajućem rešavaču. Podrazumevana konfiguracija dobijeni CSP problem najpre svodi na SAT (koristeći alat *sugar* [16]), a zatim ga rešava pomoću SAT rešavača. Ovakvi pristupi su do sada takođe bili relativno uspešni.

Naš pristup prati drugi navedeni pravac istraživanja i razmatra mogućnost svođenja problema rešavanja igre Sokoban na problem automatskog planiranja, koji bi onda bio izražen kao *SMT problem* [17] i rešavan pomoću SMT rešavača. SMT problem predstavlja uopštenje SAT problema na logiku prvog reda, tj. razmatra se zadovoljivost formule prvog reda u odnosu na unapred zadatu teoriju. Za razliku od SAT pristupa, SMT pristup omogućava izražavanje problema na znatno višem nivou, čime se u velikoj meri zadržava originalna struktura problema koji se rešava. Takođe, SMT rešavači u sebi sadrže procedure odlučivanja koje su prilagođene tipovima ograničenja koji su podržani u datoj teoriji prvog reda, što omogućava efikasniji tretman ovih ograničenja. Za razliku od CSP rešavača, SMT rešavači imaju bolju podršku za opis i tretman složenijih iskaznih struktura datog problema, budući da logika prvog reda u sebi sadrži iskaznu logiku. Navedene činjenice nam daju razlog za optimizam kada je u pitanju upotrebljivost SMT rešavača u rešavanju ovakve vrste problema. Cilj ovog rada je preliminarno istraživanje u ovom pravcu, kao i razmatranje pravaca budućeg rada, na osnovu dobijenih preliminarnih rezultata.

Ostatak ovog rada ima sledeću strukturu. U poglavlju 2 dajemo kratak pregled osnovnih pojmova vezanih za SAT i SMT rešavače, kao i za problem automatskog planiranja na koji ćemo svoditi problem rešavanja igre Sokoban. Poglavlje 3 detaljno opisuje kodiranje problema koje je korišćeno u ovom istraživanju. Poglavlje 4 sadrži informacije o implementaciji i preliminarnim rezultatima. Najzad, u

[1] https://sokoban.info/

[2] https://www.sokoban-online.de/

[3] http://codeanalysis.fr/sokoban/

[4] https://festival-solver.site/

[5] https://cspsat.gitlab.io/copris-puzzles/sokoban/index.html

[6] http://bach.istc.kobe-u.ac.jp/copris/

poglavlju 5 dajemo zaključke i navodimo pravce budućeg rada.

2 AUTOMATSKO PLANIRANJE UZ POMOĆ SAT I SMT REŠAVAČA

2.1 SAT problem i SAT rešavači

U nastavku ovog teksta pretpostavljamo da su čitaocu poznati osnovni pojmovi iskazne logike [14]. Literal je ili iskazni atom (tj. iskazno slovo, poput $p, q, r, \ldots$), ili negacija iskaznog atoma (poput $\neg p, \neg q, \ldots$). *Klauza* je disjunkcija literala. Formula je u *konjunktivnoj normalnoj formi* (KNF) ako predstavlja konjunkciju klauza.

Valuacija je funkcija koja iskaznim atomima pridružuje istinotonosnu vrednost (*tačno* ili *netačno*). Svaka valuacija jedinstveno određuje *interpretaciju* proizvoljne formule F (takođe *tačno* ili *netačno*), imajući u vidu dobro poznatu semantiku iskaznih veznika. Za formulu kažemo da je *zadovoljiva*, ako postoji valuacija u kojoj je ta formula tačna. Problem ispitivanja zadovoljivosti iskazne formule poznat je kao *SAT problem* (engl. *SATisfiability*).

SAT problem je jedan od najpoznatijih NP-kompletnih problema [18] i svi poznati deterministički algoritmi za njegovo rešavanje su eksponencijalne vremenske složenosti u najgorem slučaju. Alati koji implementiraju ove algoritme nazivaju se SAT rešavači. Većina modernih SAT rešavača su zasnovani na *DPLL algoritmu* [19] iz 1962. godine koji se primenjuje na formule u KNF-u. U osnovi, DPLL algoritam je zasnovan na *pretrazi sa vraćanjem* (engl. *backtracking*), uz dodatak elemenata iskaznog rasuđivanja, poput *jediničnih klauza* i *čistih literala*. Za razliku od originalnog DPLL algoritma koji je bio implementiran rekurzivno, moderne implementacije su zasnovane na iterativnoj implementaciji, uz eksplicitnu reprezentaciju steka. Pored toga, prisutna su i brojna algoritamska poboljšanja (poput *analize konflikta*, *učenja klauza*, *nehronološkog vraćanja unazad* i *ponovnog započinjanja pretrage*), kao i implementaciona poboljšanja (poput *sheme dva posmatrana literala*). Ovako unapređeni algoritam se obično označava terminom *CDCL* (engl. *conflict driven clause learning* [20]). Moderni CDCL SAT rešavači su u stanju da rešavaju probleme koji uključuju na desetine hiljada iskaznih atoma, kao i na stotine hiljada klauza. Zahvaljujući tako impresivnim performansama, mnogi problemi se danas mogu rešavati svođenjem na SAT problem, umesto da se razmatraju domenski specifična rešenja. Ovakav pristup dao je značajne rezultate kako u verifikaciji hardvera i softvera, tako i u problemima automatskog planiranja, kombinatornog dizajna, problemima raspoređivanja, diskretnoj geometriji i sl.

Neki od najpopularnijih SAT rešavača su *minisat*[7], *glucose*[8], *lingeling*[9], itd.

[7] http://minisat.se/
[8] https://www.labri.fr/perso/lsimon/glucose/
[9] http://fmv.jku.at/lingeling/

2.2 SMT problem i SMT rešavači

Zadovoljivost formula se može razmatrati i u logici prvog reda, gde se umesto iskaznih atoma pojavljuju *atomi prvog reda* [5]. Atomi prvog reda dobijaju se primenom predikatskih simbola na termove. Termovi se, sa druge strane, grade od promenljivih i konstanti, na koje se primenjuju funkcijski simboli. Dodatno, promenljive se mogu kvantifikovati (univerzalnim ili egzistencijalnim kvantifikatorom). Ukoliko formula ne sadrži promenljive, tada je nazivamo *baznom formulom*.

Predikatski simboli se mogu interpretirati relacijama odgovarajuće arnosti nad unapred fiksiranim domenom, dok se funkcijski simboli mogu interpretirati funkcijama (operacijama) odgovarajuće arnosti nad tim domenom. U slučaju baznih formula, interpretacija formule biće u potpunosti određena interpretacijom funkcijskih i predikatskih simbola koji se u njoj pojavljuju. Formula će biti *zadovoljiva*, ako postoji interpretacija simbola koji se pojavljuju u formuli takva da je formula u njoj tačna. Uobičajeno je da pretpostavljamo da interpretacija simbola koji se pojavljuju u formuli nije potpuno proizvoljna, već da je na neki način fiksirana (najčešće zadavanjem skupa aksioma koje moraju biti zadovoljene). Tada govorimo o *teoriji prvog reda*, a interpretacije koje zadovoljavaju dati skup aksioma nazivamo *modelima* te teorije. Za formulu kažemo da je *zadovoljiva u odnosu na teoriju* ako postoji model te teorije u kome je data formula tačna. Problem ispitivanja zadovoljivosti u odnosu na teoriju naziva se *SMT problem* (engl. *Satisfiability Modulo Theory* [17]). Alati koji implementiraju procedure za rešavanje SMT problema nazivaju se *SMT rešavači*.

Većina modernih SMT rešavača su zasnovani na takozvanom lenjom pristupu [17] – atomi prvog reda se najpre apstrahuju iskaznim atomima i pomoću SAT rešavača se proverava iskazna zadovoljivost tako dobijene formule. Za dobijeni iskazni model (ako postoji) ispituje se da li je odgovarajuća konjunkcija literala prvog reda zadovoljiva u datoj teoriji, korišćenjem posebne procedure odlučivanja. Drugim rečima, SMT rešavač se sastoji iz SAT rešavača (najčešće CDCL zasnovanog) i specifične procedure odlučivanja za teoriju od interesa, koju nazivamo i *teorijski rešavač*. Na ovaj način, SMT rešavači kombinuju efikasnost SAT pretrage sa specifičnim rezonovanjem u teoriji koja se razmatra.

Prednost SMT rešavača u odnosu na SAT rešavača je u njihovoj izražajnosti. Mnoge uslove i ograničenja je lakše izraziti, na primer, pomoću aritmetičkih relacija nego na jeziku iskazne logike. Teorije koje se razmatraju su obično izabrane tako da nalaze svoju primenu u verifikaciji softvera, što je glavni domen primene SMT rešavača. Ipak, u poslednje vreme, SMT rešavači se sve više koriste i u drugim oblastima (poput problema zadovoljavanja ograničenja, automatskog planiranja, i sl.).

Neki od najpopularnijih SMT rešavača su *Z3*[10], *CVC4*[11],

[10] https://github.com/Z3Prover/z3
[11] https://cvc4.github.io/

MathSAT5[12], itd.

2.3 Automatsko planiranje

Automatsko planiranje [21] podrazumeva razvoj procedura za automatsko pronalaženje plana, tj. niza akcija koje je potrebno primeniti da bi se postigao zadati cilj. Formalno, problem planiranja je uređena četvorka $P = (V, S_0, O, G)$, gde je:

- V – skup promenljivih koje uzimaju vrednosti iz odgovarajućih domena
- S_0 – početno stanje (pod *stanjem* podrazumevamo mapiranje koje promenljivama iz V pridružuje vrednosti iz njihovih domena)
- O – skup operatora oblika $o = (C, E)$, gde je C *preduslov* koji mora da zadovolji neko stanje S (što označavamo sa $C(S)$) da bi na njega mogao biti primenjen operator o, a E je skup *efekata*, pri čemu je svaki efekt oblika:

  $$F \Rightarrow \{x_1 := v_1, x_2 := v_2, \ldots, x_n := v_n\}$$

  gde je F (opcioni) uslov za izvršenje efekta koji se sastoji iz niza dodela $x_i := v_i$ ($v_i \in V$). Operator o se primenjuje na neko stanje S (što označavamo sa $o(S)$) tako što se svaki efekat ovog operatora čiji je preduslov F ispunjen u stanju S izvršava, primenom odgovarajućih dodela, čime se dobija novo stanje S' (pretpostavlja se da ove dodele nisu međusobno u koliziji, u suprotnom operator nije moguće primeniti).
- G je uslov cilja, tj. uslov koji je potrebno da ispunjava završno stanje dobijeno nakon primene plana.

Plan koji je rešenje problema planiranja P je bilo koji niz operatora $o_1, o_2, \ldots, o_N$ ($o_i = (C_i, E_i) \in O$), takav da važi:

- $C_i(S_{i-1})$ za $1 \leq i \leq N$
- $S_i = o_i(S_{i-1})$, za $1 \leq i \leq N$
- $G(S_N)$

Pod dužinom plana podrazumevamo broj operatora N iz kojih se plan sastoji. Problem ispitivanja da li postoji plan (proizvoljne dužine) za dati problem planiranja je PSPACE-kompletan [22]. Ukoliko fiksiramo dužinu plana N, tada je problem ispitivanja da li postoji plan dužine N NP-kompletan i može se svoditi na SAT i SMT probleme.

3 SOKOBAN KAO PROBLEM PLANIRANJA

Igra sokoban se sasvim prirodno može posmatrati kao problem planiranja, gde je stanje određeno pozicijom igrača i kutija na tabli za igru, a operatori odgovaraju mogućim potezima igrača (*gore*, *dole*, *levo*, *desno*), pri čemu za svaki operator postoje odgovarajući preduslovi koji moraju biti ispunjeni da bi taj operator mogao da se primeni. Na primer, ne možemo pomeriti igrača na gore ako je iznad igrača zid, ili je iznad igrača kutija iznad koje je zid ili druga kutija. Slični uslovi važe i za ostale poteze. Uslov cilja se sastoji u tome da se pozicije kutija poklapaju sa unapred zadatim odredišnim pozicijama na tabli.

Formalno, pretpostavimo da imamo tablu dimenzija $m \times n$. Svaka pozicija na tabli određena je svojim koordinatama (x, y), gde je $x \in \{0, 1, \ldots, n-1\}$ indeks kolone, dok je $y \in \{0, 1, \ldots, m-1\}$ indeks vrste. Najpre je potrebno opisati okruženje za igru, tj. pozicije na tabli na kojima se nalazi zid, kao i pozicije koje predstavljaju odredišna polja (ova postavka je fiksna i ne menja se tokom igre, pa samim tim ne predstavlja deo stanja). S obzirom da je tabla za igru dvodimenziona, raspored zidova i odredišnih polja je najlakše zadati matricom logičkih vrednosti[13], gde će vrednost nekog polja matrice biti *true* ako i samo ako je na tom polju zid, odnosno odredište. Međutim, kako SMT rešavači nemaju direktnu podršku za rad sa matricama, umesto matrica koristićemo jednodimenzione nizove logičkih vrednosti dužine $m \cdot n$, pri čemu će polju matrice na poziciji (x, y) odgovarati element niza sa indeksom $n \cdot y + x$. Odgovarajuće nizove nazovimo redom $wall$ i $home$.

Stanje igre nakon primene k-tog operatora biće opisano celobrojnim promenljivama X_k i Y_k koje predstavljaju koordinate igrača, kao i matricom logičkih vrednosti koja određuje pozicije kutija. Slično kao i malopre, matricu logičkih vrednosti predstavljaćemo jednodimenzionim nizom logičkih vrednosti dužine $m \cdot n$. Ovu promenljivu označimo sa box_k.

Kodiranje okruženja. Okruženje, tj. konfiguracija table za igru se kodira zadavanjem vrednosti promenljivih $wall$ i $home$. S obzirom da su u pitanju nizovske promenljive, njihova vrednost se zadaje eksplicitnim zadavanjem vrednosti svih elemenata niza.

Kodiranje početnog stanja. Početno stanje S_0 se kodira zadavanjem vrednosti promenljivih X_0 i Y_0, kao i promenljive box_0, na osnovu početne situacije na tabli za igru.

Kodiranje plana. Plan unapred fiksirane dužine N biće opisan celobrojnim promenljivama $move_1, move_2, \ldots, move_N$, pri čemu $move_k \in \{0, 1, 2, 3\}$ predstavlja operator (tj. potez) koji je primenjen u k-tom koraku (0-gore, 1-dole, 2-levo i 3-desno). Za svaki od mogućih operatora $op \in \{0, 1, 2, 3\}$, neka je formulom $C_{op}[k]$ izražen preduslov za izvršenje tog operatora u k-tom koraku, i neka su formulom $E_{op}[k]$ izraženi efekti izvršenja tog operatora u k-tom koraku. Semantika operatora op u k-tom koraku izražena je sledećim formulama:

- $(move_k = op) \Rightarrow C_{op}[k]$ – ako je u k-tom koraku izabran operator *op*, tada mora da važi preduslov ovog operatora $C_{op}[k]$
- $(move_k = op) \Rightarrow E_{op}[k]$ – ako je u k-tom koraku izabran operator *op*, tada moraju biti izvršeni efekti

[12] `https://mathsat.fbk.eu/`

[13] Elementi logičke matrice imaju vrednost $true$ ili $false$.

ovog operatora $E_{op}[k]$.

Kodiranje plana se sada sastoji iz konjunkcije gornjih formula za svako $op \in \{0, 1, 2, 3\}$ i svako $k \in \{1, 2, \ldots, N\}$. Ilustracije radi, prikažimo kodiranje formula $C_{op}[k]$ i $E_{op}[k]$ za $op = 0$ (tj. potez igrača „na gore"). Formula $C_0[k]$ biće sledećeg oblika:

$$\begin{pmatrix} Y_{k-1} > 0 \wedge \\ \neg wall[(Y_{k-1} - 1) \cdot n + X_{k-1}] \wedge \\ box_{k-1}[(Y_{k-1} - 1) \cdot n + X_{k-1}] \Rightarrow \\ Y_{k-1} > 1 \wedge \\ \neg box_{k-1}[(Y_{k-1} - 2) \cdot n + X_{k-1}] \wedge \\ \neg wall[(Y_{k-1} - 2) \cdot n + X_{k-1}] \end{pmatrix}$$

Intuitivno, da bismo mogli da odigramo potez „na gore", igrač ne sme biti u nultoj vrsti, iznad igrača ne sme biti zid, a ako je iznad igrača kutija, tada iznad nje ne sme biti ni zid ni kutija. Formula $E_0[k]$ biće sledećeg oblika:

$$\begin{pmatrix} Y_k = Y_{k-1} - 1 \wedge \\ X_k = X_{k-1} \wedge \\ \neg box_{k-1}[(Y_{k-1} - 1) \cdot n + X_{k-1}] \Rightarrow \\ box_k = box_{k-1} \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} box_{k-1}[(Y_{k-1} - 1) \cdot n + X_{k-1}] \Rightarrow \\ box_k = box_{k-1}|_{(Y_{k-1}-1)\cdot n + X_{k-1}\uparrow} \end{pmatrix}$$

pri čemu oznaka $box_{k-1}|_{(Y_{k-1}-1)\cdot n+X_{k-1}\uparrow}$ označava isti niz logičkih vrednosti kao i box_{k-1}, s tom razlikom što je vrednost na indeksu $(Y_{k-1} - 1) \cdot n + X_{k-1}$ jednaka $false$, a vrednost na indeksu $(Y_{k-1} - 2) \cdot n + X_{k-1}$ je jednaka $true$.[14] Intuitivno, efekat poteza „na gore" je u tome da se y koordinata igrača smanjuje za jedan, dok x koordinata ostaje nepromenjena. Pritom, ako je iznad igrača bila kutija, ona se pomera za jedno mesto na gore, dok u suprotnom raspored kutija na tabli ostaje nepromenjen.

Kodiranje cilja. Cilj G je predstavljen sledećom formulom:

$$box_N = home$$

Dakle, pozicije kutija u završnom stanju moraju se poklapati sa pozicijama odredišnih polja.

Pronalaženje najkraćeg plana. Neka je ϕ_N gore opisana formula za fiksiranu dužinu plana N. Pronalaženje plana najmanje dužine se svodi na sukcesivno ispitivanje zadovoljivosti formula $\phi_1, \phi_2, \ldots$ do pronalaska prve zadovoljive formule u ovom nizu.

4 IMPLEMENTACIJA I EVALUACIJA

Prethodno kodiranje visokog nivoa je dalje potrebno zapisati na jeziku rešavača koji će biti korišćen. U slučaju SMT rešavača, dodatno se postavlja pitanje izbora teorije prvog reda koja je najpogodnija za kodiranje navedenih uslova. Prvi izbor je svakako *teorija celobrojne linearne aritmetike* [17], čiji jezik podržava linearna ograničenja nad celobrojnim domenom. Na jeziku ove teorije se mogu kodirati uslovi vezani za domene celobrojnih promenljivih X_k, Y_k i $move_k$, kao i linearni izrazi oblika $n \cdot y + x$ koji se koriste za određivanje indeksa u nizovima. Za same nizove, sa druge strane, može se koristiti *teorija nizova* [17] koja se u verifikacijskim primenama tipično koristi za apstrakciju memorije. Jezik ove teorije podržava funkcijske simbole $select$ i $store$ koji se, redom, koriste za čitanje i upis vrednosti elementa niza na datom indeksu. Pritom, izraz $select(a, i)$ predstavlja vrednost i-tog elementa niza a, dok izraz $store(a, i, v)$ predstavlja novi niz koji se dobija tako što se u nizu a na poziciju i upiše vrednost v, dok se ostali elementi ne menjaju. Na ovaj način se, recimo, uslov:

$$box_k = box_{k-1}|_{(Y_{k-1}-1)\cdot n+X_{k-1}\uparrow}$$

može jednostavno izraziti na sledeći način:

$$box_k = store(store(box_{k-1}, (Y_{k-1} - 1) \cdot n + X_{k-1}, 0), (Y_{k-1} - 2) \cdot n + X_{k-1}, 1)$$

Dobra strana SMT rešavača je da oni podržavaju i tzv. *kombinaciju teorija* [17], tj. moguće je u istoj formuli imati mešovita ograničenja koja istovremeno potiču iz većeg broja podržanih teorija. Primera radi, gornji uslov je izražen nad kombinacijom teorije aritmetike i teorije nizova. Na žalost, ovakvo kodiranje, iako veoma elegantno, nije dalo zadovoljavajuće rezultate. Rešavac Z3 je na ovaj način uspeo da reši isključivo neke veoma lake instance čije rešavanje nije zahtevalo više od 20 poteza.[15]

Drugi izbor je *teorija bitvektora* [17]. Ova SMT teorija se u verifikacijskim primenama koristi za modelovanje celobrojnih tipova sa fiksiranim brojem bitova u svom zapisu koji postoje u većini tipičnih programskih jezika (poput *int* tipa u C-u). U ovoj teoriji, izrazi se interpretiraju nizovima bitova konačnih dužina. Podržane su aritmetičke operacije (sa prekoračenjem), logičke i relacione, kao i bitovske operacije (poput pomeranja u levo i desno). Pored aritmetike, teorija bitvektora omogućava i reprezentaciju nizova logičkih vrednosti koji se mogu predstaviti prosto kao bitvektori odgovarajućih dužina. Otuda se teorija bitvektora može iskoristiti za kodiranje našeg problema, iako kodiranje nije tako elegantno i jednostavno kao u prethodnom slučaju. Na primer, izdvajanje elementa niza bi se ovde svodilo na očitavanje bita na datoj bitskoj poziciji u odgovarajućem bitvektoru, što se svodi na upotrebu bitovskih operatora (kao u jeziku C). Ipak, ovim kodiranjem postignuti su znatno bolji rezultati. Rešavač Z3 je uspeo da reši, pored lakih, i izvestan broj srednje teških instanci, za čije je rešavanje bilo potrebno do 100 poteza. Teže instance su i dalje ostale van domašaja.[16]

Razlog za bolje ponašanje teorije bitvektora, po mišljenju autora, leži u konačnosti domena koji se u ovoj teoriji razmatraju. Naime, svaki bitvektor fiksirane dužine može uzeti

[14] Konkretno kodiranje ovog uslova zavisiće od izbora SMT teorije koja se koristi.

[15] Pored rešavača Z3, razmatran je i rešavač CVC4, ali je njegovo ponašanje bilo još lošije, te smo ga isključili iz dalje evaluacije.

[16] Detalji implementacije i evaluacije mogu se naći na lokaciji: `https://github.com/milanbankovic/smt_sokoban`.

konačno mnogo različitih vrednosti, što nije slučaj sa celobrojnim tipom u teoriji aritmetike, čiji model je *beskonačni* skup celih brojeva $\mathbb{Z}$. Konačnost domena čini teorijski rešavac za teoriju bitvektora znatno efikasnijim i bolje prilagođenim ovakvoj vrsti problema. Na primer, bitvektori kojima se predstavljaju promenljive $move_k$ mogu biti dužine 2, s obzirom da imamo samo 4 moguća poteza. Ovakvi bitvektori se znatno jednostavnije mogu razmatrati u okviru SMT rešavača od celobrojnih promenljivih koje mogu biti interpretirane bilo kojim elementom skupa $\mathbb{Z}$.

5 ZAKLJUČAK I DALJI RAD

U ovom radu razmatrana je primena SMT rešavača u automatskom pronalaženju rešenja igre Sokoban, svođenjem na problem automatskog planiranja. Razmatrana su dva kodiranja, jedno zasnovano na kombinaciji teorije celobrojne aritmetike i teorije nizova i drugo, zasnovano na teoriji bitvektora. Pritom, ovo drugo kodranje dalo je ohrabrujuće rezultate tokom preliminarne evaluacije na lakim i srednje teškim instancama. Ipak, kako bi se rezultati zasnovani na ovom pristupu približili modernim specijalizovanim Sokoban rešavačima, neophodna su dodatna poboljšanja kodiranja. Ova poboljšanja mogu ići u dva pravca. Prvi podrazumeva kodiranje uslova vezanih za izbegavanje mrtvih stanja, čime se značajno može smanjiti prostor pretrage. Drugi pristup podrazumeva ukrupnjavanje poteza. Naime, često je neophodno da igrač pređe dug put do kutije koju treba pomeriti. Suštinski, samo pomeranje kutije je potez koji zaista menja stanje, jer pomeranje igrača samo za sebe nema efekta. Ipak, u našem kodiranju svako pomeranje „u prazno" se takođe broji kao potez, što planove koje se razmatraju može učiniti veoma dugim, naročito u slučajevima kada je tabla za igru velikih dimenzija. Umesto toga, čitav put do kutije i njeno pomeranje se može smatrati jednim potezom, čime bi planovi postali znatno kraći. Sa druge strane, kodiranje plana bi postalo složenije. Detaljnijom evaluacijom, koja ostaje predmet budućeg rada, treba utvrditi u kojoj meri bi ovakav pristup proces rešavanja učinio efikasnijim. Drugi zadatak budućeg rada je i detaljno poređenje sa drugim aktuelnim pristupima.

Literatura

[1] Diogo M Costa. Computational complexity of games and puzzles. *arXiv preprint arXiv:1807.04724*, 2018.

[2] Jerome Friedman, Trevor Hastie, Robert Tibshirani, et al. *The elements of statistical learning*, volume 1. Springer series in statistics New York, 2001.

[3] Kevin P Murphy. *Machine learning: a probabilistic perspective*. MIT press, 2012.

[4] Mariusz Flasiński. Symbolic artificial intelligence. In *Introduction to Artificial Intelligence*, pages 15–22. Springer, 2016.

[5] Alan JA Robinson and Andrei Voronkov. *Handbook of automated reasoning*, volume 1. Elsevier, 2001.

[6] Dorit Dor and Uri Zwick. Sokoban and other motion planning problems. *Computational Geometry*, 13(4):215–228, 1999.

[7] Andreas Junghanns and Jonathan Schaeffer. Sokoban: A challenging single-agent search problem. In *In IJCAI Workshop on Using Games as an Experimental Testbed for AI Reasearch*. Citeseer, 1997.

[8] Adi Botea, Martin Müller, and Jonathan Schaeffer. Using abstraction for planning in sokoban. In *International Conference on Computers and Games*, pages 360–375. Springer, 2002.

[9] Joseph Culberson. Sokoban is pspace-complete. 1997.

[10] Peter E Hart, Nils J Nilsson, and Bertram Raphael. A formal basis for the heuristic determination of minimum cost paths. *IEEE transactions on Systems Science and Cybernetics*, 4(2):100–107, 1968.

[11] Richard E Korf. Depth-first iterative-deepening: An optimal admissible tree search. *Artificial intelligence*, 27(1):97–109, 1985.

[12] Yaron Shoham and Jonathan Schaeffer. The fess algorithm: A feature based approach to single-agent search. In *2020 IEEE Conference on Games (CoG)*, pages 96–103. IEEE, 2020.

[13] Jean Persi Boelter. Learning deadlocks in sokoban. 2018.

[14] Armin Biere, Marijn Heule, Hans van Maaren, and Toby Walsh, editors. *Handbook of Satisfiability*, volume 185 of *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*. IOS Press, 2009.

[15] Krzysztof Apt. *Principles of Constraint Programming*. Cambridge University Press, New York, NY, USA, 2003.

[16] Naoyuki Tamura, Akiko Taga, Satoshi Kitagawa, and Mutsunori Banbara. Compiling finite linear CSP into SAT. *Constraints*, 14(2):254–272, 2009.

[17] Clark Barrett, Roberto Sebastiani, Sanjit A. Seshia, and Cesare Tinelli. Satisfiability Modulo Theories. In *Handbook of Satisfiability*, chapter 26, pages 825–885. IOS Press, 2009.

[18] Stephen A Cook. The complexity of theorem-proving procedures. In *Proceedings of the third annual ACM symposium on Theory of computing*, pages 151–158. ACM, 1971.

[19] Martin Davis, George Logemann, and Donald Loveland. A Machine Program for Theorem-Proving. *Communications of the ACM*, 5(7):394–397, July 1962.

[20] Joao Marques-Silva, Ines Lynce, and Sharad Malik. Conflict-Driven Clause Learning SAT Solvers. In *Handbook of Satisfiability*, chapter 4, pages 131–155. IOS Press, 2009.

[21] Jussi Rintanen. Planning and sat. *Handbook of Satisfiability*, 185:483–504, 2009.

[22] Tom Bylander. The computational complexity of propositional strips planning. *Artificial Intelligence*, 69(1-2):165–204, 1994.

MODERNA NASTAVA MATEMATIKE ZASNOVANA NA METODAMA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE
MODERN TEACHING OF MATHEMATICS BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS

Vesna Marinković
Matematički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija

Sadržaj – *Nastava matematike će se izvesno sve više oslanjati na korišćenje alata baziranih na veštačkoj inteligenciji. Ovi alati treba da budu u stanju da automatski rešavaju probleme, da vrše stroge provere rešenja i menjaju uobičajenu perspektivu.*
Navedena svojstva biće ilustrovana alatom za rešavanje konstruktivnih problema u geometriji ArgoTriCS. Pored automatskog generisanja rešenja konstruktivnih problema, alat se može koristiti i u sistemima za dinamičku geometriju, gde omogućava nove vidove rezonovanja.

Abstract – *Teaching of mathematics will certainly rely more and more on using tools based on artificial intelligence. These tools should be capable to automatically solve problems, to do rigorous checks of solutions but also to change usual perspective.*
The properties listed will be illustrated by the tool ArgoTriCS for solving construction problems in geometry. In addition to automated generation of solutions to construction problems, the tool can be used within systems for dynamic geometry, enabling new types of reasoning.

1. UVOD

Nastava matematike je oduvek igrala važnu ulogu u razvoju različitih veština kod đaka, kao što su kreativno mišljenje, deduktivno i induktivno rezonovanje, sposobnost vizuelizacije i druge. Dobro vladanje ovim veštinama može učiniti svakodnevne aktivnosti pojedinca jednostavnijim, a probleme iz stvarnog života lakšim za savladavanje. Način na koji đaci i studenti uče matematiku ima značajan uticaj na to koliko dobro oni razumeju određene matematičke koncepte. Nastava matematike se veoma izmenila u poslednjih nekoliko decenija. Prisustvo tehnologije je matematiku učinilo pristupačnijom i primenljivijom svakom pojedincu. Korišćenje različitih alata u nastavi može da olakša razumevanje složenih i apstraktnih koncepata, pružajući konkretne modele za njih. Ovi alati ne treba ni u kom slučaju da zamene tradicionalne matematičke aktivnosti i izračunavanja na papiru, već da doprinesu boljem razumevanju matematičkih ideja.

Današnja nastava matematike značajno se razlikuje od nekadašnje zbog oslanjanja na računare. Računarski alati koji se danas koriste u nastavi matematike omogućavaju rešavanje problema numerički i, sve češće, simbolički. Na primer, u savremenim računarskim algebarskim sistemima (kao što su Mathematica, Matlhab, Mathcad i Maple) moguće je i numeričko i simboličko rešavanje jednačina, pojednostavljivanje algebarskih izraza, računanje integrala, izvršavanje operacija nad matricama i dr. Korišćenje ovih računarskih sistema pojednostavljuje razumevanje naprednih algebarskih koncepata, efikasnije modelovanje, kao i različite primene. U nastavi matematike se često koriste i alati za dinamičku geometriju (kao što su GeoGebra koja danas ima nekoliko stotina miliona korisnika, Cinderella, GCLC i Geometer's Sketchpad) koji omogućavaju vizuelizaciju geometrijskih objekata i konstrukcija i neke jednostavne vidove eksperimentisanja. Razmotrimo, na primer, jednostavno tvrđenje koje glasi da se težišne duži trougla seku u jednoj tački. Đake je jednostavnije ubediti u ovo tvrđenje kreiranjem odgovarajuće konstrukcije u alatu za dinamičku geometriju i proverom da isto tvrđenje važi i kad se izmene početne pozicije temena trougla.

Pristupi nastavi se i dalje menjaju i nastava matematike budućnosti će se gotovo sigurno razlikovati od nastave matematike kakvu danas poznajemo. Izvesno je da će ona u još većoj meri biti zasnovana na informacionim tehnologijama, pre svega na metodama veštačke inteligencije. Alati koji će se koristiti u nastavi matematike u budućnosti, zasnovani na veštačkoj inteligenciji, moraće da budu u stanju da:

- automatski rešavaju matematičke probleme (i da pruže pomoć korisniku pri rešavanju),
- samostalno izvrše rigorozne provere rešenja (i da pruže pomoć u proveri rešenja),
- omoguće izmenu uobičajene perspektive.

Već postoje neki pionirski koraci u ovom smeru. Na primer, alati za dinamičku geometriju GeoGebra [1] i GCLC [2,3] imaju u sebi ugrađene automatske dokazivače teorema, koji omogućavaju dokazivanje tvrđenja formulisanih u terminima konstruisanih objekata.

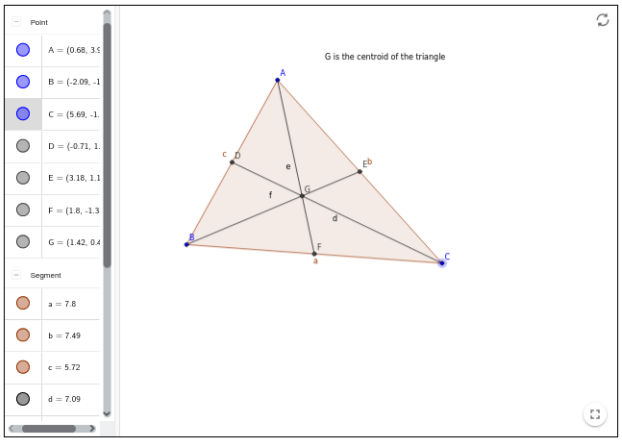
Svojstva koja bi jedan inteligentan alat koji bi se koristio u nastavi matematike budućnosti trebalo da ima, biće ilustrovana na primeru alata koje smo prethodnih godina razvijali za oblast geometrije, preciznije za oblast konstruktivnih problema u geometriji.

Rad je organizovan na sledeći način: u drugom poglavlju dat je pregled problema rešavanja konstruktivnih problema u geometriji, s posebnim osvrtom na oblast lokacijskih problema konstrukcije trougla. U trećem poglavlju ukratko je prikazan alat ArgoTriCS za automatsko rešavanje lokacijskih problema konstrukcije trougla, dok je u četvrtom poglavlju dat primer kako ovakav alat u sinergiji sa alatima za dinamičku geometriju može pružiti novi, drugačiji pogled na konstruktivne probleme. U petom poglavlju izneti su glavni zaključci ovog rada.

2. REŠAVANJE KONTRUKTIVNIH PROBLEMA U GEOMETRIJI

Rešavanje konstruktivnih problema u geometriji predstavlja oblast koja je standardni deo matematičkog obrazovanja već više od dve hiljade godina. Razlog za to je što rešavanje ove vrste problema zahteva s jedne strane sposobnost vizuelizacije, dok s druge strane zahteva apstraktno razmišljanje i formulisanje rešenja potpuno precizno, u vidu niza precizno definisanih koraka. Ova oblast puna je izazova čak i za iskusne matematičare i oduvek je mnogim đacima i studentima predstavljala poteškoću. Njima bi od koristi bili alati koji bi mogli da im predlože naredni korak u rešenju, da nastave njihovo rešenje od nekog koraka ili da generišu kompletno rešenje automatski.

Zadatak konstruktivnih problema jeste da se opiše konstrukcija geometrijske figure koja zadovoljava dati skup ograničenja. Drugim rečima, potrebno je da se za datu deklarativnu specifikaciju figure odredi odgovarajuća proceduralna specifikacija zasnovana na raspoloživim konstruktivnim koracima. Konstrukcije nisu slike kako se često naivno shvata, već procedure fomulisane odgovarajućim jezikom kojima se u vidu niza koraka zadaje uputstvo kako konstruisati traženu geometrijsku figuru. Ipak, vizuelizacija objekata koje treba konstruisati čini dolaženje do same konstrukcije intuitivnijim, a razumevanje same konstrukcije jednostavnijim. Danas se često konstrukcije vizuelizuju alatima za dinamičku geometriju. Na taj način pojednostavljuje se rešavanje ove vrste problema i razumevanje njihovih rešenja. Korišćenje alata za dinamičku geometriju omogućava istraživanje geometrijskih odnosa koji važe između datih objekata što može biti od koristi prilikom rešavanja problema. Dodatno, ovi alati omogućavaju i jednostavno eksperimentisanje. Naime, moguće je pomerati neke od početnih („slobodnih“) tačaka i razmatrati gde će se pri tom položaju tačaka naći konstruisani objekti. Na slici 1 prikazana je konstrukcija težišta trougla u alatu GeoGebra kao preseka dve težišne duži i ilustracija tvrđenja da i treća težišna duž prolazi kroz težište.



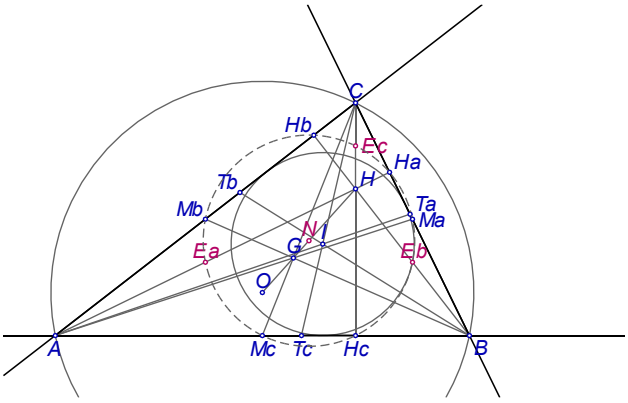
Slika 1 Konstrukcija težišta trougla u alatu GeoGebra

Najstarija i najčešće razmatrana klasa konstruktivnih problema jesu konstrukcije uz pomoć lenjira i šestara. Kod ovih problema cilj je odrediti niz primitivnih konstruktivnih koraka od kojih je svaki jedan od narednih:

- konstrukcija proizvoljne tačke,
- konstrukcija prave kroz dve date tačke,
- konstrukcija kruga čiji je centar data tačka i koji sadrži drugu datu tačku,
- konstrukcija preseka dva kruga, dve prave ili prave i kruga.

Najčešće se konstrukcija zadaje na višem nivou, u vidu niza složenih konstruktivnih koraka, kao što su konstrukcija središta duži ili konstrukcija prave kroz datu tačku koja je upravna na datu pravu.

Lokacijski problemi konstrukcije trougla su problemi u kojima je zadatak konstruisati trougao ABC ako su date lokacije neke tri značajne tačke u trouglu. Vilijem Vernik je 1982. godine predstavio listu lokacijskih problema konstrukcije trougla u kojima se od značajnih tačaka razmatraju narednih 16 tačaka: temena trougla, tri središta stranica trougla, tri podnožja visina, tri podnožja simetrala unutrašnjih uglova, središta opisanog i upisanog kruga, težište i ortocentar [4]. Harold Koneli je 2009. godine predstavio proširenje ove liste gde se kao značajne tačke, pored tačaka iz Vernikovog korpusa, dodatno razmatraju tri Ojlerove tačke i središte Ojlerovog kruga [5]. Na slici 2 plavom bojom su predstavljene značajne tačke iz Vernikovog korpusa, a crvenom bojom dodatne četiri tačke koje se razmatraju u Konelijevom korpusu.



Slika 2 Značajne tačke trougla iz Vernikovog i Konelijevog korpusa

Lokacijski problemi konstrukcije trougla prisutni su u nastavi matematike u osnovnoj i srednjoj školi, a takođe i na takmičenjima iz matematike.

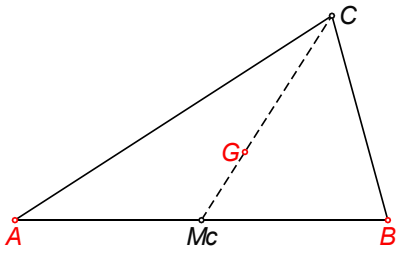
Rešenje konstruktivnog problema se tradicionalno sastoji od četiri faze:

- analize, kojom se izvode svojstva koja omogućavaju konstrukciju,
- konstrukcije,
- dokaza da generisana konstrukcija zadovoljava specifikaciju problema i
- diskusije kojom se zaključuje kada problem ima rešenje i koliko rešenja ima.

3. AUTOMATSKO REŠAVANJE KONSTRUKTIVNIH PROBLEMA U GEOMETRIJI

Glavni problem za automatsko rešavanje konstruktivnih problema je kombinatorna eksplozija, odnosno veliki prostor pretrage. Naime, postoji veliki broj raspoloživih primitivnih konstrukcija i svaku od njih je moguće primeniti na veliki broj različitih objekata. Dodatni problem predstavlja činjenica što neki konstruktivni problemi nisu rešivi korišćenjem lenjira i šestara, na primer, trisekcija ugla. Iako je problem ispitivanja konstruktibilnosti uz pomoć lenjira i šestara odlučiv, ne postoji efikasna, pravolinijska procedura odlučivanja, te se dokazi nekonstruktibilnosti ne izvode na osnovu nekog uniformnog algoritma, već se prave ad-hoc.

Razmotrimo primer sa slike 3. Zadatak je konstruisati trougao ABC ako su data njegova temena A i B i težište trougla G. Jedno moguće rešenje ovog problema je sledeće: najpre se konstruiše tačka M_C kao središte stranice AB, a zatim tačka C za koju važi $\overrightarrow{M_CC}:\overrightarrow{M_CG} = 3$. Iako je rešenje veoma jednostavno i intuitivno, ako bismo želeli da formulišemo sistematičnu proceduru kojom se dolazi do ovog rešenja, suočili bismo se sa velikim brojem mogućnosti. Naime, svaku od ove dve primitivne konstrukcije je moguće primeniti na različite načine: umesto konstrukcije središta duži AB, mogli smo konstruisati središte duži AG ili BG. Nakon konstrukcije tačke M_C mogli smo konstruisati središte duži AM_C, pa zatim središte novodobijene duži itd. Slično, umesto konstrukcije tačke C za koju važi $\overrightarrow{M_CC}:\overrightarrow{M_CG} = 3$, mogli smo konstruisati tačku X za koju važi $\overrightarrow{M_CX}:\overrightarrow{M_CG} = 4$ ili $\overrightarrow{M_CX}:\overrightarrow{M_CG} = 2:3$ ili $\overrightarrow{AX}:\overrightarrow{AG} = 3$ i slično. Dakle, i u slučaju ovako jednostavnog konstruktivnog problema, čak i ako razmatramo samo dve primitivne konstrukcije, postoji veliki broj mogućnosti na koje ih možemo primeniti.



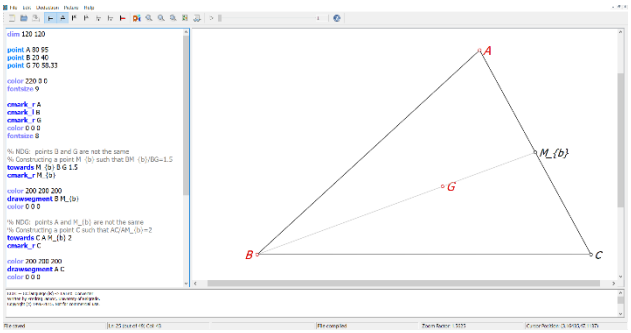
Slika 3 Konstrukcija trougla ABC ako su data dva temena trougla A i B i težište trougla G

Sistem ArgoTriCS [6] je sistem za automatsko rešavanje lokacijskih problema konstrukcije trougla. Prvi korak u izgradnji ovog sistema bio je proces identifikovanja znanja potrebnog za rešavanje konstruktivnih problema iz Vernikovog i Konelijevog korpusa. Utvrđeno znanje je sistematizovano i klasifikovano u tri skupa: skup definicija, skup lema i skup primitivnih konstrukcija [7]. Na primer, težište G trougla se definiše kao presek dve težišne linije trougla, tvrđenje da i treća težišna linija prolazi kroz težište je primer leme, dok je primer primitivne konstrukcije konstrukcija središta duži, ako su date njene krajnje tačke. Identifikovano znanje je predstavljeno na pogodan način koji omogućava efikasnu pretragu. Algoritam pretrage obogaćen je naprednim tehnikama koje usmeravaju pretragu i čine je efikasnijom. Na primer, tokom pretrage se konstruišu samo objekti koji su potencijalno relevantni za konstrukciju.

Rešenje koje sistem ArgoTriCS automatski generiše uključuje:

- neformalni opis konstrukcije na engleskom jeziku,
- formalnu specifikaciju konstrukcije u alatu GCLC,
- ilustraciju konstrukcije u alatu GCLC,
- za veliki broj razmatranih problema dokaze ispravnosti konstrukcije primenom automatskih dokazivača OpenGeoProver i dokazivača podržanih u alatu GCLC,
- skup uslova kada rešenje problema postoji i broj rešenja.

Na slici 4 prikazan je automatski generisan formalni opis konstrukcije trougla ABC ako su data temena A i B i težište trougla G u GCLC formatu i odgovarajuća ilustracija.

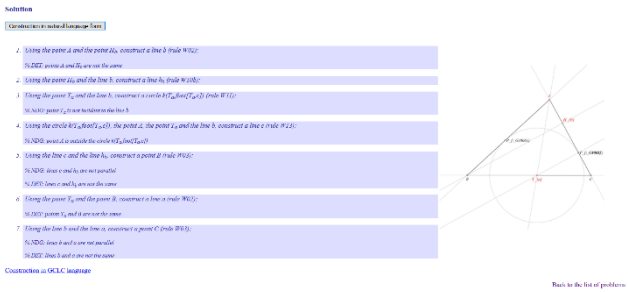


Slika 4 Primer konstrukcije u GCLC formatu

Sistem je uspešno povezan sa automatskim dokazivačima teorema kojima se proverava ispravnost generisanih konstrukcija i sa interaktivnim dokazivačima teorema kojima se dobijaju formalno verifikovana rešenja. Dobijena automatski generisana rešenja u vidu tradicionalne četiri faze rešenja konstruktivnih problema, praćena su mašinski proverivim dokazima [8]. Takve dokaze su u stanju da provere interaktivni dokazivači teorema (na primer, Isabelle) i trenutno je to najviši mogući nivo pouzdanosti matematičkog dokaza.

Veliki broj automatski generisanih konstrukcija dobijenih alatom ArgoTriCS odgovara onima koje se mogu naći u matematičkoj literaturi, međutim, nekada se dobijaju i rešenja koja se razlikuju (ponekad su čak i jednostavnija) od onih dostupnih u literaturi. Najduža automatski generisana konstrukcija sastoji se od 19 konstrukcijskih koraka. Od svih automatski generisanih rešenja problema iz Vernikovog i Konelijevog korpusa, automatski je generisana zbirka zadataka [9]. Ona za svaki od problema sadrži njegov status utvrđen alatom ArgoTriCS, opis konstrukcije na prirodnom jeziku, formalni opis

konstrukcije u jeziku GCLC, ilustraciju rešenja, kao i animaciju konstrukcije korak-po-korak. Na slici 5 dat je primer postupnog prikaza konstrukcije u prirodnom jeziku i odgovarajuće ilustracije za jedan problem iz zbirke. Postupno prikazivanje konstrukcije može da pomogne u navođenju đaka/studenata prilikom traganja za konstrukcijom, posebno u situaciji kada pored sebe nemaju nastavnika da im u tome pomogne. Zbirka sadrži oko 2500 strana i dostupna je u pdf formatu i u html formatu sa adrese:
http://poincare.matf.bg.ac.rs/~vesnap/animations/compendiums.html



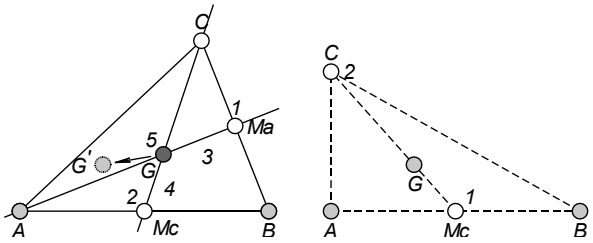
Slika 5 Primer prikaza rešenja jednog problema iz zbirke

Korišćenje alata ArgoTriCS u nastavi moglo bi biti od koristi učenicima posebno prilikom rešavanja težih (zahtevnijih) problema, a moglo bi ih i postupno navoditi ka rešenju. Pored toga, iako su dobijeni dokazi tvrđenja automatskim dokazivačima teorema najčešće algebarske prirode i stoga nisu čoveku razumljivi, oni su pouzdani i mogu se iskoristiti kao garancija ispravnosti dobijenih konstrukcija. Na sličan način mogla bi da se provere i rešenja koja delom ili u potpunosti kreira učenik, odnosno student.

4. POMERANJE KONSTRUISANIH TAČAKA U ALATIMA ZA DINAMIČKU GEOMETRIJU

Geometrijske konstrukcije često se vizuelizuju u alatima za dinamičku geometriju. Ovi alati omogućavaju vizuelizaciju konstrukcija znatno lakše nego na papiru, uz pomoć lenjira i šestara. Oni omogućavaju i jednostavne vidove eksperimentisanja: korisnik može da pomera neku slobodnu (polaznu) tačku i da posmatra šta se pritom dešava sa konstruisanim tačkama/objektima. Ovaj scenario je veoma zanimljiv i koristan, ali ne zahteva neku naprednu informatičku podršku: potrebno je jedino ponovo izračunati koordinate konstruisanih objekata na osnovu novih koordinata polaznih tačaka. Ono što zahteva naprednu informatičku podršku zasnovanu na veštačkoj inteligenciji je svojevrsna promena uobičajene perspektive i razmatranje scenarija koji se ne može jednostavno izvesti na papiru. Takav je scenario u kome je moguće da korisnik pomera konstruisane tačke i da onda proučava gde bi morale biti polazne tačke i drugi konstruisani objekti. Ovaj scenario pruža potpuno novi uvid u konstrukcije. S druge strane, on je veoma zahtevan jer podrazumeva postojanje raspoloživog sistema koji može da rešava složene konstruktivne zadatke i probleme ograničenja. Naš alat Touch&Drag za ekrane osetljive na dodir omogućava takvu funkcionalnost i on za rešavanje konstruktivnih problema koristi alat ArgoTriCS [10]. Dati scenario je razmatran u jednom ograničenom kontekstu u kom je moguće pomerati neku značajnu tačku trougla iz Vernikovog i Konelijevog korpisa i onda razmatrati gde bi morala da se nađu temena trougla.

Na slici 6 data je ilustracija ovog novog scenarija. U levom delu slike prikazan je postupak konstrukcije težišta G trougla ABC. Odgovarajuća konstrukcija se sastoji od pet koraka: konstrukcije središta M_a duži BC, konstrukcije središta M_C duži AB, konstrukcije težišne linije AM_a (kao prave kroz ove dve tačke), konstrukcije težišne linije CM_C i konačno konstrukcije tačke G kao preseka ove dve težišne linije. Novi (napredni) scenario omogućava pomeranje konstruisane tačke G pri čemu temena A i B ostaju fiksna. Dakle, potrebno je utvrditi gde bi trebalo da se nađe treće teme trougla C da bi težište trougla imalo ovaj novi položaj. To je moguće odrediti tako što se rešava naredni konstruktivni problem: konstruisati trougao ABC ako su data temena A i B i težište trougla G. Ilustracija ove konstrukcije prikazana je u desnom delu slike 6. Kada se odrede položaji temena trougla, nove koordinate svih ostalih konstruisanih objekata se izračunavaju preračunavanjem njihovih koordinata.



Slika 6 Ilustracija pomeranja konstruisane tačke G

Opisani scenario otvara nove vidike, pruža novu perspektivu na konstruktivne probleme i omogućava nove vidove eksperimentisanja, koji su važni u kontekstu matematičkog obrazovanja i razvoja matematičkog rezonovanja.

5. ZAKLJUČAK

Matematički alat ArgoTriCS u kombinaciji sa alatom Touch&Drag ilustruje neke smerove u kojima se može kretati nastava matematike u budućnosti. Slični inteligentni alati i scenarija mogu biti razvijeni za druge oblasti matematike i nastave matematike, pa čak i nastave drugih naučnih disciplina.

Potrebno je u budućnosti iskoristiti dolazeće tehnologije za razvoj inteligentnih alata koji će nastavu matematike učiniti razumljivijom, zanimljivijom i izazovnijom i đacima/studentima i nastavnicima. Dodatno, potrebno je ohrabriti nastavnike i pedagoge da u nastavu uključe postojeće i novorazvijene matematičke alate.

LITERATURA

[1] Marić, F., Petrović I., Petrović D. and Janičić, P. "Formalization and Implementation of Algebraic Methods in Geometry, Electronic Proceedings in Theoretical Computer Science, 79, pp 63-81, 2012.

[2] Janičić P. "GCLC – A Tool for Constructive Euclidean Geometry and More than That", Proceedings of International Congress of Mathematical Software, LNCS 4151, pp 58-73, Springer, 2006.

[3] Janičić, P. and Quaresma P. "System description: GCLCprover + GeoThms", International Joint Conference on Automated Reasoning, LNCS 4130, pp 145-150, Springer, 2006.

[4] Wernick, W. "Triangle Constructions with Three Located Points", Mathematics Magazine, 55(4), pp 227-230, 1982.

[5] Connelly, H. "An Extension of Triangle Constructions from Located Points", Forum Geometricorum, 9:109-112, 2009.

[6] Marinković, V. "Automated Triangle Construction Solver", Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence, Vol. 29, pp 247-271, 2017.

[7] Marinković, V., Janičić P. "Towards Understanding Triangle Construction Problems", Intelligent Computer Mathematics, CICM 2012, Vol. 2012 of Lecture Notes in Artificial Intelligence, pp 126-141, 2012.

[8] Schreck, P., Mathis, P., Marinković V. and Janičić, P. "Wernick's List: A Final Update", Forum Geometricorum, Vol. 16, pp 69-80, 2016.

[9] Marinković, V., Janičić P., and Schreck P. "Computer Theorem Proving for Verifiable Solving of Geometric Construction Problems", Automated Deduction in Geometry, ADG 2014, Vol. 9201 of Lecture Notes in Computer Science, pp 72-93, Springer, 2015.

[10] Marinković, V. "On-line Compendium of Triangle Construction Problems with Automatically Generated Solutions", The Teaching of Mathematics, XVIII1, pp 29-44, 2015.

[11] Selaković, M., Marinković, V. and Janičić, P. "New Dynamics in Dynamic Geometry: Dragging Constructed Points", Journal of Symbolic Computation, Vol. 97, pp 3-15, 2020.

POSLOVANjE PREDUZEĆA U DIGITALNOJ EKONOMIJI
BUSINESS ENTERPRISE IN DIGITAL ECONOMY

Milica Cvetković[1], Vladimir Đorđević[2], Raica Milićević[2], Dejan Dimitrijević[3], Marko Janković[3]

Visoka poslovna škola strukovnih studija „Prof. dr Radomir Bojković" Kruševac[1]
Visoka škola za poslovnu ekonomiju i preduzetništvo Beograd[2]
Parking servis Niš[3]

Sadržaj – *Savremeni način poslovanja temelji se na inovacijama koje sa sobom uvode informaciono-komunikacione tehnologije (IKT), a čija implementacija je omogućila prelazak sa industrijskog u informatičko društvo. Kao rezultat svih tih procesa dolazi do razvoja digitalne ekonomije, u kojoj su kompanije i drugi privredni subjekti orijentisani na redizajniranje poslovnih procesa i upotrebu Internet tehnologija u sve oblasti rada. Elektronsko poslovanje omogućava kompanijama povezivanje njihovih internih i eksternih sistema obrade podatake, a sve sa ciljem zadovoljavanja potreba klijenata. Digitalne tehnologije menjaju način života i rada pojedinaca, ali i privrednih subjekata i društva u celini. Razvoj nauke i širenje tržišta kroz proces globalizacije dodatno motiviše preduzeća da se prilagode novim trendovima u poslovanju. Informacione tehnologije zauzimaju važnu ulogu kako u proizvodnji preduzeća, tako i u ekonomiji čitave privrede, jer ne predstavljaju samo podršku već omogućavaju bolje tržišno pozicioniranje i veći stepen konkurentnosti. Inovacije podstiču razvoj preduzeća, ali imaju za cilj i podmirivanje potreba i zahteva potrošača. Digitalna ekonomija podstiče pokretanje novih projekata u preduzećima, bržu dostupnost podataka i informacija i predstvlja osnovu razvoja kada se iscrpe prirodni resursi. Informatička era uklanja prostorne i vremenske barijere, uz mogućnost povezivanja između udaljenih lokacija. Istovremeno sa sve većim mogućnostima za proizvodnju, menjaju se i uslovi plasmana kroz uvođenje globalnog tržišta. Rad ima za cilj da ukaže na važnost i značaj savremenih inovacionih tehnologija kako na mikro, tako i na makro nivou, kroz odnos informatičkih tehnologija, ekonomije i poslovanja privrednih subjekata.*

Abstract - *The modern way of doing business is based on innovations introduced by information and communication technologies (ICT) and the implementation of which has enabled the transition from an industrial to an information society. As a result of all these processes, the digital economy is developing, in which companies and other economic entities are oriented towards redesigning business processes and the use of Internet technologies in all areas of work. E-business enables companies to connect their internal and external data processing systems, all intending to meet customer needs. Digital technologies are changing the way of life and work of individuals, but also of economic entities and society as a whole. The development of science and the expansion of the market through the process of globalization additionally motivates companies to adapt to new trends in business. Information technologies play an important role in the production of companies, as well as in the economy of the entire economy because they not only represent support but also enable better market positioning and a higher degree of competitiveness. Innovations encourage the development of companies, but they also aim to meet the needs and demands of consumers. The digital economy encourages the launch of new projects in companies, faster availability of data and information, and is the basis for development when natural resources are depleted. The information age removes spatial and temporal barriers, with the possibility of connecting between remote locations. Simultaneously with the increasing possibilities for production, the conditions of placement are changing through the introduction of the global market. The paper aims to point out the importance and significance of modern innovative technologies both at the micro and macro level, through the relationship of information technologies, economy, and business of economic entities.*

1. UVOD

Upotreba informaciono-komukikacionih tehnologija (IKT) je u stalnom porastu i predstavalja bitan faktor podrške i tržišnog pozicioniranja preduzeća. Za savremeno društvo je u upotrebi termin informaciono društvo, gde se kao glavna roba javlja upravo informacija. Informacioni sistemi omogućavaju uspostavljanje kontakta sa svim učesnicima, obavljajući operativni deo poslovanja, olakšavajući praćenje poslovnih aktivnosti, kao i izveštavanje o toku poslovnih procesa. Znanje postaje glavni faktor takvog društva, tako da se takav sistem temelji i razvija na znanju. Informacioni sistemi su integrisani set elemenata, čiji je glavni cilj prikupljanje, čuvanje i komuniciranje informacijama.

Preduzeća i ostali učesnici na tržištu koriste informacione sisteme kroz njihove operacije, konkurišu na tržištu, pružajući usluge i nudeći svoje proizvode. Moderene korporacije svoje poslove baziraju na informaciono-komunikacionim sistemima, a sve sa ciljem unapređenja sektora menadžementa i racionalnije upotrebe kako finansijskih, tako i ljudskih resursa. Poslovni procesi u preduzećima odvijaju se u različitim sektorima, od računovodstva, marketinga, prodaje i logistike koji su uz pomoć informacionih sistema povezani i obezbeđuju kontinuitet i sinhronizaciju poslovanja. Ciljevi svakog preduzeća su ostvarivanje što veće produktivnosti, uz smanjenje troškova poslovanja što u krajnjoj instanci povećava profitabilnost. Primena informacionih sistema koji se kreiraju kao aplikacije sa posebnim funkcijama, omogućavaju ostavarivanje ovih ciljeva.

Informaciono društvo postaje novo razdoblje, gde informacija postaje najbitniji faktor, kao što je nekada u industrijsko doba glavni pokretač bila parna mašina i ljudski rad. Novi trendovi nameću i nove uslove, tržište postaje globalnije van fizičkih granica i virtuelno. Praksa pokazuje da informacione tehnologije donose prednosti kako razvijenim tako i zemljama u razvoju, da su mala i srednja preduzeća u povoljnijem položaju zbog svoje fleksibilnosti, dok su ograničavajući faktor finansijska sredstva.

2. DIGITALNA EKONOMIJA

Ne postoji jedinstvena definicija digitalne ekonomije, ali činjenica da se njome bave mnoge nacionalne ekonomije ukazuje na njen značaj i važnost. Digitalna ekonomija je savremeni način privređivanja u kome se koriste informacione tehnologije, naročito Internet kao svetska računarska mreža. Ekonomija se tokom poslednjih nekoliko decenija transformisala od tradicionalne na informatičku. U takvom okruženju, rad se usmerava na protok informacija, dok su poslovni subjekti orijentisani na redizajniranje poslovnih procesa i integraciju Internet tehnologije u sve oblasti rada. Razvoj informacionih tehnologija i globalizacija utiču na svaki segment ljudskog života, a naročito na ekonomske tokove i poslovanje preduzeća.

Ekonomija kao nauka zasniva se na ekonomskim odnosima i procesima, a savremeni način poslovanje je uveliko olakšao ove procese kojima se obezbeđuje reprodukcija i egzistencija. Digitalna ekonomija kao rezultat tehničko-tehnološkog napretka dovela je do usavršavanja svih faktora proizvodnje, počev od osnovnih sredstava, sredstava za rad i predmeta rada pa sve do nematerijalne imovine.

Ekonomski razvoj je uvek bio zasnovan na znanju, ali je vremenom menjao svoje oblike, od industrijskog do tehnološkog. Digitalna ekonomija kao način privrednog poslovanja koristi IKT i Internet uz upotrebu znanja iz sledećih oblasti: ekonomije, informatike, telekomunikacija, računarstva, digitalne elektornike [4]. Glavni učesnici digitalne ekonomije pored država i privrednih subjekata su i fizička lica odnosno potrošači. A glavni resurs interakcije između ovih učesnika su znanje, inovacije i kreativnost.

Strategija Evropa 2020 Evropske unije, kao model koji ima za cilj usmeravanje privrede i privrednih subjekata ka održivom inkluzivnom rastu, razrađuje model koji se zasniva na jedinstvenom digitalnom tržištu. Ova inicijativa razvoja jedinstvenog digitalnog tržišta predstavlja područje za istraživanja i promociju, preduzeća i pojedinaca. Jedinstvenim digitalnim tržištem otvaraju se mogućnosti za podsticanje e-trgovine, istovremeno olakšavajući regulatornu i finansijsku usklađenost za preduzeća. Tržišne usluge razvijene u okviru digitalnog tržišta prelaze na mobilne platforme, nudeći brzi i efiksan pristup informacijama i sadržajima, bilo kada, bilo gde i na bilo kom uređaju.

Indeks digitalne ekonomije i društva je instrument kojim se meri napredak država u smislu razvijenosti digitalne ekonomije. U 2016. godini uveden je Indeks digitalne ekonomije i društva (Digital Economy and Society Index – DESI), koji predstavlja skup pokazatelja relevantnih za realizaciju evropske digitalne politike. DESI je sačinjen od 5 glavnih oblasti, koje se predstavljaju sa više od 30 pokazatelja, i on se izračunava kao ponderisani prosek pet glavnih DESI kategorija: povezanosti (25%), ljudskog kapitala (25%), korišćenja Interneta (25%), integracije digitalnih tehnologija (20%) i javnih digitalnih servisa (15%) [7].

Informacione tehnologije imaju već nekoliko decenija najveću stopu rasta u svetskoj ekonomiji, a nema sumnje da će se taj trend nastaviti i u narednom periodu. Kako bi uzele učešće u tom trendu, mnogobrojne zemlje širom sveta, kako najrazvijenije, tako i zemlje u razvoju, donele su programe podrške IT sektoru, od Sjedinjenih Američkih Država do Republike Srbije (Republika Srbija, Sjedinjene Američke Države, Evropska unija, Južna Koreja, Singapur, preko Argentine, Brazila i Čilea, Kine i Indije, do Kenije, Ruande, Gane itd). IT sektor u manjoj ili većoj meri u svim zemljama sastavni je deo svake privredne i van privredne delatnosti [9].

Osnovni cilj ekonomije bazirane na znanju je proizvod, koji je rezultat tog znanja. Osnovni zadatak informacionog društva je da stvori uslove i mehanizme pomoću kojih će se novo znanje racionalno vratiti u proces proizvodnje kao faktor proizvodnje. Digitalna ekonomija menja način poslovanja, stvarajući novu paradigu i koncept poslovanja.

3. OD TRADICIONALNOG KA SAVREMENOM NAČINU POSLOVANJA

Mnoga preduzeća koja su se pozicionirala na tržištu oslanjaju se na tradicionalne modele poslovanja. Ovakve kompanije su dugo savremene tehnologije smatrale minornom podrškom, a ne pokretačem razvoja. “Danas je poslovanje postalo nezamislivo bez savremenih tehnologija, kako na makro tako i na mikro nivou. Privrede su postale zavisne od Interneta i digitalizacije koja stvara povoljniji ambijent kako za domaće, tako i za strane investitore. Sada je postalo nezamislivo poslovati bez: e-bankarstva, medijskih usluga, e-trgovine i društvenih mreža. Digitalna ekonomija se odnosi na ekonomiju zasnovanu na digitalnim tehnologijama uključujući i digitalne komunikacione mreže, (Internet, Intranet, privatne mreže), računare softvere i druge povezane informacione tehnologije. Ona je rezultat transformacionih efekata novih tehnologija u sferi informisanja i komunikacije” [3].

Savremeni način poslovanja podrazumeva podršku Internet tehnologije i usmeravanje svih transakcija putem web-a. Preduzeća i kompanije koje prihvate savremeni način poslovanja svoje tradicionalne aktivnosti zamenjuju novom infrastrukturom. Te kompanije se suočavaju sa izazovima uvođenja novih tehnologija, kako bi očuvale

svoje pozicije na tržištu. Prva faza od tradicionalnog do elektronskog poslovanja je uvođenje elektronske komunikacije (e-mail) koja je jeftinija i brža, druga etapa je postavljanje web stranice koja poseduje e-link kao sastavni deo svake Internet stranice.

Tabela 1: Poređenje obeležja tradicionalnog i elektronskog poslovanja

Karakteristike	Tradicionalno poslovanje	Elektronsko poslovanje
Ciljevi	Usko postavljeni i stalni	Široko postavljeni i promenljivi
Radni zadaci zaposlenih	Redovni radni zadaci u punom radnom vremenu	Dodatni radni zadaci uz redovne, projektni zadaci
Tehnologija	Podržavajuća uloga	Inicijalna veoma često ključna uloga
Tipovi zadataka	Uglavnom jednokratni	Neprekidni i trajni
Povezanost sa drugim projektima	Ograničena	Intenzivna, deljenje zajedničkih resursa
Proizvodanja	Proizvodni proces kojim se kreira fizički opipljiv proizvod	Proces u kome zaposleni znanje pretvaraju u akciju kako bi kreirali vrednost
Uska grla proizvodnje	Kapital i ljudske veštine	Vreme i znanje
Odnos sa kupcima	Jednosmeran, putem tržišta	Interaktivan, kroz lične kontakte
Znanje	Jedan od resursa poslovanja	Postaje fokus poslovanja
Kupci	Generatori troškova	Postaju generator prihoda
Moć menadžera	Pozicija u hijerarhiji	Nivo njihovog znanja
Glavni zadatak menadžera	Nadgledati podređene	Podsticati zaposlene

Izvor: Kovačević D., Elektronsko poslovanje i promene procesa upravljanja.

I pored mnogobrojnih izazova, dobar primer prelaska sa tradicionalnog na elektronski način poslovanja su javna preduzeća. Banke su u početku pružale otpor prema inovacijama koje donosi poslovanje na Internetu, da bi danas čitav bankarski sektor bio povezan zahvaljujući tehničko-tehnološkim inovacijama. Iskustva najrazvijenijih zemalja pokazuju da banke bez sistema elektronskog bankarstva neće moći da opstanu na tržištu. Elektronsko bankarstvo omogućava obavljanje većeg broja transakcija, uz niže transakcione i varijabilne troškove što direktno stimuliše konkurentnost. Primena elektronskog bankarstva ogleda se u upotrebi bankomata, mobilnog bankarstva, Web bankarstva pa sve do Internet bankarstva. Kao i u tradicionalnom načinu pružanja bankarskih usluga i kod elektronskog bankarstva postoje sredstva kojima se vrši plaćanje, a to je elektronski novac. "Prema Zakonu o platnim uslugama, elektronski novac označava pohranjenu novčanu vrednost koja čini novčano potraživanje prema izdavaocu tog novca, a izdata je nakon prijema novčanih sredstava radi izvršenja platnih transakcija" [8].

Prognozirani razvoj tehnologije pored transformacije poslovanja preduzeća, utiče i na transformaciju strukturnih temelja društva. Organizacione promene preduzeća, kroz timski rad, liderstvo i partnerstvo utiču i na institucionalne promene u smislu redefinisanja pravila sistema vrednosti.

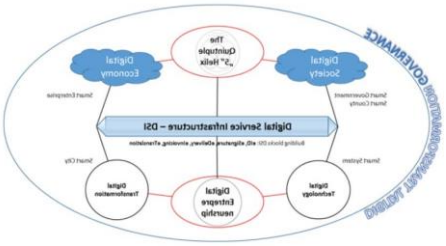
4. POSLOVANJE U DIGITALNOJ EKONOMIJI

U savremenom poslovanju preduzeća teže da ostvare što bolju poziciju na tržištu. Globalni cilj svih učesnika na tržištu je maksimizacija dobitka, kao i zauzimanje što bolje pozicije. Preduzeća uvode nove tehnologije kako bi ostvarila svoje ciljeve, ali i da bi ojačali svoju poziciju kako na domaćem tako i na svetskom tržištu. Poslovanje u digitalnoj ekonomiji uticalo je da se veliki broj korisnika integriše na tržištu. Važno je napomenti da je napredak digitalizacije i Interneta dovelo do toga da sve veći broj učesnika napreduje u smislu učenja o novim veštinama kao i u sticanju veština koje su neophodne za rad na digitalizovanom tržištu. "Poslovanje kompanija u savremenom svetu postaje nezamislivo bez korišćenja novih tehnologija, pre svega Interneta. Internet, koga mnogi smatraju zasebnim medijem, sve više prožima tradicionalne oblike komukikacije preteći da ih u potpunosti zameni" [2].

Razvoj informatike kao naučne discipline, pomogao je razvoj mnogih savremenih načina poslovanja, interakciju među ljudima, unapređenje baze znanja. Iz tog procesa je proisteklo i elektronsko poslovanje i Internet ekonomija. Elektronsko poslovanje (e-poslovanje) ima korene u sedamdesetim godinama prošlog veka, nastankom elektronskih prenosa gotovine koji se odvija među bankama putem sigurnih privatnih mreža. Osamdesetih se razvijaju dva oblika poslovanja: elektronska razmena podataka i elektronska pošta. Oba ova metoda su dovela do automatizacije poslovanja [5].

Pojavom digitalne ekonomije, posebno na značaju dobijaju informacione i komunikacione tehnologije koje menjaju način rada na svim nivoima. Elektronska komunikacija omogućava kontinuitet u poslovanju sa velikom efikasnošću i nižim troškovima. Digitalna ekonomija menja načine poslovanja, proizvodnje, trgovanja kao i organizaciju tržišta. Elektronsko tržište, za razliku od tradicionalnog smanjuje ulazne barijere i omogućava lakše i brže pretraživanje i dobijanje

informacija o određenim proizvodima i uslugama. Svi ovi procesi ubrzavaju ukupan ekonomski razvoj. Na nacionalnom nivou, digitalna tranformacija podrazumeva i razvoj DSI infrastrukture (Digital Service Infrastructure) čije komponente od e-identiteta, e-potpisa, e-računa i e-isporuke su dostupne svim učesnicima digitalne ekonomije.



Slika 1: DSI infrastruktura
Infodom konceptualizacija Digital Transformation Framework, Zagreb 2016.

Za 2021. godinu stručnjaci ističu da su glavna područja i segmenti primene elektoronske tehnologije usmereni ka veštačkoj intelegenciji, poljoprivredi, energetici i zelenoj energiji. Osnovni ciljevi pametne poljoprivrede su povećanje prinosa, racionalno korišćenje ograničenih resursa (vode, zemljišta), kao i automatizacijija svih aktivnosti. "Proizvoditi znači menjati svet oko sebe tj. stvarati dodatnu vrednost. Čovečanstvo je prešlo dug put od proizvodnje zasnovane na snazi ljudskih mišića, do fleksibilnih, automatizovanih proizvodnih pogona. U novoj ekonomiji dodatna vrednost je pre svega rezultat angažovanja umnih mogućnosti čoveka, a ne njihovog fizičkog rada" [6].

Implementacijom savremenih tehnologija, digitalna ekonomija menja sve sfere poslovanja kako u razvijenim tako i u zemljama u razvoju. Ove promene omogućavaju pristup informacijama, proizvodima i uslugama na potpuno novi način. Da bi se određene inovacije implementirale potrebni su određeni tehnološki preduslovi, a kada je reč o digitalnoj ekonomiji može se govoriti o stepenu digitalizacije, koji se u savremenom poslovnom okruženju može ostvariti praćenjem sledećih parametara: [1]

-Prisutnost – u kojoj meri potrošači i preduzeća imaju univerzalni pristup digitalnim uslugama i aplikacijama;
-Pristupačnost – u kojoj meri digitalne usluge koštaju u opsegu koji ih čini da što veći broj ljudi može da ih koristi;
-Pouzdanost – kvalitet dostupnih digitalnih servisa;
-Brzina – u kojoj meri se digitalnim uslugama može pristupiti u realnom vremenu;
-Upotrebljivost – lakoća korišćenja digitalnih usluga i sposobnost lokalnog usvajanja ovih usluga;
-Veština – sposobnost korinika da ugrade digitalne usluge u njihove živote i poslovne aktivnosti.

Transformacija poslovanja kao jedan od pravaca razvoja savremenih kompanija i preduzeća je jedan od važnijih trendova u razvoju svetske ekonomije. Takav pravac razvoja zahteva dobro definisan menadžment i strategije koje su usmerene ka obezbeđenju resursa i sticanju novih veština i znanja. Promene izazvane digitalnim tehnologijama u organizaciji, ali i u okruženju zahtevaju transformaciju ključnih poslovnih procesa, zahvataju sve proizvode, procese, kao i organizacione strukture i menadžment koncepte. Da bi uspešno upravljali ovako kompleksnim transformacijama kompanije i menadžeri bi trebalo da ustanove nove praktične pristupe u oblasti menadžmenta, gde je jedan od najvažnijih formulisanje strategije digitalne transformacije poslovanja.

5. ZAKLJUČAK

Informacioni sistemi, imaju veliki uticaj i predstavljaju šansu za razvoj preduzetnštva, ali i čitavog privrednog sistema. Značaj digitalne ekonomije na nivou preduzeća ogleda se u obezbeđenju različitih ažuriranih eksternih i internih informacija na osnovu kojih se prate svi poslovni procesi. Veliku količinu podataka IKT obrađuju u okviru koncepta marketing inženjeringa, pomoću kojeg prate trendove i zahteve potrošača i poslovnih partnera na digitalnom tržištu.

Prelazak od tradicionalnog vođenja strukurirane dokumentacije, do savremene digitalne tehnologije bez korišćenja papirnih dokumenata i neposrednog kontakta među učesnicima čini poslovanje preduzeća bezbednijim i efikasnijim. U poslovnom okruženju koje je globalizovano, dinamično i konkurentno digitalna ekonomija je pravac koji će obezbediti pozitivne pomake u poslovanju.

Digitalna ekonomija sa sobom nosi određene predrasude, ali u odnosu na tradicionalno poslovanje pruža povoljnije mogućnosti, kroz rušenje fizičkih barijera, radikalno smanjenje troškova prodaje i čuvanje zaliha. Poslovni ciklusi su drastično skraćeni i u centru dešavanju su potrebe i zahtevi potrošača koji diktiraraju način realizacije poslovnih procesa.

LITERATURA

[1] D'Souza, C. and Williams, D. „The Digital Economy", Bank Of Canada Review, 5. 2017.

[2] Garibanović, D. Anđelić, S. Papić, M. „Interakcija tradicionalnih medija i interneta kao osnov opstanka medijskih kompanija na lokalnom i regionalnom nivou", Stručna konferencija Trenovi u poslovanju 2019, Visoka škola strukovnih studija Prof. dr Radomir Bojković, Kruševac, 2019.

[3] Momirović, D. Cogoljević, D. „Mikroekonomija", Fakultet za poslovnu ekonomiju i preduzetništvo, Beograd, str. 222, 2020.

[4] Stanojević, M. Regodić, D. „Uticaj informaciono – komunikacionih tehnologija na ekonomski rast", Zbornik radova Univerziteta Sinergija, Bijeljina. 2016.

[5] Stanković, R. „Elektonsko poslovanje“, Centar za istraživačku delatnost Ekonomskog fakulteta, Beograd, 2009.

[6] Severvić, N. „Digitalna ekonomija“, Ekonomika, 2007.

[7] Strategija razvoja mreže nove generacije do 2023. godine, Vlada Republike Srbije.

[8] Zakon o platnim ulugama Republike Srbije, Službeni glasnik br. 139/2014 i 44/2018.

[9] Živadinović, V. Zelić, M. „Uticaj on-line tržišta i digitalnih tehnologija na reputaciju preduzeća“, Infoteh, Jahorina, str. 723., 2014.

Defining Financial Service Marketing Strategy and Technology Implementation for Generation Y

Vladimir Petrović, Sofija Thompson
University Of Belgrade Faculty of Organizational Sciences
Belgrade, Serbia

Abstract – Generation Y (also known as millennials) have different financial needs than other generations. Three questions are posed. 1. How does Gen Y use financial services and perceive financial offer? 2. Which communication channels does Gen Y prefer when choosing financial provider? 3. Does Gen Y prefer face-to-face interactions or self-service? Millennials tends to prefer digital financial services. Preference of communication channels lean toward websites and discussions with advisors being a close second. The third result shows that millennials slightly self-service over face to face interactions.

I. Introduction

Marketing financial services is different than any other form of marketing. Financial services encompass almost every aspect of society from businesses to households. When one looks at the oldest known written records they are not about philosophy or poetry but of business [1]. Without financial services, one would not be able to use credit to purchase goods or services, manage risk through insurance or prepare for retirement with investment products.

Financial services are often confusing to many consumers, particularly millennials (born between 1979 and 2002). They do not find it interesting and also do not spend too much time investigating it. Interest levels are significantly higher for fashion, automobiles and homes than they are for banking, investments or insurance.

Another issue of marketing financial services is how to integrate the appropriate technology. The technology for many financial services is affected by economic forces. The use and value of technology is determined by many dimensions and attributes. Even a common banking app consists of many elements.

The recent global financial crisis has sparked a growing interest in how marketing financial services result in particular outcomes, some which may lead to economic growth others that may lead to economic disaster. The global crisis raised awareness of the vulnerabilities in society when the financial system fails.

2. Why Millennials are important target group in banking

Millennials are important because they represent a large portion of the global economy. For that reason, marketers must focus on this segment to create successful and effective strategies that reach and engage millennial consumers.

In 2015, millennials became the largest demographic population in the US. Consequently, this is reason enough for one to realize there significance in the economy. They have an incredible amount of buying power that will only become larger with time. As older generations reduce in size, millennials will represent a larger market share. Further, they will inherit a lot of wealth. If one does not adjust to them in the present then they risk their business becoming outdated in the future.

Unlike any time in history before, the volume and rate of data shared creates a dynamic environment for marketers. The sheer amount of online data available surpasses the extent of any census, survey or poll.

Millenials have a large influence on the economy. The Fung Business Intelligence Centre predicts that by 2020, millennials will account for thirty percent of retail spending in the US. In 2013, this figure was around thirteen percent. To put it another way, thirty percent is equal to about $1.4 trillion annually. Millennials are set to collect the largest transfer of wealth in history. According to

Morgan Stanley, millennials will receive $30 trillion from previous generations.

2.1 A Connected Generation

Millennials are connected unlike any generation prior. This connection is an essential tool to both the consumer and the marketer. This tool needs to be studied and leveraged if one hopes to be in business for the long run. A marketer should be aware of several features of Millennials' communications.

First, millennials tend to overshare. They post on social media about everything they think, want and do. This offers marketers a lot of information they can apply to personalized and targeted marketing campaigns.

Second, one can learn more about millennials by observing and analyzing then from directly asking. Marketers do not need to ask too many questions. Most of the data is available and just requires analysis.

Third, millennials trust one another more than they will trust someone else. Every year, the consulting and PR firm Edelman conducts a Trust Barometer, evaluating consumer trust levels across different segments. For millennials, their trust lies with family, friends and industry experts. Brand is not as important as unbiased opinions from people within their social circles and social media.

2.2 Internet Banking vs. Traditional Banking

Developing new channels for attracting new customers and retaining existing ones is vital to financial institutions [2]. Much of the banking services have replaced face to face contact with self-service technologies [3].

New technologies can benefit financial institutions by offering opportunities to service the customer at much lower costs. Nevens[4] claims that transaction costs drop 80% or more when conducted electronically. In India, the transaction costs are 1 Re with a teller, .45 Re with a ATM, .35 Re with mobile banking, .20 RE with debit cards and .20 Re with internet banking [5].

People are comfortable walking into their local bank and depositing or withdrawing. However, most people do not like lines. Many of us have heard different people complain about how they would have gone to the bank if it was not for those long lines. Further, the bank is not always open. There are federal holidays and business hours when the bank is open. Traditional banking has a lot of flaws that online banking solves.

2.3 How Does Marketing Financial Services to Millennials Differ than for other Target Groups?

The American Bankers Association [6] conducted a study that discovered that consumers choose the internet as their favorite means of banking. The study also demonstrated that millennials favored mobile banking. There is a significant increase in both mobile and internet banking [7]. Despite this, consumer risk is a major barrier to online banking [8].

Millennials need more help in making investment decisions [9]. Younger individuals tend to have a lower comprehension of financial services [10]. KBC Bank launched an app named K'Ching targeted towards younger people to assist them with financial transactions [11]. This app has a chatbot that allows users to ask questions. It is powered by AI that learns about the user.

Bauer et al. [12] demonstrates that there are levels to entertainment and enjoyment as a decisive factor for determining the quality of banking apps. On the other hand, there is research that postulates that the visual appearance is not viewed as a significant in service adoption [13]. However, Maenpaa et al. [14] discovers that hedonic individuals favor entertaining peripheral features on websites and these individuals tend to be younger with less disposable incomes.

2.4 Serbian Banking

The first bank in Serbia was created in 1883. It was called the Privileged National Bank of the Kingdom of Serbia. By 1910, there were twenty banks [15]. Currently there are twenty-seven banks in Serbia as is shown in the Appendix. Out of those banks, only seven are Serbian-owned, while the rest are foreign-owned. The three banks with the highest total assets are Banca Intesa, Komercijalna Banka and Unicredit Bank Srbija.

There are many studies that investigated Y gen behavior in banking sector. However, the present thesis will focus on the Serbian market. We will use previous research studies to have good insights and possibilities for comparison and implications.

3. Methods Used to Analyze the Data Gathered

The averages of the multiple choice questions will be calculated. Those averages will be used to compare traditional and online banking features. In the paper, qualitative analysis and descriptive statistics was used to compare to previous foreign studies.

3.1 Limitations and Future Studies

Since this is an online survey there is no interviewer. For this reason, the respondents cannot ask questions thus leading to less reliable data. Further responses can be inaccurate as some may accidently click the wrong answer or get tired toward the end and just put any answer.

With the current research, it is important to note that it has a clearly determined population and setting. Other populations would most likely produce different results. The extent to which the results can be generalized needs further studies.

This same study can be performed with all generations including Gen Z. However, that study may not be done yet as many Gen Z individuals are still children without bank accounts.

4. Results

Figure 1 shows the demographics of the respondents. There were a total of 50 respondents with 100 surveys sent. 62% were women and 38% were men. The ages range from 22 to 40.

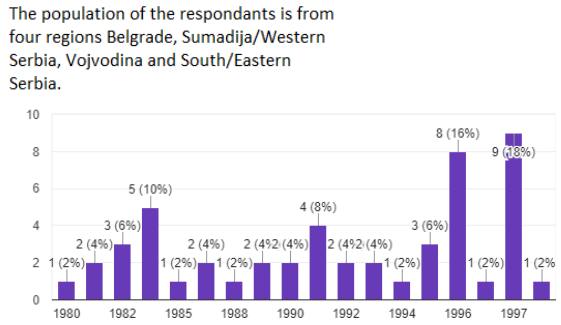


Fig. 1. Date of Birth of Respondents

A Sources of Financial Information

This section of the survey questions respondents on a scale of 1 to 5 (1 is significantly important, 3 is neutral and 5 is completely unimportant). Under each figure is the average score. Response to research Questions

RQ1: How does Gen Y use financial services and perceive financial offer?

The first section delves into what the respondents believe to be important features of a financial institution. The services the financial institutions provide and how they provide it is the key to answering "How does Gen Y use financial services?"

Security features was seen as the most important features of financial institution followed by lower fees than competition and reputation. Other aspects that consider how a Serbian millennial will use financial institutions are customer service, higher technological capabilities and mobile management tools.

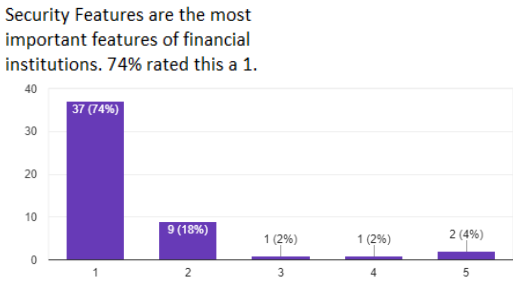


Fig. 2. Security Features

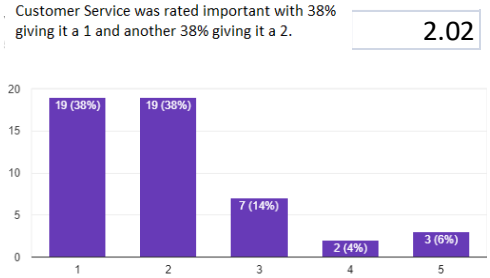


Fig. 3. Customer Service

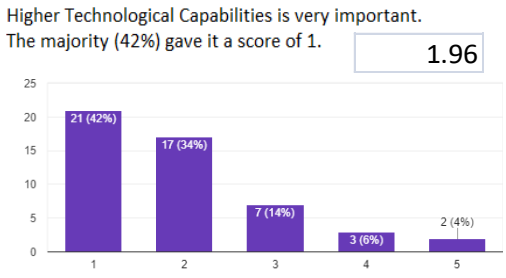


Fig. 4. Higher Technological Capabilities

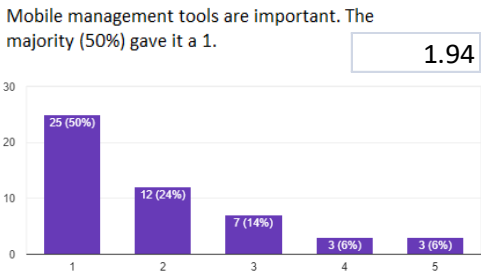


Fig. 5. Mobile Management Tools

Overall, millennials tend to use financial services from providers that ensure security and reputation as well as higher technological capabilities. However, they would consider changing providers if a high enough incentive was presented.

RQ2: Which communication channels does Gen Y prefer when choosing financial provider?

The section about sources of information reveals that Serbian millennials prefer websites of financial institutions and discussions with an advisor as their main communication channel when choosing a financial provider. One is a traditional means of communication and the other is a traditional one.

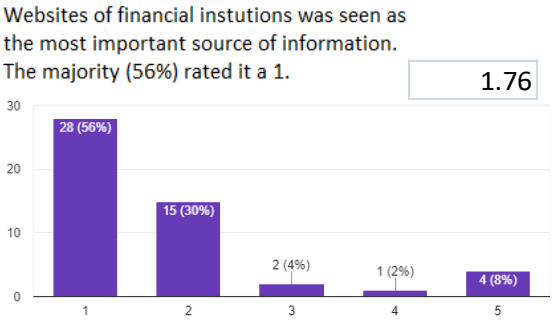


Fig. 6. Websites of Financial Institutions

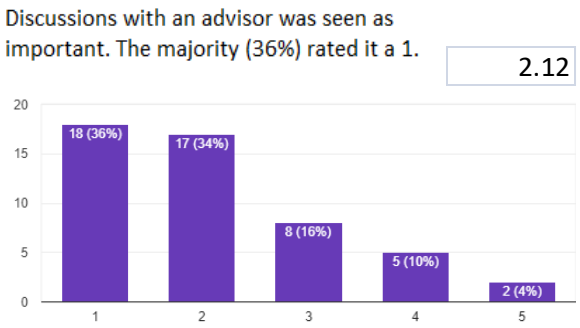


Fig. 7. Discussions with an Advisor

RQ3: Does Gen Y prefer face-to-face interactions or self-service?

In the third section, figure 6 shows that websites of financial institutions was rated higher than figure 7 which was discussions with and advisor. Discussions with an advisor was rated the second most significant source of information but despite that an online source was rated higher. This is interesting because an advisor should have more information than a website.

In figure 8, 48% preferred to do most of their financial transactions on a mobile device, 40% did not prefer and 12% showed no preference. Figure 9 asked whether individuals prefer self-service or face-to-face interactions and the majority 52% agreed, 18% did not prefer and 30% were indifferent.

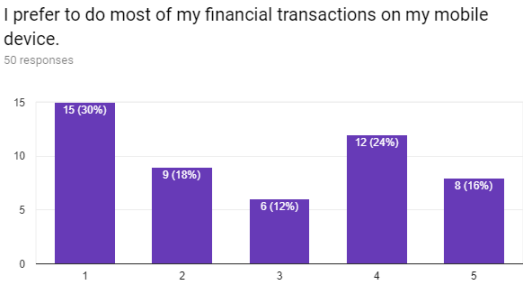


Fig. 8. Financial Transaction Preferences

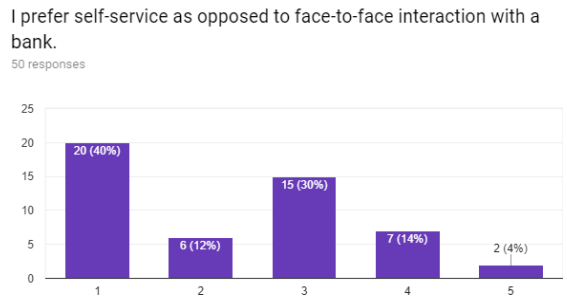


Fig. 9. Self-service Preferences

5. Discussion

There are huge differences in surveys of banking services usage in previous and new generations. In the US, the BAI [16] survey gives a picture of generational preferences in banking, the survey found that Millennials chose mobile for 26% of their banking needs, their second most popular place is online banking at 23%, followed by ATMs at 22% and branches at 17%. For Generation X, online banking is the preferred banking channel at 27%, then mobile at 26%. ATMs are at 20%, as visits to the branch office.

The boomers' favorite banking channel is inside the branch, which represents 26.5% of their banking services usage. Also, they prefer to use the drive thru-window for 10.2% of the time. That is higher than it is for Millennials (8.6%) and Gen X (9.2%). Interesting fact is that Baby Boomers, who were the first in online banking, report this channel as their second favorite option for banking transactions – higher than it is for either Gen X (27.2%) or Millennials (22.8%).

6. Conclusion

It is worth mentioning is the fact that all generations in the developed countries like the US have not only significantly higher standard of living but further, there are more choices in selecting services from the financial sector. Those choices include predominance of domestic banking institutions including not only large banks but also many local credit unions which are significant for local communities, 30% of those surveyed in the Mintel report have an account in a credit union, which there is no equivalent or substitute in countries like Serbia where the foreign banking sector dominates, and where 94% of those surveyed have account compared with 66% in US. It is not unrealistic to assume that generational differences in Serbia would be similar if the financial market was structured in the similar manner as in US with the presence of a larger range of financial services providers.

All of these comparisons between generational categories should be taken with the knowledge of huge differences in socio-economical position of the younger generations and indeed the whole population compared with previous ones. In western countries, particularly the US, the baby boomer generation enjoyed unprecedented economical boom stemming from post-WWII climate and the dominant financial position of the dollar, following the Bretton Woods agreement. In countries like Serbia, the financial aspects of life were limited by tight state regulations. Still, those generations experienced economical growth and relative prosperity after World War II for decades. It is interesting that certain economical troubles of the last few decades are associated with the deregulation of financial rules resulting in stagnation of middle class income and rise in poverty and unemployment in the younger generations. These changes were far more extreme in the countries like Serbia where deindustrialization took place and unfettered global trade brought down whole sectors of manufacturing. As for financial sector, the emergence of the global market hindered domestic financial institutions and left the market to mainly foreign financial institutions. This, along with the technological changes like online banking, determines the preferences and outcomes of financial and other choices and challenges this generation is facing.

References

[1] H. Nissen., P. Damerow., and R. Englund., Archaic Bookkeeping: Early Writing and Techniques of Economic Administration in the Ancient Near East (London) 1993.

[2] J. Thornton, and L. White, Customer orientations and usage of financial distribution channels. Journal of Services Marketing 2001, 15(3), 168–185.

[3] K. Eriksson and D. Nilsson, Determinants of the continued use of self-service technology: The case of Internet banking. Technovation, 2007, 27, 159–167

[4] T.M. Nevens, The mouse that roared. The McKinsey Quarterly, 1999, 1, 145–148.

[5] R.K. Sahoo and S.C. Swain, 'Study of perceived value and performance of e-banking in India with a special reference to Punjab National Bank'. *Industrial Journal of Management & Social Sciences 2012*, , 5 (1), pp. 64 – 75 .

[6] American Bankers Association. *ABA Survey: popularity of mobile banking jumps*, October 9th 2012.

[7] S. Fox, *51% of U.S. Adults Bank Online*. Pew Research Internet Project. Pew Research Center, August 7, 2013.

http://pewinternet.org/Reports/2013/Online-banking.aspx

[8] J.M. Curran and M.L. Meuter, "Self-Service Technology Adoption: Comparing Three Technologies", *Journal of Services Marketing*, 2005, Vol. 19 , No. 2 , pp. 103 – 13 .

[9] Australian Prudential Regulatory Authority (APRA). 'Good practice guidance – investment risk description', June 2010, [pdf] Sydney, Australian Prudential Regulation Authority. Available at www.apra.gov.au/Super/Documents/Ltr-IRD-29-June-FINAL-trustee.pdf.Bucks, B. & Pence, K. Do borrowers know their mortgage terms? *Journal of Urban Economics, 2008*, 64 (2) pp. 218 – 33

[10] KBC Bank. "KBC K'Ching – New-Generation Mobile Banking App for Young People.". India Banking News Infotrac 2016

[11] H. H. Bauer, M. Hammerschmidt. and T. Falk, "Measuring the Service Quality of E-Banking Portals", *International Journal of Bank Marketing*, 2005, Vol. 23, No. 2, pp. 153 – 75.

[12] P.R. Walker, *How Does Website Design In The E-Banking Sector Affect Consumer Attitudes And Behaviour?* PhD Thesis, University of Northumbria at Newcastle. 2011.

[13] K. Maenpaa , A. Kanto, J. Kuusela and P. Paul, "More Hedonic Versus Less Hedonic Consumption Behaviour in Advanced Internet Bank Services", *Journal of Financial Services Marketing*, 2006, Vol. 11, No. 1, pp. 4 – 16.

[14] F. Capie, C. Goodhart and N. Schnadt, The development of central banking, in: Capie, F. et al. (eds.), The Future of central banking: the tercentenary symposium of the Bank of England, Cambrodge UK: Cambridge University Press, 1994, pp.1-261, ISBN 9780521496346, p. 6.

[15] National Bank of Serbia, (2020). Banking Sector in Serbia First Quarter Report, 2020.

MODEL PODATAKA ZA INFORMACIONI SISTEM KOJI OPTIMIZUJE ANGAŽOVANJE KADROVA NA ODRŽAVANJU TEHNIČKIH SISTEMA

DATA MODEL FOR INFORMATION SYSTEM THAT OPTIMIZES HUMAN RESOURCE ENGAGEMENT ON TECHNICAL SYSTEM MAINTENANCE

Ivan Todorović[1], Stefan Komazec[1], Ondrej Jaško[1]
University of Belgrade, Faculty of Organizational Sciences[1]

Sadržaj – *Digitalizacija je dovela do povećanja potrebe za automatizacijom poslovnih procesa. Sistemi za planiranje resursa su postali esencijalna sredstva u svim kompanijama, bez obzira na veličinu ili delatnost. Procesi koji se odvijaju u organizacijama se generalno mogu kategorisati na osnovne i aktivnosti podrške, u zavisnosti od uticaja na stvaranje vrednosti. Između ostalih, u osnovne aktivnosti spada održavanje tehničkih sistema i opreme. U ovom radu će biti predstavljen model podataka za informacioni sistem koji optimizuje upotrebu ljudskih resursa na preventivnom održavanju, u fazi planiranja.*

Abstract - *Digitalization has increased the demand for business processes automatization. Enterprise resource planning systems have become essential assets in every company, despite its size or scope of business. Processes that occur within organizations can generally be categorized to core and non core, depending on their influence on value generation. Among others, core activities include maintenance of technical systems and equipment. This paper will provide a data model for the information system that optimizes human resource utilization on preventive maintenance, in planning phase.*

1. UVOD

Organizacija, između ostalog, može da se posmatra kao entitet, odnosno realni objekat, ili kao atribut [1]. U prvom slučaju govorimo o socijalnom sistemu koji je usmeren ka nekom cilju [2]. U drugom slučaju ovaj pojam opisuje da je neki entitet uređen na odgovarajući način i da ostvaruje dobre rezultate. Tada se može reći da je on zapravo dobro organizovan. Ovo znači da su svi elementi koji čine taj entitet, odnosno organizacioni sistem, međusobno dobro usklađeni.

Da bi se prepoznali elementi koji čine jednu organizaciju, neophodno je da se ona posmatra modelski. Različiti autori u svojim modelima prepoznaju različite elemente kroz koje pokušavaju da kroz odgovarajući nivo apstrakcije objasne pojam organizacije. Kada se posmatraju ti različiti modeli može se uočiti da se neki elementi ponavljaju, odnosno da su autori saglasni da oni predstavljaju značajan element svake organizacije. Jedan od njih jesu procesi.

Proces se može definisati kao skup aktivnosti koje ulaze pretvaraju u izlaze [3]. One zapravo povećavaju vrednost inputa i na taj način generišu autpute [4]. Aktivnosti su strukturirane tako da kreiraju specifičan autput za konkretnog klijenta na tržištu [5].

U kontekstu elementa organizacije, procesi odnosno njihove aktivnosti su jedan od ključnih gradivnih blokova poslovnog modela čija je srž stvaranje vrednosti za krajnje korisnike [6]. To su sistemi sastavljeni iz formalnih i neformalnih procedura koje omogućavaju organizacijama da realizuju svoje aktivnosti [7]. Procesi na taj način zapravo usmeravaju tok informacija kroz organizacioni sistem [8].

Da bi se na pravi način razumele potrebe i očekivanja kupaca, neophodno je analizirati njihov kompletan lanac vrednosti [9]. Na osnovu zaključaka te analize moguće je organizovati aktivnosti u sopstvenom lancu vrednosti tako da izlazi obezbede vrednost za korisnike. U zavisnosti od toga koliko direktno utiču na stvaranje vrednosti, aktivnosti unutar organizacije se mogu kategorisati na osnovne ili primarne i aktivnosti podrške [10]. Osnovne aktivnosti pokrivaju samu proizvodnju ili pružanje usluga, od ulaza preko njihove transformacije u izlaze, do prodaje izlaza krajnjim kupcima i pružanja postprodajnih usluga. Srž stvaranja vrednosti predstavljaju upravo one aktivnosti koje obrađuju ulaze, dodaju im vrednost, i od njih generišu izlaze, i one se nazivaju operacijama.

Često se za potrebe transformacije ulaza u izlaze koristi određena oprema pomoću koje se kroz podizanje nivoa automatizacije procesa povećava efikasnost njihove realizacije. Automatizacija predstavlja jedan od potencijalnih izvora konkurentske prednosti [11]. Ovo je naročito prisutno u serijskoj i masovnoj proizvodnji, gde bez adekvatnih tehničkih sistema jednostavno nije moguće postići i održati konkurentnost na tržištu. Shodno tome, izuzetno je važno obezbediti pouzdanost opreme koja se koristi u radu [12].

Pouzdanost se može definisati kao verovatnoća da će oprema funkcionisati na predviđeni način, u predviđenim uslovima i u predviđenom vremenskom periodu [12]. Ona predstavlja jednu od ključnih karakteristika svakog tehničkog sistema [13]. Tehnički sistem je sačinjen od niza elemenata, pa njegova ukupna pouzdanost zapravo zavisi od pouzdanosti svakog od elemenata koji ga čine. A pouzdanost elemenata tehničkih sistema zavisi pre svega od aktivnosti održavanja, koje imaju za cilj da smanje verovatnoću nastanka kvara [14].

Uzimajući u obzir sve navedeno, može se zaključiti da održavanje predstavlja jednu od najznačajnijih funkcija, naročito u organizacijama u kojima je prisutan visok stepen automatizacije procesa i čije se aktivnosti u velikoj meri

oslanjaju na tehničke sisteme. Obezbeđivanje ispravnosti tehničkih sistema je od ključnog značaja za njihov nesmetan rad. Prema ranije opisanoj kategorizaciji aktivnosti unutar organizacije, održavanje spada u osnovne aktivnosti, i to u operacije, čime je svrstano u sam centar lanca vrednosti.

2. ZNAČAJ I ULOGA FUNKCIJE ODRŽAVANJA TEHNIČKIH SISTEMA I OPREME

Ispravnost tehničkih sistema je od neizmerne važnosti za organizaciju poslovanja. Ona obezbeđuje kontinuitet osnovne delatnosti, ali i povećava produktivnost rada, čime direktno utiče na smanjenje operativnih troškova i konkurentnost kompanije na tržištu. Svaki zastoj u radu opreme generiše troškove koji će se negativno odraziti na poslovni rezultat na dva načina: 1) kroz povećanje direktnih troškova operacija i 2) kroz izgubljenu dobit zbog nerealizovane proizvodnje i prodaje [15]. Naime, tokom zastoja usled kvara opreme troše se drugi resursi kompanije, ali se takođe ni ne stvaraju autputi koji bi potencijalno mogli da zadovolje potražnju na tržištu, zbog čega se javlja oportunitetni trošak nerealizovane proizvodnje ili pružanja usluga. Usled toga kompanije sa visokim stepenom automatizacije procesa posebnu pažnju posvećuju funkciji održavanja. Upravljanje poslovima održavanja je prepoznato kao važan aspekt celokupnog poslovanja, pa često predstavlja bitan deo poslovne strategije kompanije bez obzira na delatnost [16].

Sa druge strane, realizacija ovih poslova može stvoriti velike troškove u pogledu rezervnih delova i materijala, nabavke elemenata tehničkih sistema koje je potrebno zameniti, ali i angažovanja ljudskih resursa. Troškovi održavanja često predstavljaju značajnu stavku u ukupnim rashodima u okviru finansijskih izveštaja. Uzimajući u obzir potrebu za angažovanjem visokokvalifikovanih stručnjaka na poslovima održavanja i razvoja tehničkih sistema, troškovi ljudskih resursa su često veoma visoki, bez obzira na to da li se aktivnosti održavanja realizuju interno, od strane zaposlenih lica, ili ih sprovode spoljni izvršioci ukoliko je kompanija procenila da je isplativije autsorsovati ove poslove.

Imajući to u vidu, optimizacija procesa održavanja tehničkih sistema može dovesti do značajnih ušteda. Ipak, u tom postupku je neophodno voditi računa da se ne poveća rizik od pojave kvarova, čime se može ugroziti čitav poslovni rezultat kompanije. Zbog toga su kompanije u potrazi za pametnim rešenjima iz oblasti informacionih i komunikacionih tehnologija (IKT) koja će im omogućiti da realizuju opisane ciljeve. One predstavljaju značajan alat za postizanje efikasnosti i efektivnosti održavanja, pod pretpostavkom da se primene odgovarajuća IKT rešenja [17]. Njihova osnovna funkcija je da podignu stepen automatizacije planiranja održavanja i izveštavanja o realizaciji aktivnosti održavanja, kao i da obezbede podlogu za različite vrste analiza kroz podatke o stanju tehničkih sistema i sprovedenim operacijama održavanja na njihovim elementima.

Definitivno se najveći prostor za optimizaciju nalazi u fazi planiranja održavanja, kada se zapravo alociraju svi potrebni resursi. Ukoliko se za potrebe održavanja angažuju suvišni resursi to će generisati trošak koji nikada neće biti nadomešćen. Pritom, ako su resursi za održavanje ograničeni, a najčešće jesu, nepotrebno angažovanje resursa na određenim poslovima može ugroziti realizaciju nekih drugih aktivnosti održavanja za koje su ti isti resursi neophodni, ali nisu raspoloživi usled lošeg planiranja i organizacije rada.

Naravno, ne mogu sve operacije održavanja biti unapred isplanirane. Održavanje se generalno može podeliti na preventivno i korektivno [18]. Korektivno održavanje je ono koje se dešava neplanirano, u slučaju otkaza tehničkog sistema. U takvim situacijama cilj više nije optimalna upotreba resursa i smanjenje troškova, već što brže otklanjanje kvara radi nastavka nesmetane realizacije operacija, odnosno osnovne delatnosti kompanije. Međutim, preventivno održavanje, koje zapravo u dobro organizovanim kompanijama zauzima višestruko veći udeo u ukupnom obimu poslova održavanja, jeste predvidivo i može da se planira [19]. Kao što i sam naziv kaže, njega čine aktivnosti koje su usmerene na sprečavanje otkaza, odnosno na poboljšanje stanja elemenata tehničkih sistema pre pojave kvarova, u cilju njihove eliminacije. Adekvatnim planiranjem ovih operacija mogu se značajno smanjiti ukupni troškovi održavanja.

3. PLANIRANJE ODRŽAVANJA TEHNIČKIH SISTEMA I OPREME

Plan održavanja predstavlja osnovu za organizaciju svih operacija održavanja. Plan održavanja sadrži sve operacije održavanja koje je moguće predvideti u posmatranom periodu. Dakle, u njega će ući operacije koje se odnose na preventivno održavanje. Zbog toga je izrada plana preventivnog održavanja jedna od ključnih aktivnosti u celokupnom procesu održavanja [20].

Postupak planiranja održavanje najčešće započinje izradom godišnjeg plana održavanja, u kom su sadržane sve planirane operacije za tu godinu. On se potom, u zavisnosti od interne organizacije i načina rada, dekomponuje na kvartalne, mesečne i/ili nedeljne planove održavanja. Tek na nivou meseca ili nedelje planirane operacije obično dobijaju i predviđeni datum realizacije. Na osnovu toga se kasnije generišu radni nalozi.

Opisani planovi se kreiraju na osnovu uputstava proizvođača u kojima je predviđena periodika preventivnog održavanja svih elemenata koji čine neki tehnički sistem, kao i na osnovu prethodnog iskustva u domenu održavanja takve opreme. Međutim, još jedna važna komponenta za planiranje preventivnog održavanja jeste stanje opreme. Ono utiče na plan održavanja na dva načina. Prvi jeste skraćenje periodike pojedinih ili čak svih operacija održavanja koje propisuje proizvođač, usled opšteg stanja ili starosti elementa. To znači da se određena operacija na primer umesto na predviđene dve godine odlukom kompanije realizuje svake godine, pošto je taj

konkretan element stariji od 10 godina. Drugi vid uticaja jeste na osnovu konkretnih zapažanja koja se odnose na stanje određenih elemenata. Na primer, ukoliko se tokom preventivnog održavanja nekog elementa uoči da je neka operacija održavanja potrebna ranije nego što je predviđeno uputstvom proizvođača, onda će se izvršiti izmene ranije napravljenog plana održavanja i u njega će biti dodate nove aktivnosti. U ovom slučaju se plan zapravo ažurira na osnovu izveštaja o realizaciji plana, zbog čega je pored samog planiranja izuzetno bitno napomenuti i značaj praćenja realizacije plana i izveštavanja. Još jedna situacija u kojoj se ogleda njihova uloga jeste ažuriranje plana usled toga što neke planirane aktivnosti nisu realizovane, pa se zapravo samo pomera planirani datum njihove realizacije, ili ukoliko se tokom realizacije operacija održavanja sprovedu i neke operacije koje nisu na radnom nalogu, pa se u tom slučaju one zapravo eliminišu iz plana za naredni period, odnosno označava se da su već realizovane.

Ključno je naglasiti da plan održavanja predstavlja daleko sadržajniji dokument od prostog spiska predviđenih operacija održavanja. On uključuje i mnoge druge atribute koji su ključni za organizaciju rada, kao što su predviđeno trajanje operacija ili resursi potrebni za njihovo izvršenje. Osnovni izazov planiranja održavanja jeste da se uoče svi elementi tehničkih sistema koji podležu održavanju, predvide sve operacije održavanja koje se mogu planirati i obezbede adekvatni resursi za njihovu uspešnu realizaciju [21]. Resursi u ovom kontekstu mogu biti alati, vozila, potrošni materijal, delovi, ali i odgovarajuća ekspertiza u pogledu ljudskih resursa.

Operacije održavanja se prema potrebnoj ekspertizi za realizaciju mogu kategorisati po dve dimenzije. Prva podrazumeva vrstu posla, odnosno struku ili profil obrazovanja. Prema njoj se, u zavisnosti od kompleksnosti tehničkih sistema i posmatranog nivoa apstrakcije, operacije održavanja mogu razvrstati npr. na poslove elektronike, energetike automatike, mašinstva, građevine, IKT itd. Druga dimenzija je zasnovana na složenosti posla. Tako radovi mogu biti jednostavniji, koje mogu realizovati kadrovi sa srednjom stručnom spremom, tzv. tehničari, ali i složeniji, za koje su potrebni inženjeri, pa čak i različiti nivoi inženjera. Na primer, za poslove stručnog nadzora ili projektovanja nije dovoljan uslov da izvršilac poseduje adekvatan stepen stručne spreme, već mora imati i odgovarajuće licence za realizaciju takvih poslova.

Uzimajući u obzir sve navedeno, postoji ogroman prostor za optimizaciju plana održavanja u pogledu alokacije ljudskih resursa. Ukoliko je održavanje interno, organizacija će težiti da minimizira potreban broj zaposlenih a da ne ugrozi funkcionalnost sistema. Ako operacije održavanja realizuju treća lica, organizacija će imati potrebu za kontrolnim mehanizmom u pogledu potrebnih resursa podizvođača kako bi minimizirala troškove održavanja koje plaća. Zbog toga organizacije konstantno teže pronalaženju načina za izradu što efikasnijih planova održavanja [21].

Već je napomenuto da IKT rešenja mogu povećati efikasnost funkcije održavanja kroz automatizaciju planiranja i izveštavanja o realizaciji planova održavanja. Naprednija rešenja takođe mogu pružiti podršku prilikom alokacije resursa potrebnih za obavljanje aktivnosti održavanja. Međutim, postojeći sistemi nisu usmereni na optimizaciju upotrebe ljudskih resursa tokom planiranja održavanja. U ovom radu će biti predstavljen model podataka za potrebe projektovanja informacionog sistema koji bi pokrio ovu dodatnu dimenziju u postupku izrade plana održavanja.

4. PREDLOG MODELA PODATAKA

Osnovna ideja modela koji se predlaže jeste omogućavanje automatske procene trajanja poslova održavanja po vrsti odnosno profilu izvršilaca angažovanih na poslovima održavanja. U tom kontekstu neophodno je sve operacije održavanja razvrstati po standardnim profilima izvršilaca u konkretnoj organizaciji. Kategorije izvršilaca moraju sadržati obe prethodno objašnjene dimenzije u pogledu ekspertize neophodne za realizaciju poslova održavanja, dakle i vrstu posla i složenost.

Dakle, potrebno je kreirati šifarnik svih mogućih operacija preventivnog održavanja koje mogu da se planiraju. Kako se operacije održavanja vezuju za konkretne elemente, odnosno preciznije rečeno za vrste elemenata, s obzirom da će se na elementima iste vrste realizovati identične operacije održavanja, neophodno je da postoje i šifarnici vrsta elemenata i konkretnih elemenata. Vrste su neke opšte kategorije elemenata koje se mogu naći na više mesta u okviru jednog ili različitih tehničkih sistema. Elementi su konkretni entiteti koji su ugrađeni u sistem, za koje su poznati specifični atributi kao što su proizvođač, dobavljač, i datum ugradnje.

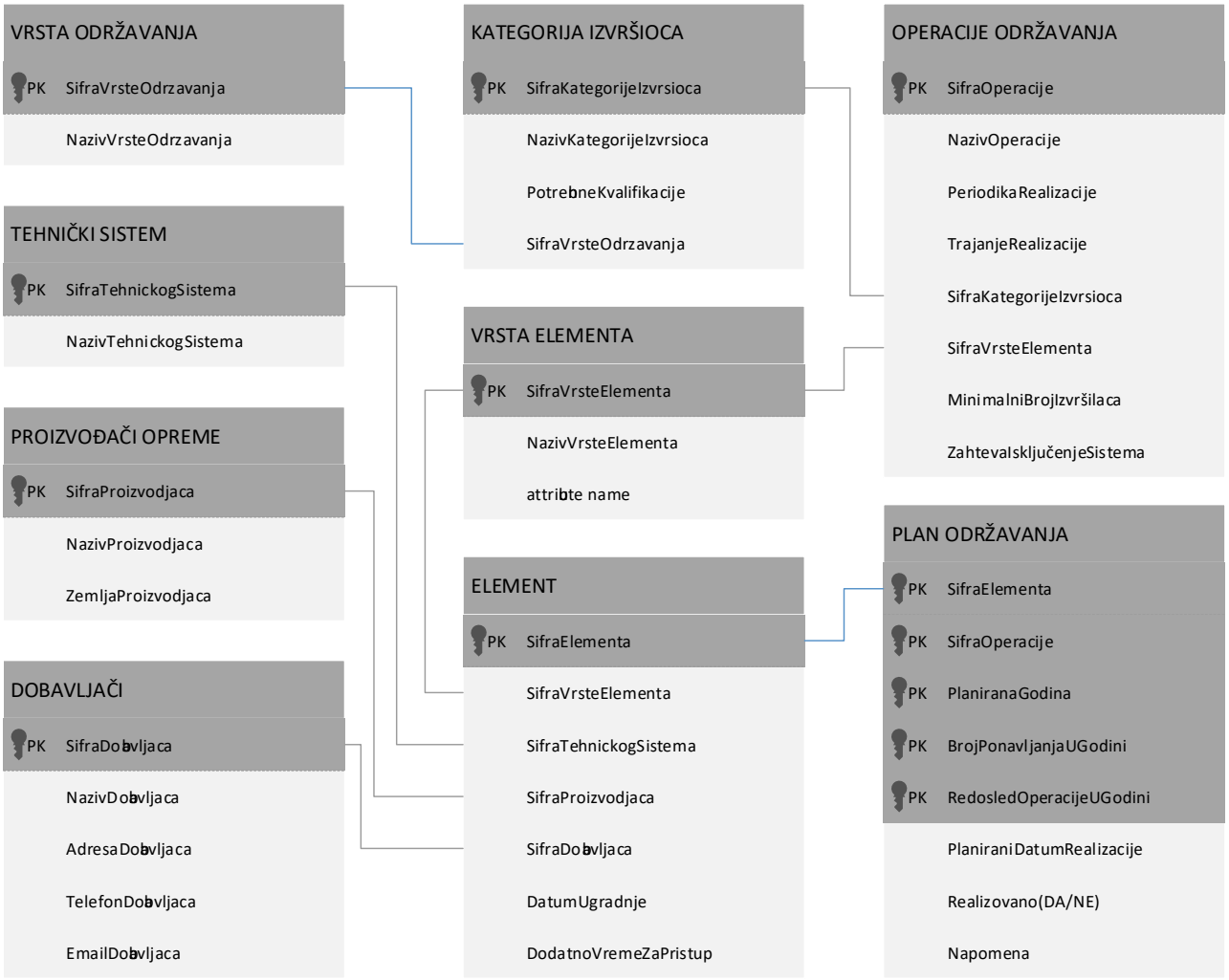
Kako svaki element pripada nekom tehničkom sistemu koji je u upotrebi, potrebno je predvideti i šifarnik svih tehničkih sistema u organizaciji.

Operacije se definišu za vrstu elementa, a realizuju se na svakom elementu te vrste koji postoji u okviru nekog od tehničkih sistema koje organizacija koristi. Pored već opisane kategorije izvršioca, svakoj operaciji je potrebno dodeliti i procenjeno vreme trajanja izvršenja. Ovde se naravno misli na prosečno vreme realizacije u normalnim uslovima rada, dakle ono koje može da se planira. Osim njega, moguće je proceniti i neko dodatno vreme rada zbog otežanog pristupa elementu usled njegove pozicije ili stanja, tzv. pripremno-završno vreme, ali se ono mora vezati za konkretan element, a ne za standardne operacije održavanja te vrste elementa.

Još jedan bitan atribut svake operacije jeste minimalan potreban broj izvršilaca za njeno izvršenje. Naime, za neke poslove je jednostavno neophodno prisustvo većeg broja izvršilaca iste kategorije, jer je priroda posla takva da mora više njih istovremeno da radi. Kod takvih operacija nije moguće smanjiti potreban broj izvršilaca tako što će se povećati planirano vreme izvršenja, već uvek mora biti prisutan taj minimalan potreban broj izvršilaca. Ukoliko je neki posao održavanja takav da se zahtevaju dva izvršioca

različite kategorije, njega je neophodno dekomponovati na dve operacije i potom svakoj od njih dodati odgovarajuću kategoriju izvršioca. Dakle, u ovakvom modelu svaka operacija mora imati samo jednu kategoriju izvršioca.

Slika 1 prikazuje apstrahovani predlog modela podataka koji predstavlja osnovu informacionog sistema sa funkcijom optimizacije angažovanih kadrova na poslovima održavanja. Naravno, šifarnici se mogu dopuniti dodatnim atributima, i sam model se može obogatiti dodatnim šifarnicima. Prikazani nivo apstrakcije sadrži minimalni skup podataka potreban za objašnjenje logike optimizacije angažovanja ljudskih resursa prilikom izrade plana preventivnog održavanja tehničkih sistema.



Slika 1. Predlog modela podataka za informacioni sistem koji optimizuje angažovanje kadrova na poslovima održavanja

RADNI NALOG

Broj: 123 **Početak:** 12.04.2021. **Završetak:** 13.04.2021.

RADNI ZADACI:

Naziv tehničkog sistema	Šifra elemrenta	Vrsta elemrenta	Operacija održavanja
NTS1	SE1	E1	O1
NTS1	SE1	E1	O2
NTS1	SE1	E1	O3

Ukupno dnevno pripremno-završno vreme: 3h

POTREBNI LJUDSKI RESURSI:

Kategorija izvršioca	Ukupno vreme	Potreban broj	Slobodno vreme
Elektroinženjer	13	2	5h
Mašinbravar	18	3	9h

Raspoloživo dnevno vreme rada: 4,5h

Slika 2. Ilustracija optimizacije angažovanja ljudskih resursa prilikom izrade radnog naloga

5. DISKUSIJA

Na osnovu prikazanog modela podataka moguće je razviti informacioni sistem za planiranje preventivnog održavanja koji automatski generiše godišnji plan održavanja na osnovu spiska svih elemenata, definisanih operacija održavanja i njihove periodike. Naravno, preduslov za to jeste da kompanija u potpunosti primeni predloženu organizaciju funkcije održavanja tehničkih sistema i implementira odgovarajuće organizacione promene [23]. One podrazumevaju izradu svih navedenih šifarnika, prilagođavanje radnih mesta u organizacionoj strukturi kategorijama izvršilaca definisanim u sistemu i formalno prilagođavanje toka procesa planiranja preventivnog održavanja opisanom modelu.

U takav automatski generisan godišnji plan održavanja bi ušle sve aktivnosti predviđene za realizaciju u posmatranoj godini, u zavisnosti od godine ugradnje, stanja elementa i skupa definisanih operacija preventivnog održavanja i propisane dinamike njihovog sprovođenja na toj vrsti elementa. Nakon početka primene sistema zasnovanog na predstavljenom modelu, a na osnovu realizacije inicijalnog godišnjeg plana, moguće je automatsko generisanje plana održavanja za narednu godinu, gde će se kao dodatni faktor koristiti datum poslednje realizacije konkretne operacije na nekom elementu, i na osnovu njega i predviđene periodike ta operacija ponovo uvrstiti u plan održavanja za neku od narednih godina.

Iz godišnjeg plana se potom mogu kreirati kvartalni, mesečni i nedeljni planovi, u zavisnosti od željene dinamike planiranja održavanja u kompaniji. Poslednji korak faze planiranja jeste dodeljivanje predviđenog datuma realizacije konkretnoj operaciji na konkretnom elementu. Na taj način se zapravo generiše radni nalog, čija je ilustracija predstavljena na Slici 2. Radni nalog je zapravo skup planiranih operacija održavanja u posmatranom vremenskom periodu. Naravno, za isti period može biti kreirano više radnih naloga.

Suština je u tome da se za svaki radni nalog, a na osnovu njemu dodeljenih operacija održavanja, može automatski predvideti struktura potrebnih kategorija izvršilaca, u smislu ekspertize, i proceniti obim posla za svaku vrstu održavanja, ali i za svaki profil izvršilaca. Shodno tome, moguće je utvrditi neiskorišćeni potencijal i prema njemu korigovati plan održavanja i sam radni nalog.

U konkretnom primeru može se videti da su planirane dvodnevne aktivnosti, s obzirom da je nalog otvoren za dva dana. Ukupno pripremno-završno vreme koje uključuje odlazak, otvaranje potrebnih dozvola, povratak itd. na dnevnom nivou iznosi 3h. Pauza je standardnih 30 minuta, što znači da, ukoliko je radno vreme standardnih 8h, za efektivan rad preostaje 4,5h.

Za poslove elektroinženjera procenjeno je ukupno 13h efektivnog rada. S obzirom da jedan čovek u posmatranom periodu na raspolaganju ima 9h efektivnog rada, neophodna su dva izvršioca ovog profila. Međutim, ostaje neiskorišćenih 5h rada, o čemu sistem obaveštava planera. On dakle može korigovati plan kako bi optimizovao upotrebu ljudskih resursa na realizaciji radnog naloga. Jedan način jeste da nalog dopuni dodatnim poslovima elektroinženjera, u procenjenom trajanju do 5h, a drugi da eliminiše neke operacije tako da ukupno procenjeno vreme rada ove kategorije izvršilaca smanji na približno 9h. Naravno, često nije moguće isplanirati tačno 9h realizacije, ili dodati operacije koje povećavaju obim posla za tačno 5h, ali svakako da ukupno procenjeno angažovanje treba da bude što bliže raspoloživom vremenu, i to za svaki profil izvršilaca.

Kada je reč o mašinbravarima, ukupno procenjeno vreme realizacije svih operacija ove vrste održavanja sa naloga iznosi 18h. Uzimajući u obzir raspoloživo efektivno vreme rada od 4,5h dnevno, na prvi pogled bi se očekivalo da su dovoljna dva izvršioca ovog profila. Razlog zbog kojeg je na ilustraciji naloga navedeno da su neophodna tri izvršioca jeste što neka od operacija održavanja sa naloga zahteva minimalan broj od tri izvršioca iz ove kategorije. Shodno tome, i ukupan minimalni broj mašinbravara u ekipi koja realizuje ovaj radni nalog jeste tri. Ipak, sistem obaveštava planera da ima neiskorišćeni potencijal od 9h. On ponovo ima dve opcije, da dopuni nalog dodatnim poslovima tako da ukupno planirano vreme rada mašinbravara bude približno 27h, ili da iz naloga skloni onu operaciju koja zahteva najmanje tri izvršioca, i da umesto nje doda neku drugu ili više njih u ukupnom procenjenom trajanju koje ne prelazi procenjeno trajanje operacije koja se eliminiše.

Na opisani način softver pruža podršku za optimizaciju alokacije i angažovanja ljudskih resursa prilikom izrade plana održavanja.

6. ZAKLJUČAK

Informacioni sistem zasnovan na predstavljenom modelu podataka omogućio bi automatizaciju izrade godišnjeg plana održavanja i na taj način povećao efikasnost realizacije procesa planiranja održavanja, a istovremeno i obezbedio osnovu za optimizaciju angažovanja ljudskih resursa na poslovima održavanja i tako dodatno podigao efikasnost kompletnog procesa održavanja kroz značajno smanjenje troškova realizacije pripadajućih aktivnosti preventivnog održavanja. Kroz jednostavno izveštavanje o realizaciji radnih naloga obezbeđeno je i praćenje realizacije plana održavanja u realnom vremenu, a istovremeno je i automatizovano njegovo ažuriranje, s obzirom da će nerealizovane aktivnosti sa naloga biti vraćene u godišnji plan, a na osnovu uočenog stanja opreme evidentiranog u izveštaju o realizaciji radnog naloga u odgovarajućem formatu plan održavanja će biti dopunjen dodatnim operacijama za koje se proceni da ih je potrebno realizovati u toku godine iako u početku nisu bile predviđene na osnovu propisane periodike.

Pored ovih funkcionalnosti koje su postavljene kao primarni cilj modela, kao što je opisano u uvodnom delu članka, predstavljena organizacija funkcije održavanja podržana informacionim sistemom zasnovanim na prikazanom modelu podataka donela bi i brojna druga

unapređenja. Jedno od njih jeste mogućnost praćenja performansi izvršilaca poslova održavanja. Sistem bi dao uvid u planirano i realizovano vreme operacija održavanja i na taj način stvorio podlogu za praćenje rada i varijabilno nagrađivanje zaposlenih u slučaju internog održavanja, kao i za kontrolu podizvođača i poređenje učinaka različitih partnera u slučajevima gde su poslovi održavanja tehničkih sistema autsorsovani. Takođe je na osnovu izveštaja o realizovanim operacijama održavanja na elementima moguće vršiti poređenje između proizvođača i dobavljača iste vrste elementa. Konačno, nakon određenog perioda korišćenja moguće je vršiti i različite dodatne analize na osnovu istorijskih podataka o održavanju.

Model je u ovom radu predstavljen kao teorijski koncept, ali on ima široku praktičnu primenu. Naravno, moguće je uvesti druge atribute i šifarnike u cilju obezbeđivanja dodatnih funkcionalnosti informacionog sistema.

ZAHVALNICA

Ovo istraživanje je podržano od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije putem projekta broj 179081: Istraživanje savremenih tendencija strateškog upravljanja primenom specijalizovanih menadžment disciplina u funkciji konkurentnosti srpske privrede.

LITERATURA

[1] Jaško, O., Čudanov, M., Jevtić, M. & Krivokapić, J. (2014). Osnovi organizacije i menadžmenta. Beograd: Fakultet organizacionih nauka

[2] Barnard, C. I. (1968). The functions of the executive (Vol. 11). Harvard university press.

[3] Hammer, M. (2007). The Process Audit. Harvard Business Review, pp. 1-14.

[4] Harrington, H. J. (1991). Business Process Improvement - The Breakthrough Strategy for Total Quality, Productivity and Competitiveness. New York: McGraw Hill, Inc.

[5] Davenport, T. (2005). The Coming Commoditization of Processes. Harvard Business Review, pp. 1-9.

[6] Osterwalder, A. & Pigneur, Y. (2010). Business model generation. New Jersey, USA: John Wiley & Sons.

[7] Waterman, R. J., Peters, T. & Phillips, R. (1980). Structure is not organization. Business Horizons, 23(3), pp. 14-26.

[8] Kates, A. & Galbraith, J. (2007). Designing Your Organization. San Francisco, USA: Jossey-Bass.

[9] Crain, D. W., & Abraham, S. (2008). Using value-chain analysis to discover customers' strategic needs. Strategy & Leadership.

[10] Porter, M. E. (1998): Competitive advantage: Creating and sustaining superior performance, New York, USA, Free press

[11] Rubio, B. U., Canen, A. G., & Tammela, I. (2013). The La Libertad Footwear Industries: Looking for Competitive Advantage. Acta Technica Corviniensis-Bulletin of Engineering, 6(1), p. 31.

[12] Komazec, S., Todorović, I. & Jaško, O. (2015). Model for planning preventive maintenance of the power transmission system elements. In Vasić, B. (Ed.) Proceedings of the 40th scientific conference OMO 2015. Institute for research and design in commerce & industry, Belgrade, Serbia, pp. 409-419.

[13] Ghodsi, R., Yahyaipour, A., (2011) Reliablity centered cost efective preventive maintenance, CANCAM 2011-23rd Canadian Congress of Applied Mechanics, Vancouver, June 5-9, 2011

[14] Badıa, F. G., Berrade, M. D., Campos, C. A., (2002) Optimal inspection and preventive maintenance of units with revealed and unrevealed failures, Reliability Engineering & System Safety, 78(2), pp. 157-163

[15] Stenström, C., Norrbin, P., Parida, A. & Kumar, U. (2016). Preventive and corrective maintenance–cost comparison and cost–benefit analysis. Structure and Infrastructure Engineering, 12(5), pp. 603-617.

[16] Barberá, L., Crespo, A., Viveros, P. & Stegmaier, R. (2012). Advanced model for maintenance management in a continuous improvement cycle: integration into the business strategy. International Journal of System Assurance Engineering and Management, 3(1), pp. 47-63

[17] Kans, M. (2008). An approach for determining the requirements of computerised maintenance management systems. Computers in Industry, 59(1), pp. 32-40.

[18] Bahrick, H. P. & Hall, L. K. (1991). Preventive and corrective maintenance of access to knowledge. Applied Cognitive Psychology, 5(1), pp. 1-18.

[19] Lao, L., Ellis, M. & Christofides, P. D. (2014). Smart manufacturing: Handling preventive actuator maintenance and economics using model predictive control. AIChE Journal, 60(6), pp. 2179-2196.

[20] Kłos, S. & Patalas-Maliszewska, J. (2013). The impact of ERP on maintenance management. Management and Production Engineering Review, 4(3), pp. 15-25.

[21] Rosqvist, T., Laakso, K. & Reunanen, M. (2009). Value-driven maintenance planning for a production plant. Reliability Engineering & System Safety, 94(1), pp. 97-110

[22] Schutz, J., Rezg, N. & Léger, J. B. (2013). An integrated strategy for efficient business plan and maintenance plan for systems with a dynamic failure distribution. Journal of Intelligent Manufacturing, 24(1), pp. 87-97.

[23] Todorović, I., Komazec, S. & Marič, M. (2020). Organizational Preconditions for Turning Maintenance Planning into Smart Automated Process. In Proceedings of the XVII International Symposium of Organizational Sciences: Business and Artificial Intelligence, pp.437-444. Faculty of Organizational Sciences, Belgrade, Serbia.

VEB ORIJENTISAN SISTEM ZA PRAĆENJE MOBILNIH UREĐAJA

WEB ORIENTED SYSTEM FOR TRACKING MOBILE DEVICES

Đurđa Tanasković
Fakultet tehničkih nauka u Čačku, Univerzitet u Kragujevcu

Sadržaj *- U ovom radu su prikazani svi delovi veb aplikacije kao i proces njihovog kreiranja i uputstvo za upotrebu aplikacije. Razlog za razvijanje ove veb aplikacije je pomoć u preciznom praćenju lokacija korisničkih uređaja (pametnih satova i mobilnih telefona). Aplikacija omogućava korisnicima da imaju detaljan uvid u to gde im se uređaji nalaze u svakom trenutku. Glavni deo veb aplikacije je izrađen u programu Visual Studio, a programski jezici korišćeni u njenoj izradi su C# i JavaScript.*

Abstract *- This paper presents all the parts of the web application, as well as the process of creating them and an instruction manual for the application. The reason for developing this web application is to assist with accurately tracking the location of users' devices (smart watches and mobile telephones). The application allows users to have a clear insight on the whereabouts of their devices in every moment. The main part of the web application is created in Visual Studio, and the programming languages used in its creation are C# and JavaScript.*

1. UVOD

Geolokacija je čoveku poznata odavno, tačnije pre više od 2000 godina. Tada je čovek koristio samo položaj zvezda na nebu kako bi odredio svoj položaj na Zemlji. Ta metoda naziva se triangulacija. Umesto ljudi, danas računanje obično vrše računari.

Pentagon je 1973. godine razvio tehnologiju globalnog pozicioniranja koristeći satelite. Sateliti bi, metodom trilateracije, određivali poziciju objekata u jedinstvenom koordinatnom sistemu, a dobijene koordinate slali nazad u bazu kao povratne informacije.

Mobilni uređaji, bilo da je reč o Android, iOS, itd. imaju ugrađeni mehanizam koji im omogućava da odašilju geografsku dužinu i geografsku širinu na kojoj se trenutno nalaze. Neki uređaji koriste informacije signalnog tornja sa kojim su, u trenutku posmatranja, neposredno povezani radio signalima. Drugi uređaji, pak, koriste modul za direktnu komunikaciju sa satelitom, direktna radio veza i slično, a neki (uglavnom noviji) uređaji koriste Internet servise kao podršku i kao glavni izvor i tok informacija. [1]

Uopšteno govoreći, broj aktivnosti koje uređaj može izvršiti u vezi sa geolokacijom je ograničen i svodi se na jedan od dva moguća izbora: da saopštava drugim uređajima svoju lokaciju ili da poveže lokacije drugih uređaja sa svojom lokacijom. Kada korisnik poseti sajt koji ima ugrađene module za upravljanje geolokacijom, prvo će biti upitan da li želi da javno objavi svoju lokaciju. Ukoliko od korisnika stigne potvrdan odgovor, pretraživač će, uz pomoć povezivanja sa obližnjim mrežama i IP adrese uređaja, zaključiti gde se korisnik nalazi i te podatke proslediti Google-ovim servisima za geolokaciju (Google Location Services)[2]. Tamo će se ti podaci obraditi i sistem će zaključiti gde se korisnik nalazi. Odmah zatim, ti podaci se vraćaju veb sajtu koji ih je zahtevao.

Ukoliko se, pak, od korisnika dobije negativan odgovor, veb servis neće preduzeti nijednu akciju vezanu za geolociranje.

Veb sajtovi koji pružaju sadržaj osetljiv na geografski položaj korisnika koji mu pristupa, poslaće upit za dozvolu pristupa lokaciji uređaja, kako bi korisniku olakšao pronalaženje relevantnog sadržaja ili skratio vreme potrebno za pronalaženje odgovarajućeg sadržaja.

U ovom radu su opisani svi delovi veb aplikacije kao i proces njihovog kreiranja i uputstvo za upotrebu. Veb aplikacija će omogućiti korisnicima da imaju mogućnost detaljnog uvida u lokaciju svojih uređaja u pokretu, kao i slanja svoje trenutne lokacije sa uređaja koji se prate. Da bi korisnik mogao da pristupi ovoj veb aplikaciji potrebno je da uređaj sa kog pristupa ima pristup internetu i nekom pretraživaču (npr. Google Chrome).

2. KREIRANJE APLIKACIJE

Konačna veb aplikacija koja je kreirana korišćenjem prethodno navedenih tehnologija i alata predstavlja aplikaciju koja omogućava korisnicima da prate lokaciju svojih uređaja u realnom vremenu.

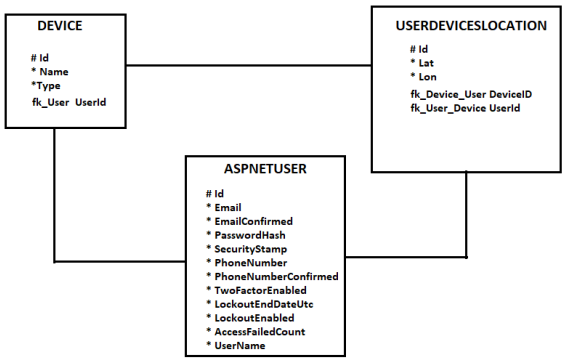
2.1 Opis

Postoje dva tipa korisnika koji mogu da koriste ovu veb aplikaciju: oni koji žele da budu praćeni i oni koji će ih pratiti tako što će očitati lokaciju sa uređaja ovih prvih. Da bi prvi mogli da budu praćeni, prvo moraju drugi da se registruju na aplikaciju, uloguju i dodaju uređaje koje će da prate. Zatim oni prvi će da unesu jedinstven naziv uređaja u input na stranicu namenjenu za praćenje na osnovu čega će početi sa slanjem svoje lokacije i sa ažuriranjem svoje lokacije na svaki minut. Sa druge strane, korisnicima koji će da prate kretanje korisnika sa registrovanim uređajem biće dostupna mapa preko koje mogu da prate i više uređaja istovremeno.

2.2 ER model i šema tabela

Akcenat informacionog sistema veb aplikacije je stavljen na čin lociranja korisničkih uređaja - USERDEVICELOCATION:

- Pod entitetom DEVICE podrazumevaju se uređaji koji će biti praćeni. Zbog toga je veza obavezna (da bi u USERDEVICELOCATION mogli da budu prikazani podaci o lokaciji uređaja, potrebno je da taj uređaj bude dostupan).
- Pod entitetom ASPNETUSER podrazumevaju se korisnici veb aplikacije. Oni su povezani obaveznim vezama sa entitetima DEVICE i USERDEVICELOCATION (jedan prema više), jer korisnik može da ima više uređaja koji posleđuju svoju lokaciju.
- Pod entitetom USERDEVICELOCATION podrazumevaju se svi uređaji sa njihovim lokacijama.



Slika 1. Šema tabela veb aplikacije

2.3 ASP.NET Web forms project

Za izradu projekta je korišćen Visual Studio 2017 i SendGrid v3. SendGrid pruža servis dostavljanja emailova koji pomaže biznisima sa dostavljanjem emailova. Ovaj servis omogućava nekoliko tipova slanja emailova kao što su obaveštenja o poštarinama, zahtevi za prijateljstvo, potvrde o prijavljivanju i slanje biltena putem emaila. SendGrid omogućava potrošačima da povrate informacije vezane za svoje naloge kao što su statistike, izveštaje o spamovima, odjavljivanja i druge informacije. [3]

Postoje brojni načini kako se može definisatni arhitetura jedne aplikacije u .NET okruženju, ali za aplikacije koje su uglavnom event-driven kao što su Web Forms (ASP.NET) najbolje je definisati arhitekturu kroz dva dodatna sloja u okviru Solution-a pored postojećeg koji se odnosi na sam view (GUI) [4]. To su Data i Business slojevi (DL i BL). Ovo se naravno odnosi na aplikacije koje u pozadini imaju bazu podataka ili neki drugi izvor podataka. Ovo je klasičan primer Microsoft troslojne arhitekture [5].

Kreiranje dva dodatna sloja u .NET aplikacijama, ili u nekoj već kreiranoj Web Forms aplikaciji može se uraditi tako što se dodaju još dva projekta u okviru Solution-a, jedan za Data Layer i drugi za Business Layer.

U Data sloju se kreiraju modeli i repozitorijumi kako bi ovaj sloj mogao da komunicira direktno sa bazom podataka i da vraća, unosi, menja ili briše podatke iz baze.

U okviru Business sloja kreiraju se klase u okviru kojih će se pozvati instanca klase iz Data sloja i koje će kroz jednu svoju metodu takođe vraćati isti rezultat kao što vraća ona iz Data sloja. U ovom sloju se programira poslovna logika.

Na kraju, na Presentation sloju će biti kreirana referenca ka Business sloju, i preko njega se povezivati na bazu podataka i vraćati podatke.

U ovom projektu postoje dva dodatna sloja: DataLayerNF i BusinessLayerNF koje u sebi sadrže klase prikazane na narednoj slici.

Unutar repozitorijuma i business klasa nalaze se sledeće metode:

- DeviceRepository.cs - GetAllDevices, InsertDevice, UpdateDevice, DeleteDevice, GetUsername
- UserDeviceLocationRepository.cs - GetAllUDLs, InsertUDL, UpdateUDL, DeleteUDL, GetUsername
- DeviceBusiness.cs - GetAllDevices, GetDeviceById, GetDeviceByName, InsertDevice, InsertListOfDevies, UpdateDevice, DeleteDevice
- UserDeviceLocationBusiness.cs - GetAllUDLs, GetUDlById, InsertListOfUDLs, InsertUDL, UpdateUDL, DeleteUDL

2.4 Google Geolocation API i Google mape [6]

Dve glavne stranice koje su značajne za slanje i prikupljanje podataka o korisničkoj lokaciji i lokaciji uređaja su: Location i Sending Coordinates stranice.

Na Location stranici se nalaze kartica, u kojoj se unose uređaji koje želimo da vidimo na mapi, i mapa na kojoj su ti uređaji prikazani. Ova stranica radi tako što prvo upoređuje da li u bazi postoji uređaj sa lokacijom. U slučaju da postoji, ti podaci se prosleđuju JavaScript promenljivama koje te podatke prosleđuju mapi. Postoji mogućnost lociranja samo jednog željenog uređaja ili lociranje svih uređaja koje je korisnik dodao na svom nalogu. Mapa se ažurira na svakih 30 sekundi [7].

Na Location.aspx.cs, značajne metode su:

- Page_Load – proverava da li je korisnik ulogovan i u slučaju da nije vraća ga na stranicu Welcome.
- btnTrackDevice – proverava da li postoji lokacija unetog uređaja u bazi i ako postoji vraća lokaciju tog uređaja.
- Timer1_Tick – slično radi kao prethodna metoda s tim što se izvršava na svakih 30 sekundi.
- RefreshUDLList – osvežava listu uređaja koji se prate.

- btnShowAllDevices_Click – vraća listu svih uređaja koji se prate.

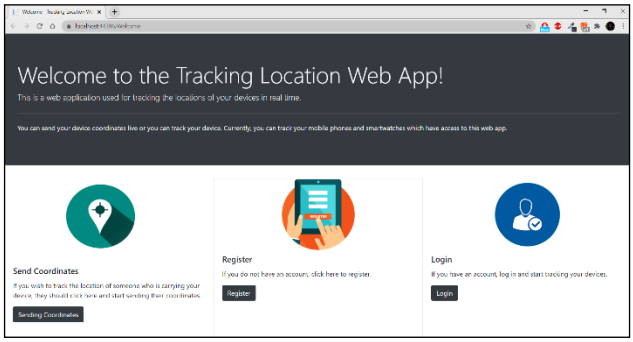
Na Sending Coordinates stranici se nalazi kartica, u kojoj se unosi uređaj koji želimo da bude praćen od strane korisnika koji ima pristup mapi. Ova stranica radi tako što prvo upoređuje da li u bazi postoji unet uređaj. U slučaju da postoji, prvo pita da li postoji red u bazi koji se odnosi na lokacije tog uređaja. U slučaju da ne postoji, biće unet novi red, a u slučaju da postoji , biće ažuriran postojeći red, odnosno biće ažurirana lokacija uređaja. Podaci o lokaciji se prosleđuju pomoću JavaScript kôda koji čita te podatke iz korisnikovog pretraživača i te podatke prosleđuje ka bazi. Postoji mogućnost slanja podataka o lokaciji samo jednog uređaja u trenutku. Podaci se šalju na svaki minut. [8]

Na SendingCoordinates.aspx.cs, značajne metode su:

- btnInsertCoordinates_Click – proverava da li postoji uneti uređaja u bazi i ako postoji, proverava da li postoji lokacija za taj uređaj. U slučaju da ne postoji, unosi novi red u bazi, a u slučaju da postoji, ažurira postojeći.
- Timer1_Tick – slično radi kao prethodna metoda s tim što se izvršava na svakih minut.

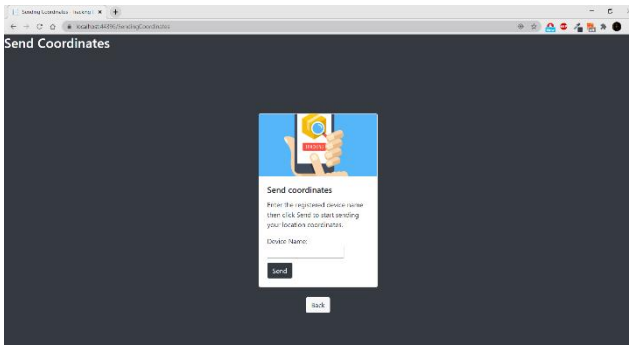
2.5 Funkcionisanje aplikacije

Konačni projekat je napravljen kao demo veb aplikacija koja očitava lokacije uređaja u realnom vremenu i sa većom preciznošću u odnosu na druge aplikacije koje očitavaju lokacije (npr. aplikacije na mobilnim uređajima za praćenje lokacija dečijih pametnih satova). Kad se tek pristupi aplikaciji, nailazi se na stranicu gde korisnik može izabrati da li da šalje svoje koordinate odnosno koordinate svog uređaja ili će da prati lokacije svih svojih uređaja. U slučaju da želi da prati lokacije, potrebno je prvo da se registruje (ako nema prethodno registrovan nalog), odnosno da se prijavi.



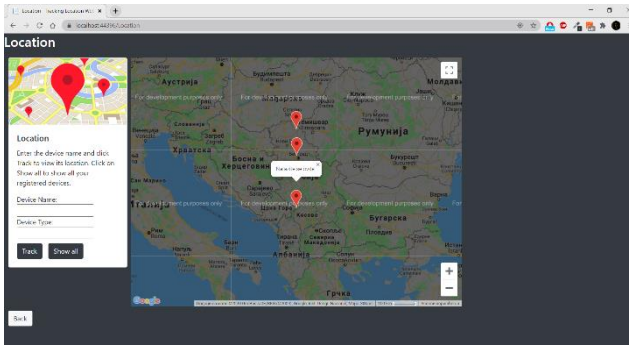
Slika 2. Početna stranica veb aplikacije

Ako želi da šalje lokaciju svog uređaja, potrebno je da klikne na stranicu Sending Coordinates, zatim da unese jedinstven naziv uređaja koji je korisnik sa nalogom prethodno registrovao, i ako se nazivi poklapaju klikom na Send počinje slanje lokacije uređaja na svaki minut.[9]



Slika 3. Sending Coordinates stranica

Ako korisnik želi da pristupi svom nalogu, potrebno je samo da se prijavi, gde će se nakon prijave prikazati početna stranica aplikacije. Da bi uređaj mogao da se prati, potrebno je prvo na stranici Devices dodati sve željene uređaje (trenutno je moguće dodati mobilne telefone i pametne satove). U zavisnosti od potreba, uređaj se može dodati, može mu se ažurirati naziv i može se obrisati. Na dnu stranice prikazana je lista svih uređaja koje je korisnik uneo. Na stranici Location moguće je pratiti jedan uređaj tako što se unese naziv tog uređaja i klikne se Track. Nakon pojavljivanja markera, prelaskom miša preko markera prikazuju se detaljniji podaci o koordinatama uređaja. Mapa se ažurira na svakih 30 sekundi. Takođe, na stranici Location moguće je pratiti sve uređaje klikom na Show all.



Slika 4. Location stranica - prikaz više uređaja [10]

Da bi aplikacija bila produkciona, odnosno da bi moglo da joj se pristupi, potrebno je podići aplikaciju na server sa obaveznim https, jer u suprotnom mape neće biti dostupne korisnicima.

3. ZAKLJUČAK

Aplikacija opisana u ovom radu predstavlja detaljniji uvid u lociranje korisničkih uređaja, kao i mogućnost slanja podataka o korisničkoj lokaciji. Uz dalji rad, sredstva i resurse može se kreirati više „user-friendly" aplikacija uz bolju optimizaciju kôda radi lakšeg održavanja. Takođe, sa razvojem aplikacije, broj tipova uređaja koji se mogu pratiti će rasti i samim tim sa razvojem tehnologija IoT, moći će da se prate uređaji koji nisu ograničeni na mobilne telefone i pametne satove. Konačna aplikacija bi mogla biti dostupna kao komercijalni proizvod na internetu, koji bi zbog preciznijeg lociranja mogao da zameni nekvalitetne dečije pametne satove i mobilne aplikacije za lociranje istih.

LITERATURA

[1] Geolocation 101: How It Works, the Apps, and Your Privacy. (25. septembar 2020.). Preuzeto sa PCWorld: https://www.pcworld.com/article/192803/geolo.html

[2] Internet geolocation. (24. septembar 2020.). Preuzeto sa Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_geolocation

[3] SendGrid. (25. septembar 2020.). Preuzeto sa Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/SendGrid

[4] ASP.NET Web Forms. (24. septembar 2020.). Preuzeto sa Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/ASP.NET_Web_Forms

[5] Softversko inženjerstvo - Vezba 5. (25. septembar 2020.). Preuzeto sa Eucenje: https://eucenje.ftn.kg.ac.rs/mod/resource/view.php?id=5936

[6] Google Maps. (24. septembar 2020.). Preuzeto sa Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Maps

[7] Auto refresh page every 30 seconds. (20. septembar 2020.) Preuzeto sa StackOvewFlow: https://stackoverflow.com/questions/32913226/auto-refresh-page-every-30-seconds

[8] how to use timer in asp.net? (20. septembar 2020.). Preuzeto sa CodeProject: https://www.codeproject.com/Questions/359958/how-to-use-timer-in-asp-net

[9] C# Get current latitude and longitude in asp.net application. (19. septembar 2020.). Preuzeto sa StackOverflow: https://stackoverflow.com/questions/44094840/c-sharp-get-current-latitude-and-longitude-in-asp-net-application

[10] C# Get current latitude and longitude in asp.net application. (19. septembar 2020.). Preuzeto sa StackOverflow: https://stackoverflow.com/questions/44094840/c-sharp-get-current-latitude-and-longitude-in-asp-net-application

POTENCIJAL I ZNAČAJ KORIŠĆENJA DRUŠTVENIH MREŽA POSREDOVANIH INTERNETOM U ODNOSIMA SA JAVNOŠĆU
POTENTIAL AND SIGNIFICANCE OF USING INTERNET-MEDIATED SOCIAL NETWORKS IN PUBLIC RELATIONS

Rina Vukanac
Univerzitet u Beogradu
Fakultet Organizacionih Nauka

Sadržaj – *O tome da internet ima nemerljiv uticaj na gotovo sve aspekte funkcionisanja savremenog čoveka gotovo da više nema diskusja, kako stručnih, tako i onih naučnih. Društvene mreže, shvaćene kao internet sadržaju u okviru kojih članovi dele informacije, ali i koriste kapacitete zajednice za građenje međusobnih odnosa, oslanjajući se na potencijale novih tehnologija sa jednostavnom i brzom razmenom poruka i sadržja između korisnika (Anđelković, 2015), ostavljaju svoj snažan uticaj i na, između ostalog odnose sa javnošću. Jasno je da su danas odnosi sa javnošću ozbiljan i značajan proces, metod i sredstvo uspeha brojnih kompanija, bez obzira na njihovu oblast poslovanja, te je sa tim u vezi značajno istraživanje svih faktora koji mogu da utiču i usmeravaju ovaj proces u smeru koji vodi ka uspehu kompanija. Cilj ovog rada odnosi se na analizu i pružanje kritičkog osvrta na potencijal i značaj korišćenja društvenih mreža posredovanih internetom u odnosima sa javnošću. U okviru rada prikazana su relevantna istraživanja iz ove oblasti, ali i kritički stav samog autora rada.*

Abstract - *There is no question that the internet has an immeasurable impact on almost all aspects of the functioning of the modern man, not from the technical nor scientific viewpoint. Social media, as internet platforms within which members share information, and use the community's capacities to build relationships, relying on the potentials of new technology with a simple and quick exchange of messages and content between users (Anđelković, 2015), have a strong influence on, among other things, public relations. It is clear that public relations today represent a serious and important process, method, and means for the success of numerous companies, regardless of their area of business, which is why it is important to explore all the factors influencing and guiding that process towards companies' success. The aim of this paper is to analyze and give a critical overview of the potential and importance of using internet-based social media in public relations. Relevant research and the critical standpoint of the author of this paper are presented within it.*.

1. UVOD

Sa sigurnošću je moguće reći da komunikacija nikada nije tekla brže, efikasnije, efektivnije i raznovrsnije nego što je to slučaj u poslednjih nekoliko godina. Ključan razlog koji se nalazi iza ove činjenice svakako jeste masovna upotreba interneta. Pojava interneta otvorila je nove mogućnosti komunikacije, pri čemu je nakon nekoliko decenija dominacije tradicionalnih masovnih medija došlo do bitnih promena u načinu na koji se mogu oblikovati informacije i na koji pojedinci zadovoljavaju svoje informacijske potrebe (Miočić, 2008). Ovo jeste fenomen koji je uticao na brojne oblasti ljudskog funkcionisanja i delanja, pa tako i na odnose sa javnošću.

Odnosi sa javnošću, shvaćeni kao skup mehanizama pomoću kojih organizacija, kompanija, preduzeće, pojedinac i sl, uspostavlja i održava uzajamno korisne odnose i komunikaciju sa različitim segmentima javnosti umnogome je povezana sa masovnom upotrebom interneta i društvenih mreža posredovanih internetom, koje su postale sastavni deo svakodnevnice ljudi širom sveta. Moguće je reći da odnosi sa javnošću olakšavaju prilagođavanje i očuvanje društvenih sistema koji ispunjavaju različite čovekove potrebe (Cutlip, Center & Broom, 2003), a da je ovaj proces danas sve prisutniji u životima miliona ljudi upravo zahvaljujući upotrebi interneta, kao i sa njim povezanih društvenih mreža. Fenomen koji se odnosi na rast, razvoj i novine koje u povezivanje ljudi unose društvene mreže postaje sastavni deo istraživanja, kao i praktičnih i teorijskih implikacija u okviru brjnih društvenih nauka i oblasti. Danas se društvene mreže posmatraju i istražuju na sasvim drugačiji način od onog kojim su svojevremeno izučavane kao spcopmetrijski obrazac interpersonalnih odnosa (Milošević, 2017).

Ispitivanje mehanizama i načina na koje postojanje i upotreba društvenih mreža utiče na domen odnosa sa javnošću, kao jedne od ključnih grana komunikacije u savremenom svetu jeste sve intenzivnije polje interesovanja stručnjaka i autora u okviru brojnih oblasti, pa tako i u okviru menadžmenta. Cilj ovog rada odnosi se na analizu i pružanje kritičkog osvrta na potencijal i značaj korišćenja društvenih mreža posredovanih internetom u odnosima sa javnošću. Kako bi ovaj cilj rada bio realizovan na adekvatan način rad je podeljen na tri celine. Prva celina odnosi se na teorijsko razmatranje teme, dok se druga odnosi na pregled aktuelnih i relevantnih istraživanja iz ove oblasti, dok su u okviru treće celine rada izvršeni diskusija i zaključna razmatranja.

2. TEORIJSKO RAZMATRANJE TEME

Kako bi tema koja se odnosi na analizu i pružanje kritičkog osvrta na potencijal i značaj korišćenja društvenih mreža posredovanih internetom u odnosima sa javnošću mogla biti obrađena smisleno i celovito, najpre je potrebno definisati i operacionalizovati termin odnosa sa javnošću. Naime, u okviru stručne literature moguće je pronaći veliki broj različitih definicija odnosa sa javnošću, međutim ona koja se čini najadekvatnijom za potrebe ovog rada jeste ona koja odnose sa javnošću posmatra kao: “Osnov izgradnje

dobrih odnosa preduzeća sa različitim delovima javnosti putem postizanja povoljnog publiciteta, izgradnje dobrog imidža i rešavanja ili sprečavanja pojave nepovoljnih glasina, priča i događaja, pri čemu su glavna sredstva odnosa sa javnošću: odnosi sa medijima, publicitet, korporativno komuniciranje, lobiranje i savetovanje" (Kotler & Armstrong, 1993, str. 436). Na osnovu ove sveobuhvatne i kompleksne definicije jasno je moguće zaključiti da u vreme savremenog poslovanja, globalizacijskih procesa i sve intenzivnije i neograničenije komunikacije među ljudima, društvene mreže posredovanih internetom jesu jedan od važnih mehanizama, alata i tehnika koje se koriste u okviru odnosa sa javnošću.

Društvene mreže posredovane internetom podrazumevaju on-lajn interakciju između pojedinaca, grupa, celokupnih organizacija ili društava (Mangold & Faulds, 2009) i jesu jedan od najimpresivnijih fenomena današnjice. Uprkos tome što obim ovog rada ne dozvoljava detaljnu analizu odlika društvenih mreža posredovanih internetom, važno je naglasiti da one svojim korisnicima daju mogućnost koja se odnosi na formiranje profila u okviru jednog od sistema, pristup spisku drugih korisnika iste društvene mreže sa kojima su u vezi, kao i istraživanje sopstvene i tuđe liste veza sa ostalim korisnicima. Na osnovu navedneih odlka društvenih mreža moguće je zaključiti da one svojim korisnicima nude brojne potencijale u komunikaciji koji se sve više koriste u poslovnom svetu, kao što je svet odnosa sa javnošću.

Odnose sa javnošću je sa društvenim mrežama moguće povezati na brojne načine i na brojnim nivoima. Naime, kada je reč o organizacijama, kompanijama i preduzećima koja su u privatnom vlasništvu društvene mreže se u domenu odnosa sa javnošću koriste na različite načine čini je krajnji cilj uspešnost u poslovanju i ostvarivanje profita, a kada je reč o državnim institucijama moguće je govoriti o odnosima sa javnošću posredstvom internet društvenih mreža koje služe prvenstveno za direktan kontakt sa građanima. Bez obzira na to iz kog ugla posmatrano, profitnog ili neprofitnog, jasno je da korišćenje društvenih mreža posredovanih internetom u odnosima sa javnošću sa sobom donosi izvesne specifičnosti, prednosti, ali i mane u odnosu na tradicionalne oblike odnosa sa javnošću.

Na prvom mestu, činjenica koju nije moguće izostaviti kada je reč o razmatranju upotrebe društvenih mreža sa ciljem ostvarivanja odnosa sa javnošću jeste da u okviru društvenih mreža komunikacija teče trenutno, bez odlaganja i bez vremena za reakciju, odnosno intervenciju. Naime, u okviru društvenih mreža poruke, informacije, konekcije i iskusva korisnika se prenose bez mogućnosti kontrole lica zaduženih za odnose sa javnošću. Društvene mreže sa sobom donose mogućnost za korisnike da u svakom trenutku podele svoje mišljenje, o gotovo bilo čemu sa ostatkom javnosti, što preduzećima i kompanijama pruža mogućnost da saznaju mišljenje javnog mnjenja o njima, ali može i krajnje negativno da se odrazi na reputaciju istih (Min & Kim, 2015). Ovo svakako jeste prvi od faktora koje je važno navesti kada je reč o potencijalu i značaju korišćenja društvenih mreža posredovanih internetom u odnosima sa javnošću. Uprkos navedenoj opasnosti po reputaciju preduzeća koja može biti ugrožena od strane korisnika društvenih mreža za preduzeća iz najrazličitijih oblasti aktivnosti u okviru društvenih mreža jesu ključ uspeha odnosa sa javnošću, s obzirom na sve veći broj njihovih korisnika i sve manju zastupljenost tradicionalnih medijskih oblika. Moguće je reći da je uspeh društvenih mreža doveo do toga da oni u okiru odnosa sa javnošću postanu glavni kanal komunikacije, pri čemu je mediacioni uticaj tradicionalnih medija između kompanija i javnosti potpuno urušen (Khang, Ki & Ye, 2012).

Potencijal i značaj korišćenja društvenih mreža posredovanih internetom u odnosima sa javnošću nalazi se i u činjenici da je ciljno tržište, odnosno ciljna grupa korisnika društvenih mreža licima zaduženim za odnose sa javnošću određene kompanije dostupna 24 časa dnevno, svakog dana u godini, ne postoje teritorijalna ograničenja, granice u komunikaciji, a načini za privlačenje pripadnika ciljne grupe i stupanje u kontakt sa njima su praktično neograničeni. Stručnjaci na području odnosa sa javnošću shvataju da kvalitetna marketinška kampanja ne može zaobići oglašavanje na društvenim mrežama i realizaciju odnosa sa ciljnom grupom kupaca/korisnika, pri čemu društvene mreže koriste kako bi privukli korisnike na svoje stranice, ali i za jačanje brenda kompanije, proizvoda ili usluge (Demeterffy Lančić, 2010).

Niski troškovi koji se odnose na realizaciju odnosa sa javnošću posredstvom internet društvenih mreža svakako jeste potencijal koji donosi upotreba ovih internet formata u odnosima sa javnošću. Naime, upotreba društvenih medija je aktuelno besplatna, oglašavanje u okviru istih je moguće po višestruko povoljnijim cenama u odnosu na cene koje su podrazumevale i podrazumevaju realizaciju aktivnosti odnosa sa javnošću u okviru tradicionalnih medija kao što su televizija, radio ili novine. Između ostalog, društvene mreže korišćene za potrebe odnosa sa javnošću pružaju PR stručnjacima mogućnost da relativno brzo i jeftino posmatraju, izučavaju i razumeju kulturu, ponašanja, potrebe i stavove svoje ciljne grupe, što jeste jedna od najbazičnijih i njakompleksnijih aktivnosti na kojima se zasniva celokupan princip odnosa sa javnošću (Solis & Breakenridge, 2009). Naime, savremeni PR strulnjaci uglavnom su saglasni u tome da odnosi sa javnošću ne smeju imati isključivi focus na proizvode i usluge kompanija koje predstavljaju, već da je važno da dobro upoznaju i razumeju svoju ciljnu grupu, kako bi pronašli najadekvatniji način da joj priđu i sa njom komuniciraju. Najvažnija stvar o kojoj se mora voditi računa dok se sastavlja plan odnosa sa javnošću jeste da se na trenutak skrene focus sa proizvoda i usluga kompanije i preusmeri na kupce proizvoda Ili usluga (Wright, Khanfar, Harrington & Kizer, 2010). S obzirom na brojnost korisnika, intenzitet njihovih aktivnosti i dobrovoljnu podelu privatnih informacija o sebi i svom okruženju društveni mediji svakako jesu jedan od najadekvatnijih alata koji se koristi u ovom procesu odnosa sa javnošću.

Uprkos tome što obim ovog rada nije dovoljan kako bi detaljno bili analizirani svi potencijali i značaj korišćenja društvenih mreža posredovanih internetom u odnosima sa javnošću, ovaj odeljak rada je pružio sistematski prikaz onih ključnih i na osnovu svega navedenog moguće je zaključiti da je danas upotreba društvenih mreža deo odnosa sa javnošću koji ne može i ne sme biti zanemaren

kada je reč o kvalitetnim, uspešnim i dobro organizovanim kompanijama, preduzećima i organizacijama.

3. PREGLED RELEVANTNIH ISTRAŽIVANJA

Moguće je reći da su istraživanja koja se bave ispitivanjem potencijala i značaja korišćenja društvenih mreža posredovanih internetom u odnosima sa javnošću brojna u poslednjih nekoliko godina, te ovo jasno ukazuje, kako na teorijski, tako i na praktični značaj ove teme. Brojnost ovih istraživanja uslovila je i pojavu različitih stavova i mišljenja autora o ovoj temi, te je važno prilikom njenog razmatranja uzeti u obzir veći broj različitih gledišta istraživača koji su se do sada bavili ovom temom.
Na primer, jedno od relevantnih istraživanja jeste ono koje je realizovao DiStaso sa saradnicima (DiStaso, McCorkindale & Wright, 2011), a koje je za cilj imalo ispitivanje stavova rukovodilaca koji su zaduženi za odnose sa javnošću u internacionalnim kompanijama kada je reč o upotrebi društvenih mreža posredovanih internetom u odnosima sa javnošću. Naime, ključni zaključci ovog kvalitativnog istraživanja koje je obuhvatilo realizaciju 25 intervjua, impliciraju da većina rukovodilaca uključenih u odnose sa javnošću u svojim kompanijama razume i ističe značaj upotrebe društvenih mreža, kao i da se u njihovim kompanijama društvene mreže u odnosima sa javnošću koriste sa ciljem: uključivanja u danas najpopularnije vidove komunikacije, poboljšanja razumevanja tržišta, kupaca, konkurenata, ali i samih zaposlenih, pri čemu kompanije vide upotrebu društvenih mreža kao efikasan i efektivan, ali i isplativ način za postizanje velikog opsega komunikacije sa pripadnicima ciljnog tržišta, ali i ostatka javnosti.
Istraživanje koje jasno ukazuje na to u koliko raznolikim oblastima društvene mreže utiču na savremene principe odnosa sa javnošću jeste istraživanje u okviru koga je analizirano 275 nevladinih organizacija, odnosno njihovih profila u okviru društvene mreže Fejsbuk, sa ciljem ispitivanja na koji način posredstvom ove društvene mreže nevladine organizacije uspevaju da sa javnošću iskomuniciraju sopstvenu misiju, viziju i programme koje realizuju (Waters, Burnett, Lamm & Lucas, 2009). Važno je naglasiti da je ovo studija koja je realizovano pre tačno jedne decenije, u period kada je društvena mreža Fejsbuk bila u povoju, te je sa današnje tačke gledišta posebno zanimljivo analizirati sledeće rezultate:

- 96% analiziranih NVO poseduje opis svoje organizacije u okviru profila na Fejsbuku
- 81% analiziranih NVO je u okviru svog Fejsbuk profila postavilo link ka njihovom veb sajtu
- 71% analiziranih NVO je u okviru profila na Fesbuk-u korisnicima predstavilo svoj logo
- Svega 43% analiziranih NVO je u okviru profila na Fesbuk-u korisnicima predstavilo svoju misiju
- Svega 43% analiziranih NVO je u okviru profila na Fesbuk-u korisnicima predstavilo istorijat svog razvoja

Uprkos tome što nije moguće pronaći istraživanje sa istovetnim ciljevima novijeg datuma, jasno je da bi danas u ovakvom istraživanju bili dobijeni značajno drugačiji podaci, s obzirom na to da su društvene mreže, na pvom mestu, Fejsbuk i još njih nekoliko postale glavno sredstvo realizacije odnosa sa javnošću, kako nevladinih, tako i drugih organizacija, kompanija i preduzeća.
Kada je reč o istraživanjima ove teme u našoj zemlji, kao posebno zanimljivo istraživanje moguće je navesti ono koje je realizovala Milošević (Milošević, 2017) u okviru svoje doktorske disertacije Naime, ova autorka se bavila značajem korišćenja društvenih mreža za unapređivanje odnosa sa javnošću Vojske Srbije. Ključni nalazi njene studije upućuju na to da ukoliko je komuniciranje Vojske Srbije na društvenim mrežama posredovanim internetom razvijenije i aktivnije, utoliko su odnosi s javnošću uspešniji, odnosno veća je podrška za ciljeve, misije i zadatke Vojske. Iz ovih rezultata sledi i još jedan logičan zaključak ove studije koji glasi: što su odnosi sa javnošću razvijeniji, to je veći broj pratilaca i podrška na profilima društvenih mreža. Takođe, nalaz koji je moguće tumačiti u svetlu snage koju društvene mreže aktuelno imaju kada je reč o različitim elementima odnosa sa javnošću jeste i onaj koji upućuje na to da ukoliko obeležja interne ili eksterne ciljne grupe određuju izbor alata i strategiju pi-ara, utoliko je već njihova podrška Vojsci Srbije u kriznim situacijama. Ova studija na veoma specifičnom primeru ukazuje koji je opseg aktuelnih potencijala kada je reč o društvenim mrežama i odnosima sa javnošću posredstvom njih, jedne državne institucije kao što je vojska. Na osnovu rezultata ove studije moguće je zaključii da je aktuelno, adekvatan nastup u okviru društvenih mreža, kao i izbor strategija pristupa i komunikacije sa ciljnim tržištem jedan od najznačajnijih mehanizama odnosa sa javnošću, između ostalog, i u okviru javnih institucija i službi.
Na osnovu svega navedenog u okviru ovog odeljka rada moguće je zaključiti da je aktuelno upotreba društvenih mreža u odnosima sa javnošću jedna od posebno zanimljivih praktičnih grana istraživanja, kao i da rezultati ovih studija nude konkretne, primenjive i jasne implikacije, što možda jeste i njihov ključni doprinos.

4. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada odnosio se na analizu i pružanje kritičkog osvrta na potencijal i značaj korišćenja društvenih mreža posredovanih internetom u odnosima sa javnošću. U cilju adekvatne diskusije i zaključnih razmatraja ovog rada adekvatno je navesti citat komunikologa Watzlawick-a, a koji glasi: “komunikacija je conditio sine qua non savremenog čoveka” (Kunezik, Zipfel,Rešetar & Sušilović, 2006). Sa tim u vezi moguće je razumeti, kako intenzivnu ekspanziju društvenih mreža posredovanih internetom, tako i uticaj i značaj koji imaju na odnose sa javnošću, s obzirom na to da na vrlo jednostavan i lako dostupan način ostvaruju čovekovu potrebu za

održavanjem kulture socijalnih odnosa i komunikacije koja je u osnovi gotovo svih delatnosti savremenog čoveka.

Oblast na koju je veoma značajno uticalo širenje i razvijanje društvenih mreža svakako jeste oblast odnosa sa javnošću. Kao što je u okviru ovog rada prikazano, potencijal i značaj korišćenja društvenih mreža posredovanih internetom u odnosima sa javnošću je višestruk i kompleksan, s obzirom na to da je u uzročno-posledičnoj vezi sa većim brojem različitih faktora. Društvene mreže su svakako, na prvom mestu, olakšale komunikaciju u poslovnom svetu, omogućavajući kompanijama i njihovim predstavnicima za odnose sa javnošću brz, lak i jeftin mehanizam stupanja u kontakt sa korisnicima društvenih mreža širom sveta. Odabirom adekvtane strategije namenjene odnosima sa javnošću posredstvom društvenih mreža Da bi bolje iskoristili potencijale koje sa sobom donose društvene mreže, profesionalci koji se bave realizacijom odnosa sa javnošću u okviru njih moraju se detaljno pozabaviti pitanjima koja se odnose na strategije, taktike, veštine i kulturne specifičnosti kada je reč o odnosima sa javnošću u okviru društvenih mreža posredovanih internetom (Men & Tsai, 2012).

Uprkos tome što aktuelno nije moguće predvideti tok i smer u kome će se kretati razvoj odnosa sa javnošću kroz upotrebu potencijala društvenih mreža, jasno je da predviđanja govore u prilog tome da će uloga društvenih mreža s godinama biti sve značajnija u okviru aktivnosti odnosa sa javnošću, kao i da će broj njihovih korisnika nastaviti kontinuirano da raste. Aktuelno postoji još potencijala koji se odnose na unapređivanje metoda i tehnika odnosa sa javnošću kada je reč o njihovoj upotrebi potencijala koje sa sobom društvene mreže nose, te je važno da kompanije ulože svoje vremenske, materijalne i ljudske resurse u iznalaženje inovativnih i kreativnih načina za privlačenje i izgradnju lojalnosti korisnika društvenih mreža koji su deo njihove ciljne grupe.

Ključni nedostatak ovog rada odnosi se na to što nije primarno rad istraživačkog tipa, odnosno u okviru njega nije realizovano konkretno istraživanje. Međutim, s obzirom na relativno mali broj realizovanih istraživanja u našoj zemlji koja su se bavila pitanjem potencijala i značaja korišćenja društvenih mreža posredovanih internetom u odnosima sa javnošću, ovaj rad može biti posmatran kao adekvatna osnova za istraživanje ove i sličnih tema. Potencijalne teme kojima bi se mogla baviti istraživanja koja bi predstavljala nastavak ovog rada odnose se na ispitivanje načina na koje lica uključena u procese odnosa sa javnošću koriste profile svojih kompanija na društvenim mrežama, kako određuju strategiju nastupa na društvenim mrežama, ali i kako biraju na kojim će se sve društvenim mrežama pojaviti, a na kojim ne.

LITERATURA

[1] Anđelkovič, S. (2015). Savremene društvene mreže. Univerzitet Singidunum, master rad.

[2] Cutlip, M. Scott/ Center, H. Allen/ Broom, M. Glen, 2003.: Odnosi s javnošću, Mate, Zagreb.

[3] Demeterffy Lančić, R. (2010). Novi mediji i odnosi s javnošću. *Medijske studije*, *1*(1-2), 157-169.

[4] DiStaso, M. W., McCorkindale, T., & Wright, D. K. (2011). How public relations executives perceive and measure the impact of social media in their organizations. *Public Relations Review*, *37*(3), 325-328.

[5] Khang, H., Ki, E. J., & Ye, L. (2012). Social media research in advertising, communication, marketing, and public relations, 1997–2010. *Journalism & Mass Communication Quarterly*, *89*(2), 279-298.

[6] Kotler, Philip/ Armstrong, G., 1993.: Marketing – An Introduction, Prentice Hall, Englewood Cllifs.

[7] Kunczik, M., Zipfel, A., Rešetar, A., & Sušilović, D. (2006). Uvod u znanost o medijima i kommunikologiju.

[8] Mangold, Glynn W., Faulds, David J. (2009): Social media: The new hybrid element of the promotion mix, Business Horizons, Vol. 52 (4), pp.357-365.

[9] Men, L. R., & Tsai, W. H. S. (2012). How companies cultivate relationships with publics on social network sites: Evidence from China and the United States. *Public Relations Review*, *38*(5), 723-730.

[10] Milošević, H. (2017). Mogućnpsti i značaj korišćenja društvenih mreća posredovanih internetom za unapređenje odnosa sa javnošću vojske Srbije (Doctoral dissertation, Univerzitet "Džon Nezbit ", Fakultet za kulturu i medije).

[11] Miočić, B. (2008). Modeli odnosa s javnošću u online okruženju. *Medijska istraživanja: znanstveno-stručni časopis za novinarstvo i medije*, *14*(1), 35-50.

[12] Min, J., & Kim, B. (2015). How are people enticed to disclose personal information despite privacy concerns in social network sites? The calculus between benefit and cost. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, *66*(4), 839-857.

[13] Solis, B., & Breakenridge, D. K. (2009). Putting the public back in public relations: How social media is reinventing the aging business of PR. Ft Press.

[14] Waters, R. D., Burnett, E., Lamm, A., & Lucas, J. (2009). Engaging stakeholders through social networking: How nonprofit organizations are using Facebook. *Public relations review*, *35*(2), 102-106.

[15] Wright, E., Khanfar, N. M., Harrington, C., & Kizer, L. E. (2010). The lasting effects of social media trends on advertising. *Journal of Business & Economics Research (JBER)*, *8*(11).

Obuka perceptrona hibridizovanom metodom između Genetskog algoritma i Firefly algoritma

Perceptron training by hybridized method between Genetic algorithm and Firefly algorithm

Aleksa Ćuk[1], Uroš Dragović[1], Marko Tanasković[1], Nebojša Bačanin[1], Miloš Stanković[1]

Univerzitet Singidunum, Danijelova 32, 11000 Beograd[1]

Sadržaj - *Veštačke neuronske mreže (ANN) predstavljaju najnapredniju metodu u mašinskom učenju i sve se više primenjuju u pronalaženju rešenja za različite probleme. Ipak, zbog velike dimenzionalnosti pretrage, jedan od najvećih izazova ANN-a do danas ostaje složenost samog treninga ANN-a. Loše izabrani parametri mogu dovesti do netačnih rezultata, visokog vremena izvršavanja i produžiti razvoj mreže. Genetski algoritmi (GA) pokazali su se kao dobra tehnika za obuku ANN-ova. Da bismo prevazišli ove nedostatke, u ovom radu predstavljamo hibridizovani pristup između GA i metaheuristike inteligencije Firefly algoritma. Uključivanjem postupka iz Firefly algoritma, suzbijaju se nedostaci GA u vezi sa lokalnom stagnacijom i prevremenom konvergencijom. Predloženi hibridni pristup primenjen je za dalje višeslojno treniranje perceptrona (MLP). Simulacije su izvedene sa tri standardna skupa podataka. Na osnovu rezultata simulacije i dobijenih pokazatelja performansi, predloženi metod pokazuje snažne performanse, u smislu stope grešaka u klasifikacionom testu.*

Abstract - *Artificial neural networks (ANN) are the most advanced method in machine learning and are increasingly used in finding solutions to various problems. However, due to the large dimensionality of the search, one of the biggest challenges of ANN to date remains the complexity of ANN training itself. Poorly chosen parameters can lead to inaccurate results, high execution times and prolong development. Genetic algorithms (GA) have proven to be a good technique for training ANNs. To overcome these shortcomings, in this paper we present a hybridized approach between GA and the intelligence metaheuristics of the Firefly algorithm. By incorporating the procedure from the Firefly algorithm, GA deficiencies related to local stagnation and premature convergence are suppressed. The proposed hybrid approach was applied to further multilayer perceptron training (MLP). Simulations were performed with three standard data sets. Based on the simulation results and the obtained performance indicators, the proposed method shows strong performance, in terms of the error rate in the classification test.*

1. UVOD

Veštačka neuronska mreža (ANN) predstavlja najnapredniju metodu u domenu mašinskog učenja. Mašinsko učenje (ML) je oblast veštačke inteligencije (AI) koja omogućava računarskom sistemu da uči iz podataka. U ovoj oblasti je ubrzan rast u poslednjoj deceniji zbog povećanja brzine treninga koje su postigli GPU-ovi i duboko učenje. ANN-i su biološki inspirisani algoritmi koji oponašaju proces učenja ljudskog mozga. ANN se široko koriste u različitim oblastima, kao što su regresija, klasifikacija, prepoznavanje obrazaca i različiti problemi predviđanja. [1, 2, 3]. ANN se razlikuju od ostalih konvencionalnih metoda mašinskog učenja u smislu da uče složena nelinearna mapiranja i daju preciznije rezultate klasifikacije. ANN-ova arhitektura započinje ulaznim slojem, a završni sloj predstavlja sloj klasifikacije koji predviđa klasu. Između ulaznog i izlaznog sloja postoji jedan ili više skrivenih slojeva. Prvi sloj sadrži jednak broj čvorova (jedinica) kao broj ulaznih karakteristika, broj čvorova u skrivenom sloju je hiperparametar koji treba podesiti, a izlazni sloj predstavlja sloj klasifikacije koji ima jednak broj čvorova kao klase za predviđanje. Jedinice između različitih slojeva povezane su promenljivim težinama veze. Bajes je dodatni parametar za prilagođavanje težinske sume unosa i pomeranje rezultata funkcije aktiviranja prema negativnoj ili pozitivnoj strani. Izlazna vrednost jednog neurona izračunava se primenom funkcije aktivacije na težinski zbir i bajes na sledeći način:

$$z = a(Wx + b) \qquad (1)$$

gde z predstavlja izlaznu vrednost, a je aktivaciona funkcija, ulaz se označava sa x, W predstavlja težinu, a b je bajes. Najpopularnija funkcija aktivacije je sigmoid, ostale funkcije aktivacije su tanh I ReLU. Potrebno je odrediti vrednosti bajesa i težine i to predstavlja problem optimizacije. Za višeslojne perceptron (MLP) neuronske mreže postoje dve široko korišćene metode za optimizaciju vrednosti težina veze, obuka zasnovana na gradijentu i algoritmi stohastičke optimizacije. Bekpropagacija je algoritam zasnovan na gradijentu, koji ima nedostatak u lokalnim minimumima. Kako bismo rešili pitanje zarobljavanja u lokalnim minimumima, u ovom radu, uvodimo model za optimizaciju vrednosti težina veze hibridizovanim metaheurističkim algoritmom. Metaheuristički pristupi daju zadovoljavajuće rešenje u rešavanju problema. Stoga u ovom radu razvijamo i predstavljamo metaheuristički algoritam sa hibridizacijom Firefly algoritma(FF) i genetski algoritam (GA).

2. VEŠTAČKE NEURONSKE MREŽE

Neuronske mreže su jedan od glavnih alata koji se koriste u mašinskom učenju. Kao što „neuronski“ deo njihovog imena sugeriše, neuronske mreže su sistemi inspirisani mozgom koji imaju za cilj oponašanje načina na koji ljudi uče. Neuronske mreže sastoje se od ulaznih i izlaznih slojeva, kao i (u većini slučajeva) skrivenog sloja koji se sastoji od jedinica koje pretvaraju ulaz u nešto što izlazni sloj može da koristi.. Ako je mreža namenjena prepoznavanju objekata, prvi sloj može da analizira osvetljenost piksela. Sledeći sloj bi mogao da identifikuje bilo kakve ivice na slici, na osnovu linija sličnih piksela. Posle toga, drugi sloj može da prepozna teksture i oblike itd. Dok dostigne četvrti ili peti sloj, mreža dubokog učenja stvoriće složene detektore karakteristika. Nakon nekog vremena, mreža može da obavlja svoje zadatke klasifikacije, bez potrebe za ljudskim uticajem. Pored toga, postoje različite vrste učenja, kao što je učenje pod nadzorom ili bez nadzora, u kojem mreža uči sama pokušavajući da maksimizira svoje rezultate. Generalno, sve što ima više od jednog skrivenog sloja moglo bi se opisati kao duboko učenje. Ponekad mreže mogu imati stotine skrivenih slojeva, što je uobičajeno u nekim od najsavremenijih konvolucionih arhitektura koje se koriste za analizu slika. Broj ulaza je unapred određen skupom podataka. Kada razmotrimo konvolucione neuronske mreže, koje se koriste za proučavanje slika, kada sagledamo skrivene slojeve bliže izlazu iz duboke mreže, skriveni slojevi imaju vrlo interpretativne prikaze, poput lica, odeće itd. Međutim, ako pogledamo prve slojeve mreže, oni otkrivaju osnovne karakteristike slike, kao što su uglovi, krivine i tako dalje. Funkcija aktivacije je matematička jednačina koja određuje izlaz svakog elementa (perceptron ili neuron) u neuronskoj mreži. Uzima ulaz svakog neurona i pretvara ga u izlaz, obično između jedan i nula ili između - 1 i 1. Klasične funkcije aktivacije koje se koriste u neuronskim mrežama uključuju funkciju Step (ima binarni ulaz), sigmoid i tan. Svaki neuron ima težinu, a ulazi se množe sa težinom i ubacuju funkciju aktivacije. Izlaz svakog neurona je ulaz neurona u sledeći sloj mreže i na taj način se ulazi sakupljaju kroz višestruke funkcije aktivacije, dok na kraju izlazni sloj generiše predviđanje. Neuronske mreže se oslanjaju na nelinearne funkcije aktivacije.

3. METAHEURISTIKA INSPIRISANA PRIRODOM

Metaheuristički algoritmi su inspirisani prirodom i predstavljaju polje stohastičke optimizacije. Stohastičke metode optimizacije koriste određeni nivo slučajnosti i traže optimalna ili gotovo optimalna rešenja. Metaheuristički algoritmi su moćni u problemima optimizacije, gde je prostor za pretragu opsežan i tačan. U svakom metaheurističkom algoritmu postoje dve glavne faze, intenziviranje i diverzifikacija. Proces diverzifikacije (takođe se naziva i istraživanje) odgovoran je za globalno istraživanje prostora, dok intenziviranje (takođe nazvano eksploatacija) vrši lokalnu pretragu, oko trenutno najboljeg rešenja. Za postizanje dobrih rezultata veoma je važno napraviti dobar balans između intenziviranja i diverzifikacije. Dve glavne kategorije metaheurističkih algoritama su inteligencija rojeva (SI) i evolucioni algoritmi (EA). Algoritmi inteligencije rojeva motivisani su grupnom (kolektivnom) inteligencijom razvijenom iz prirode gde celokupna populacija teži ka inteligentnoj globalnoj akciji. Uvedeni su brojni algoritmi zasnovani na inteligenciji rojeva sa različitim dizajnom, ali svi oni imaju određene zajedničke karakteristike. Prvo, populacija se generiše nasumično u fazi inicijalizacije. Randomizacija se koristi za istraživanje prostora pretraživanja i izbegavanje zaglavljivanja u lokalnim optima. Lokacija svakog rešenja se menja nakon svake iteracije i kada algoritam zadovolji uslov prekida, vraća najbolje rešenje. Ažuriranje položaja omogućava sistemu da se razvija i približava globalnom optimumu. Metaheuristički pristupi zasnovani na inteligenciji rojeva imaju uspešnu primenu u različitim oblastima. Kao što su dizajn revolucionarne neuronske mreže u dubokom učenju [4], grupisanje slika [5, 6, 7], primena u računarstvu u oblaku za planiranje zadataka (zahtevi korisnika) itd. Svaki evolucioni algoritam uključuje sledeće elemente: definicija rešenja, slučajna inicijalizacija populacije, procena funkcije kondicije, reprodukcija, izbor, strategija zamene i kriterijumi prestanka. U svakoj iteraciji, nova

rešenja se generišu iz starih rešenja koja se nazivaju faza reprodukcije. Faza reprodukcije koristi različite operacije za stvaranje novih jedinki, takve su operacije ukrštanja i mutacije. Metaheuristička hibridizacija je vrlo uspešna kategorija metaheurističkih studija. Hibridni algoritam je paralelna ili distribuirana implementacija dva ili više algoritama. Kombinuje prednosti različitih metaheurističkih algoritama, koristeći algoritamske sastojke različitih metoda optimizacije ili mešavinu metaheuristike sa različitim metodama veštačke inteligencije. Rezultat tehnike hibridizacije je sinergijska sinteza stopljenih algoritama. Neki metaheuristički algoritmi imaju brzu konvergenciju, dok neki drugi sporo konvergiraju. Hibridni optimizatori su često znatno moćniji u pogledu stope konvergencije i kvaliteta rešenja; mogu da proizvedu efikasnije performanse i veću fleksibilnost kada se bave složenim problemima. Neophodan deo dizajna metaheurističkog algoritma je stvaranje optimalne ravnoteže globalnog istraživanja i lokalnog iskorišćavanja. Rana konvergencija je posledica male raznolikosti; s druge strane, veća raznolikost omogućava pažljivije istraživanje, omogućava istraživanje područja globalnog pretraživanja i izbegavanje zaglavljivanja u lokalnim optima. Ako je algoritam bolji u eksploataciji, ali loš u istraživanju, slab je u preskakanju sa lokalnih optima, pa je tako manje verovatno da će dobiti globalni optimum ako dati problem ima mnogo lokalnih optima, ali u slučaju da uspe da napusti lokalni optima, može dobro funkcionisati pri konvergenciji ka globalnom optimumu. Zbog toga je presudno imati pravu raznolikost u procesu pretraživanja. U procesu hibridizacije algoritam je postao složeniji; stoga je potrebno strukturu sastaviti tako da bude jednostavna za implementaciju. Mnogo je uspešnih primena hibridizovane metaheuristike u različitim oblastima. U dubokom učenju primenjuju se hibridne metaheurističke varijacije za optimizaciju arhitekture konvolucionih neuronskih mreža, procenu verovatnoće osipanja u konvolucionim neuronskim mrežama kao i različite primene u računarstvu u oblaku.

4. EVOLUCIONI ALGORITMI

Evolucioni algoritmi predstavljaju heuristički pristup rešavanju problema. Postoji nekoliko vrsta takvih algoritama, od kojih su najpoznatiji genetski algoritmi i evolucijske strategije. Oba algoritma se koriste za optimizaciju. Međutim, genetski algoritmi su višenamenski i mogu se koristiti u rešavanju problema, optimizaciji i mašinskom učenju, dok se evolucijske strategije koriste isključivo u optimizaciji. EA sadrži četiri opšta koraka: inicijalizacija, selekcija, genetski operatori i završetak. Da bi se započelo sa algoritmom, inicijalna populacija rešenja mora biti kreirana na početku. Može sadržati bilo koji broj potencijalnih rešenja. Bira se slučajnim odabirom, ali je važno da populacija uključuje širok spektar rešenja, a samim tim osiguravamo da algoritam istražuje veliki broj mogućih rešenja. Sledeći korak je izbor. Nakon odabira populacije, njeni članovi moraju da procene koristeći funkciju kondicije. Ovo je jedan od najvažnijih, ali i najtežih koraka u primeni ovih algoritama. Nakon izračunavanja svih članova, biraju se samo oni sa najboljom ocenom. Nakon izbora članova sa najboljom ocenom, treći korak započinje sa genetskim operatorima. Ovaj korak se sastoji od 2 podkoraka. Obično se biraju 2 člana koji postaju roditelji. Ovi članovi će služiti za stvaranje nove generacije u algoritmu koja će se sastojati od mešovitih roditeljskih karakteristika. Sada u generaciju moramo uvesti novi genetski materijal. Ako zanemarimo ovaj ključni korak, vrlo brzo ćemo zapeti u lokalnim ekstremima i nećemo dobiti optimalne rezultate. Ovaj korak je mutacija. Mutacija se obično javlja regulisanjem šanse da dete dobije mutaciju, kao i ozbiljnošću mutacije, raspodelom verovatnoće. Na kraju, algoritam mora biti ukinut, a postoje 2 razloga za to. Ili je algoritam dostigao neko maksimalno vreme izvršenja, ili je algoritam dostigao neki prag performansi. U ovom trenutku se bira i vraća konačno rešenje.

```
Objective function  f(x), x=(x_1,……,x_D)^T
Initialize positions of fireflies x_i (i=1,2,……,M)
Calculate Light intensities  by I_i=f(x_i)
while (t< MaxGeneration t_max) do
      for i = 1 to M, all M fireflies do
          for j = 1 to M, all M fireflies do
              if I_i > I_i then
                  Move firefly  i  toward j by Eq.(8)
              end if
          end for j
      end for i
      Evaluate new solutions f(x_i)
      Rank the fireflies and find the current global
        best g_*
end while
```

Slika 1: *Pseudokod Fire fly algoritma*

5. PODEŠAVANJE I REZULTATI SIMULACIJE

U ovom radu model je testiran na tri dobro poznata skupa medicinskih podataka, dijabetesu(diabetes), raku dojke(breast cancer) [10, 11] i SAheart [12] skupovi podataka. Skup podataka o dijabetesu ima osam karakteristika, 768 instanci i dve klase, klase pokazuju da li pacijent ima dijabetes ili ne. Skup podataka o raku dojke ima dve klase, jedna klasa označava benigne i druga klasa dijagnoze raka, skup podataka sadrži 699 instance i 9 karakteristika. Skup podataka SAheart ima 9 karakteristika, 462 instance i 2 klase, koje ukazuju na to da li pacijent ima bolesti ili ne. 2/3 celokupnog skupa podataka koristi se u svrhe obuke, dok se 1/3 koristi za testiranje modela. Koristili smo tri različite metrike za

procenu; tačnost (*acc*), specifičnost (*spec*), osetljivost (*sens*), a jednačine su formulisane kao: gde TP označava tačnu pozitivnost, TN tačnu negativnost, FP lažnu pozitivnost, a FN lažnu negativnost.

$$acc = (TP + TN)/(TP + FP + TN + FN) \quad (2)$$

$$sens = \frac{TN}{FN+TP} \quad (3)$$

$$spec = (TN)/(TN + FP\ ) \quad (4)$$

Metod	Rezultat	Acc(%)	Spec.(%)	Sens.(%)
GAFF	Najbolji	79.325	85.425	88.915
	Najgori	76.751	80.228	74.069
GA	Najbolji	77.481	89.759	63.542
	Najgori	75.191	83.133	47.917
FF	Najbolji	78.244	97.531	88.554
	Najgori	75.191	95.802	86.145

Tabela 1: *Rezulati za diabetes skup podataka*

Metod	Rezultat	Acc(%)	Spec.(%)	Sens.(%)
GAFF	Najbolji	98.325	100.000	98.295
	Najgori	95.751	96.121	97.212
GA	Najbolji	97.479	97.531	98.726
	Najgori	95.378	90.123	97.452
FF	Najbolji	97.899	98.089	97.531
	Najgori	96.639	98.089	93.827

Tabela 2: *Rezulati za breast cancer skup podataka*

Metod	Rezultat	Acc(%)	Spec.(%)	Sens.(%)
GAFF	Najbolji	79.215	83.897	87.698
	Najgori	70.331	78.958	80.659
GA	Najbolji	75.949	94.231	55.556
	Najgori	68.354	75.962	40.741
FF	Najbolji	74.051	55.556	84.615
	Najgori	69.620	48.148	79.808

Tabela 3*: Rezultati za SAHeart skup podataka*

ZAHVALNICA

Ovaj rad je podržao Fond za nauku Republike Srbije, grant #6524745, AI-DECIDE.

ZAKLJUČAK

Ova studija predlaže pristup za dalje MLP treninge hibridizacijom GA i FF algoritma. Pristup je nazvan GAFF, koji optimizuje težine veze u MLP-u. Cilj je pronaći prave vrednosti težina, što rezultira niskom stopom grešaka u ispitivanju. Za procenu učinka koristili smo dva dobro poznata medicinska skupa podataka i 3 različita pokazatelja, tačnost, specifičnost, osetljivost, Dobijeni rezultati se upoređuju sa sličnim metaheurističkim metodama. Rezultati simulacije dokazuju robusnost i efikasnost GGFF-a, Hibridizacija genetskog algoritma sa FF algoritmom čini dobar kompromis između faza diverzifikacije i intenzifikacije i izbegava zaglavljivanje u lokalnim optimama, brzu konvergenciju, kao i postizanje visoke stope tačnosti. Iz svega ovo može se zaključiti da je GAFF veoma konkurentan u odnosu na trenutne pristupe. U budućem radu ćemo uključiti druge skupove podataka velikog obima i optimizirati druge hiperparametre u mreži, kao i primeniti metodu na skupovima podataka slika.

LITERATURA

[1] Jürgen Schmidhuber. Deep learning in neural networks: An overview. Neural networks, 61:85–117, 2015.

[2] M. Braik, A. Sheta, and Amani Arieqat. A comparison between gas and pso in training ann to model the te chemical process reactor. 2008.

[3] C. Nightingale, D. J. Myers, and R. Linggard. Introduction Neural Networks for Vision, Speech and Natural Language, pages 1–4. Springer Netherlands, Dordrecht, 1992.

[4] Timea Bezdan, Eva Tuba, Ivana Strumberger, Nebojsa Bacanin, and Milan Tuba. Automatically designing convolutional neural network architecture with artificial flora algorithm. In Milan Tuba, Shyam Akashe, and Amit Joshi, editors, ICT Systems and Sustainability, pages 371–378, Singapore, 2020. Springer Singapore.

[5] Eva Tuba, Ivana Strumberger, Nebojsa Bacanin, Timea Bezdan, and Milan Tuba. Image clustering by generative adversarial optimization and

advanced clustering criteria. In Ying Tan, Yuhui Shi, and Milan Tuba, editors, Advances in Swarm Intelligence, pages 465–475, Cham, 2020. Springer International Publishing.

[6] Eva Tuba, Ivana Strumberger, Timea Bezdan, Nebojsa Bacanin, and Milan Tuba. Classification and feature selection method for medical datasets by brain storm optimization algorithm and support vector machine. Procedia Computer Science, 162:307 – 315, 2019. 7th International Conference on Information Technology and Quantitative Management (ITQM 2019): Information technology and quantitative management based on Artificial Intelligence.

[7] Ivana Strumberger, Eva Tuba, Nebojsa Bacanin, Miodrag Zivkovic, Marko Beko, and Milan Tuba. Designing convolutional neural network architecture by the firefly algorithm. In Proceedings of the 2019 International Young Engineers Forum (YEF-ECE), Costa da Caparica, Portugal, pages 59–65, 2019.

[8] Hans-Georg Beyer and Hans-Paul Schwefel. Evolution strategies – a comprehensive introduction. Natural Computing, 1(1):3–52, Mar 2002.

[9] David E. Goldberg. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, USA, 1st edition, 1989.

[10] Olvi L Mangasarian and William H Wolberg. Cancer diagnosis via linear programming. Technical report, University of Wisconsin-Madison Department of Computer Sciences, 1990.

[11] William H Wolberg and Olvi L Mangasarian. Multisurface method of pattern separation for medical diagnosis applied to breast cytology. Proceedings of the national academy of sciences, 87(23):9193–9196, 1990.

[12] JE Rossouw, JP Du Plessis, AJ Benadé, PC Jordaan, JP Kotze, PL Jooste, and JJ Ferreira. Coronary risk factor screening in three rural communities. the coris baseline study. South African medical journal= Suid-Afrikaanse tydskrif vir geneeskunde, 64(12):430, 1983.

FAKTORI KOJI UTIČU NA USVAJANJE AR TEHNLOGIJA PROŠIRENE REALNOSTI OD STRANE KORISNIKA

FACTORS AFFECTING THE ADOPTION OF AR AUGMENTED REALITY TECHNOLOGIES BY THE USERS

Teodora Lukić[1], Marija Jović[2]
Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka[1]
Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka[2]

Apstrakt – *Proširena stvarnost (Augmented reality- AR) predstavlja tehnološki sistem gde se virtuelni objekti inkorporiraju u stvaran svet, u realnom vremenu, tokom celokupnog korisničkog iskustva. AR (Augmented reality) sistem integriše stvarne i digitalne objekte u realno, fizičko okruženje. Na taj način se preiničuje i struktura potrošačkog iskustva, obezbedjujući znatne koristi kako za kompanije tako i za korisnike (Dacko, 2017) (Ronald, Survey of Augmented Reality, 1997).*

Aplikacije proširene realnosti kreiraju vrednost za potrošača kroz mogućnost stvaranja uverljivog iskustva kupovine u onlajn i oflajn okruženju (Hilken, 2017). Ove tehnologije predstavljaju inovativan način za povećanje i jačanje sposobnosti trgovaca sa jedne, i obezbedjivanje neverovatnog doživljaja kupaca sa druge strane. Proiširena realnost je pravac koji je mnogo zanimljivji i perspektivniji kako za tehnologiju tako i za celokupno čovečanstvo.

Iako su Tehnologije proširene stvarnsti stupile u novu eru, propraćenu masovnim komercijalnim investicijama, one su i dalje predmet mnogih otvorenih istraživačkih teza i žiža interesovanja velikog broja naučnika i marketing I IT stručnjaka. Ovo revolucionarno digitalno doba donosi sa sobom nove teme koje je neophodno ispitati i analizirati, ne samo sa naučnog aspekta, već i u smislu socijalnog uticaja. U skladu sa tim, ovaj rad ima za cilj da prikupljajući znanja iz prošlosti, uključujući stavove i mišljenja stručnjaka iz ove oblasti analizira faktore koji utiču na prihvatanje i usvajanje AR tehnologija kod potrošača.

Cilj ovog rada je da indetifikuje i analizira ključne faktore koji utiču na prihvatanje i usvajanje AR tehnologija iz perspektive korisnika. Polazna osnova za ispitivanje ovih komponenti jeste konvencionalni Davisov TAM model iz 1989. koji će biti prikazan u narednim poglavljima. Pored toga, biće predstavljen kritički osvrt na naučnu literaturu iz ove oblasti. Obzirom da u akademskoj literaturi koja je poprilično fragmentisana još uvek nije prisutan potpuni koncenzus, u ovoj studiji je nužno integrisati fragmentisanu literaturu detaljnim pregledom naučnih teza iz ove oblasti. U ovom radu primenjen je sistemski pregled literature, jer se on smatra odličnim rešenjem za prikupljanje fragmentisanih podataka i analizu istih. Ovaj rad predstavlja odličnu osnovu za prepoznavanje i upravljanje budućim izazovima i trendovima iz ove oblasti.

Ključne reči: Tehologija, AR, Proširena realnst, TAM model, iskustvo korisnika

RAZVOJ SISTEMA ZA KONTINUIRANO PRAĆENJE STANJA PČELINJEG DRUŠTVA
DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR CONTINUOUS MONITORING OF THE BEES SOCIETY

Andrijević Nebojša[1], Vlade Urošević[2]
Visoka tehnička škola strukovnih studija Novi Sad[1]
Fakultet tehničkih nauka Čačak[2]

Sadržaj – *Precizno pčelarstvo (PB) je strategija upravljanja pčelinjakom zasnovana na praćenju pojedinih kolonija pčela kako bi se smanjila potrošnja resursa i povećala produktivnost, pratili događaji i faktori koji neposredno utiču na život kolonije a na koji pčele ne mogu uticati.*
Senzorske tehnologije se mogu primeniti u okviru Preciznog pčelarstva za merenje različitih parametara pčelinjeg društva u realnom vremenu.
Cilj ovog rada je da pruži neke praktične primene merenja atmosferskih i meteoroloških prilika kao i promena izazvanim ljudskim faktorom. Merenja ovih parametara mogu pčelaru pružiti precizan uvid u stanje neposrednog okruženja kao i stanje u košnici i na osnovu toga se mogu preciznije utvrditi uzroci problema koji uslovljavaju promene u pčelinjim društvima.

Abstract - *Precision beekeeping (PB) is an management strategy based on monitoring individual bee colonies in order to reduce resource consumption and increase productivity, monitor events and factors that directly affect the life of the colony on which bees cannot influence.*
Sensory technologies can be applied within Precision Beekeeping to measure various parameters of the bee colony in real time.
The aim of this paper is to provide some practical applications of measuring atmospheric and meteorological conditions as well as changes caused by human factors. Measurements of these parameters can provide the beekeeper with a precise insight into the state of the immediate environment as well as the state of the hive, and based on that, the causes of problems that cause changes in bee colonies can be more precisely determined..
Keywords: *Monitoring, Precision beekeeping, Information Technologies*

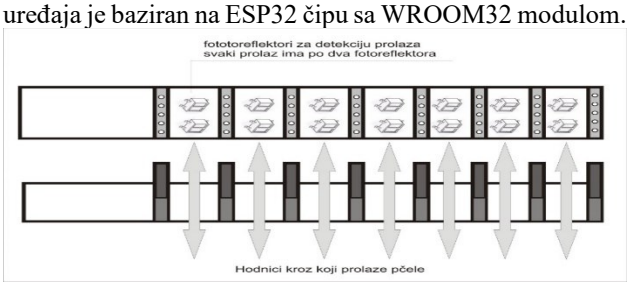
1. UVOD

Pčelarstvo je proizvodna grana poljoprivrede usko povezana sa opstankom ljudskog društva. Pčele su veoma važni insekti, ne samo za oprašivanje useva, već i zbog njihovih vrednih proizvoda. Pčele sakupljaju nektar i polen biljaka i drveća. Jedan deo pčele koriste za održavanje sopstvenog života, ali drugi deo čovek otima od njih i koristi za proizvodnju pčelarskih proizvoda, poput voska, propolisa, matice, pčelinjeg otrova, apilarnil, itd. Ovi proizvodi se koriste ili direktno kao ljudska hrana (med) ili kao sirovina za veliki broj farmaceutskih, kozmetičkih,… poslastičarskih proizvoda itd.
Glavni zadatak PB-a je razvijanje on-line alata za kontinuirano praćenje i kontrolu ponašanja pčela koristeći individualni pristup drustvu, izbegavajući izlaganje pčela dodatnom stresu ili izbegavanje neproduktivnih aktivnosti. Takođe nije moguće nadgledati svako pčelinje drustvo pojedinačno, i zato je predmet proučavanja PB pčelinje društvo.
Pored bolesti pčela, zaraza Varroa destructor i pesticida, jedan od najčešćih problema u pčelarstvu su gubici kolonija zbog nedostatka hrane u košnicama, gubitka matice i znatnih gubitaka izazvanih neuobičajenim promenama u uslovima okoline kao što su temperatura, vlažnost i dužina zimske sezone.
Pčelari se poslednjih godina susreću sa problemima masovnih pomora i migracijama pčela zbog klimatskih promena i uticaja vremenskih uslova na cvetanje u periodu kada pčele prikupljaju med. Neusaglašen tajming prilikom zaštite voća prskanjem u vreme kada je najveća frekvencija pčela. Sve ovo ne može da se reši prostim praćenjem dešavanja oko staništa pčela, ali primenom inteligentnih sistema i konstantim praćenjem parametara možemo preciznije pratiti parametre i primenom veštačke inteligencije konstatovati probleme koji ih uzrokuju.
Inteligentni monitoring u realnom vremenu o uslovima pčelinjih društava bio bi ključ za proučavanje novih bolesti poput kolapsa kolonija i da razviju nove alate za pčelarstvo kako bi poboljšali upravljanje košnicama i učinili ga efikasnijim.

2. SISTEM ZA KONTINUIRANO PRAĆENJE STANJA PČELINJEG DRUŠTVA

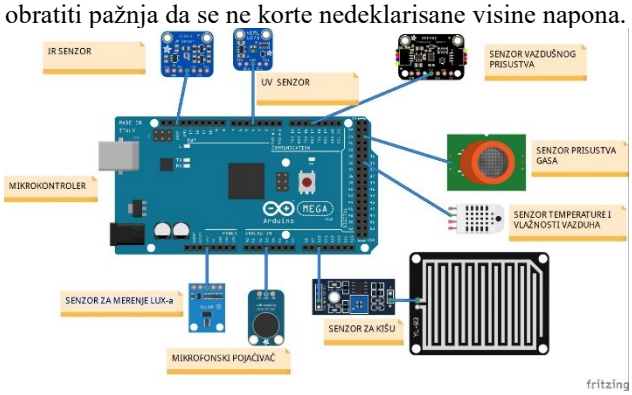
Implementacija informacionih tehnologija u pčelarstvu može da poveća znanje pčelara o ponašanju pojedinačnih pčelinjih društava i poboljšati efikasnost pčelarenja. Precizno pčelarstvo (PB) je strategija upravljanja pčelinjakom zasnovana na praćenju pojedinih kolonija pčela kako bi se smanjila potrošnja resursa i povećala efikasnost i produktivnost.
Razvoj preciznih senzora i nagli napredak primenjene mikroelektronike omogućavaju neprekidno praćenje i konstantne informacije o temperaturi, vlažnosti, UV zračenja, infracrvenog zračenja, prisutnost gasa, vetar, zvuk, vibracije košnice, brojanje pčela koje izlaze i ulaze u košnicu itd. Ove informacije u celini omogućavaju ekonomsku opravdanost i izvodljivost primene u pčelarstvu i samo pčelarstvo podižu na viši nivo.
Takođe, merenjem navedenih parametara može se uspostaviti korelacija između ovih parametara i ponašanja pčelinjeg društva. To bi omogućilo da se predvide događaji u koloniji kao što su povećana potrošnja hrane, početak uzgajanja legla, prepoznavanje stanje pre rojenja itd.
Za sprovođenje kontinuiranog merenja i preciznog monitoringa, u smislu vremeskih dimenzija

podrazumevaju se minutna merenja u konstantim vremenskim serijama, potreban je hardver koji mora biti usklađen i dizajniran tako da odgovara i ne ometa normalan život i kretanje pčela.
Ideja je bila vođena da konstantnim praćenjem različitih parametara dođemo do što preciznijih podataka o dnevnim kretanjima. Na taj način smo hteli da dođemo do odgovora o događajima koji su uticali na promene u dnevnim kretanjima pčela kao što su: smanjenim brojem ulazaka i izlazak moglo bi se zaključiti da se određeni broj pčela ili nije vratio ili uginuo pa bismo onda u odnosu na period merenja mogli zaključiti da li promena dogodila u vreme prskanja ili se desio neki drugi događaj, mogli bismo doći do preciznijih podataka o obnovi kolonije rađanjem novih pčela, napada na košnicu, poređenje mesta za pašu, uticaj posebnih naglih promena spoljašnjih i unutrašnjih, napuštanje košnica zbog prisustva gasova ili dima itd.
Oprema koja je dizajnirana i korišćena za praćenje i konstantni monitoring sastoji se od mreže mikroelektronike, senzora i kontrolera visoke preciznosti. Tačnije arhitektura hardvera se zasniva na dva zasebna uređaja. Prvi uređaj je zadužen za praćenje kretanja pčela određivanjem smera da li izlaze ili ulaze u košnicu i nalazi se na ulazu u samu košnicu. Uređaj sačinjavaju dve PCB pločice koje su višestruko pregrađene u jednake hodnike kroz koji pčele prolaze i u kojima se detektuje smer kretanja pčela (slika 1). Smer se detektuje na osnovu reflektivnih optičkih senzora kojih ima dva za svaki hodnik i u zavisnosti od toga koji se prvi trigeruje određuje se smer kretanja. Potrebno je da se aktiviraju oba fotootpornika da bi se upisao jedan prolaz. Mikrokontroler koji je srce uređaja je baziran na ESP32 čipu sa WROOM32 modulom.



Slika 1. Uređaj za detektovanje ulaza i izlaza pčela

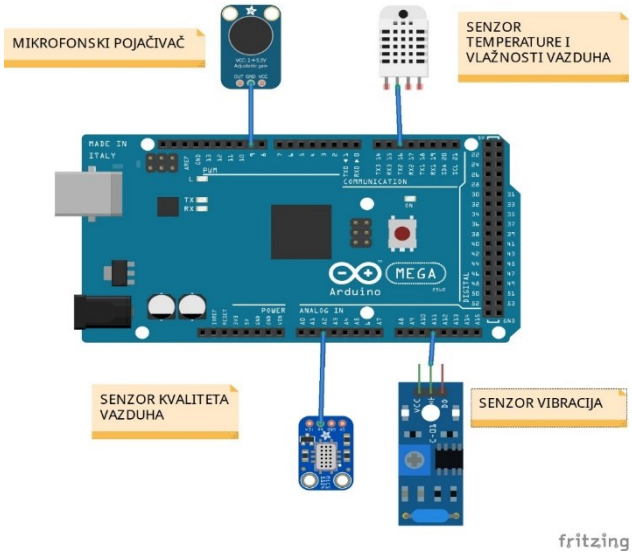
Što se samog mikrokontrolera tiče osnova je kao što je rečeno ESP32 čip sa 4MB SPI fleš memorije, poseduje micro USB ulaz preko koga može da se napaja, hardverski reset taster koji ima ugrađen automatski bootloader, zatim posebnu jedicu za napajanje kao i dodatne konektore za povezivanje sa drugim uređajima (slika 2). Opremljen je sa WiFi i bluetooth podrškom što ga čini idealnim za IoT opremanjem. ESP32 ima mnogo mogućnosti povezivanja sa višestrukim anlognim ulazima, dva analogna izlaza koji se mogu višestruko kombinovati (GPIO), UART itd. Poseduje dva jezgra i veoma brz processor na 240 MHz Tensilica LX6 mikrokontroler sa 600 DMIPS, ima integrisanu 520kb SRAM-a, 802.11b/g/n wifi komunikaciju, Bluetooth 4MB SPI fleš memorije sa WROOM32 modulom, niskošumni pojačivač, 32kHz kristalni oscilator, 3x UART-a jedan za učitavanje/otklanjanje grešaka dva za Arduino ide, 3x SPI jedan za Arduino ide, 2x I2C jedan konfigurisan za Arduino ide, 12 x ADC ulaznih kanala, 2 x I2S Audio, 2x DAC, PWM tajmer ulazno/izlazbi za svaki GPIO pin, OpenOCD interfejs za otklanjanje grešaka sa 32 kB TRAKS baferom, SDIO master / slave 50 MHz, Podrška za interfejs na SD kartici.
Što se napajanja tiče potrebno je 3.3V međutim ukoliko se priključi na napajanje od 5V sam će regulisati regulaciju napona, takođe može se povezati na bateriju koja ima mogućnost punjanja ukoliko se koristi napajanje preko USB porta.
IR senzori koji se nalaze u hodnicima kroz koji pčele prolaze su QRE1113 fotorezistori čiji se rad reguliše šift registrima i SIP otpornicima.
Mikrokontroler je izlaznim pinovima povezan sa drugim delom opreme tj. kontrolnom bazom koja služi za prikupljanje, skladištenje i distribuciju podataka.
Drugi deo opreme baziran je na razvojnom modulu arduino mega 2560 verziji R3. Arduino Mega 2560 je mikrokontrolerska ploča otvorenog koda bazirana na ATmega2560 kontroleru. Postoje i alternative cipova različitih kineskih proizvođača. Na ploči su dostupna 54 digitalna ulazno/izlazna pina od kojih 14 može da se koristi kao PWM uzlazi, 16 analognih ulaza, 4 UART-a (hardverski portovi), 16 MHz kristal oscilator, USB konektor za komunikaciju sa računarom, DC konektor za eksterno napajanje, ICSP header i reset taster. Pločica praktično poseduje jako puno proširenja za nesmetan rad mikrokontrolera. Za rad sa interfejsom potrebno je povezati ploču preko USB-a sa računarom, samim tim se vrši i napajanje pločice. Takođe postoji DC ulaz za napajanje koji poseduje regulator napona za deklarisanu snagu ukoliko se vrši napajanje jačim izvor, gde se mora obratiti pažnja da se ne korte nedeklarisane visine napona.



Slika 2. Centralni mikroprocesor sa senzorima van košnice

Za potrebe projekta smo Arduinu dodali šild za proširenje kako bismo lakše povezali više senzora kao i modula koje smo koristili za skladištenje, slanje podataka kao i različite regulatore. Izlazi za priključenje senzora su grupisani tako da se kabliranje senzora pojednostavljuje. Izdvojeno su zasebno pinovi za povezivanje modula sa SD karticom, Wifi, BT, itd.
Za povezivanje ova dva različita mikrokontrolera, koji imaju različite napone i napajanja, morali smo da regulišemo napon sa 3,3 na 5v pomoću regulatora napona kako ne bi došlo do problema u komunikaciji. Podaci su upisivani na SD kartici kojom je upravljano preko mikroSD modula konektovanim na pločici za proširenje koja ima zasebne pinove namenjene ovom modulu.
Obzirom da su snimanja konstantno obavljana na svakih 20 sekundi morali smo koristiti RTC 3231 Real time clock

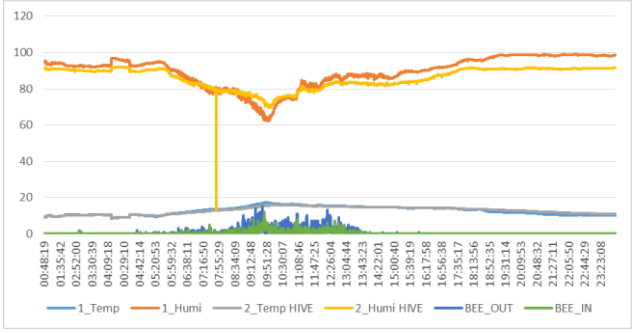
modul. Uređaj ima ulaz za bateriju, isključuje glavno napajanje i održava tačno merenje vremena.
Za merenje temperature i vlažnosti koristili smo više vrsta različitih senzora kako bismo upoređivali podatke. Jedan od korišćenih senzora je AM2302 senzor temperature i vlažnosti.
Ovaj senzor postoji i u varijaciji kao DHT-22 senzor i dolazi sa 4 pina. Sastoji se od kapacitivnog senzora relativne vlažnosti, NTC termistatora za merenje temperature kao i elektronskih komponenti za komunikaciju sa mikrokontrolerom. Ovaj senzor je veoma otporan sa visokom preciznošću ali se ne preporučuje da prilikom merenja bude izložen direktnom uticaju sunca.
Oprema je postavljena na ulazu u košnicu, senzori koji prikupljaju podatke iz neposredne blizine stavljene su sa leve strane košnice prema izlasku sunca kako bi se ispratili vremeski uslovi što preciznije. Senzori su rapoređeni na način na koji ne bi bili izloženi direktnim uticajem vremenskim uslovim, tačnije oni senzori koji ne bi smeli da budu pod direktnim uticajem već zaštićeni na način na koji ne sme biti ugrožena preciznost merenja. Drugi deo senzora se nalazi u samoj košnici takođe ugnježden na način na koji ne ometa život pčela a zaštićen u smislu da pčele nemaju direktan kontakt kako ne bi došlo do takzvanog voskiranja od strane pčela, što može dovesti do pogrešnih vrednosti pri merenju (slika 3). Svi podaci se prikupljaju u centralnom sistemu i skladište se u memoriju na svaki minut, što govori o prilično preciznim podacima obzirom da na dnevnom nivou dolazimo do preko 4000 linija merenja. Ono što treba istaći je da se istovremeno prate svi senzori unutar i van košnice a zajedno sa njima i podaci sa ulaza i izlaza pčela iz košnice konstantno 24 sata bez prekida.
Što se tiče merenja prisutnosti kiše koristili smo **MHRD senzor** kiše koji se koristi za prisustvo vode. Senor ima lampice koje kada su konektovane isključuju i uključuju lampice odnosno menjaju napon u odnosu na prisutnost vode na površini pločice. Senzor kvaliteta vazduha koji se nalazi ispred samog ulaza u košnicu detektuje između ostalog prisustvo različitih zapaljivih gasova kao što su: Amonijak NH3, Benzol i Alkohol. Senzor svetlosti koji smo koristili direktno daje vrednosti u luksima. Zapravo, meri intenzitet prema količini svetlosti koja ga udara.
Za merenje brzine vetra korisćen je standardni anemometer koji na izlazu daje napon koji se pretvara u brzinu vetra. Za snimanje zvuka, buke i frekvencije korišćen je mikrofonski senzor sa pojačivačem Electret sa modulom za podešavanje pojačanja.
Za merenje UV zračenja koristili smo napredni senzor ultraljubičastog (UV) svetla sa interfejsom protokola. Senzor uključuje fotodiodu, pojačala i analogno / digitalne sklopove u jedan čip i pruža najbolju spektralnu osetljivost za pokrivanje osetljivosti UV spektra.
Unutar košnice se nalaze senzori pomoću kojih imamo uvid u stanje u samoj košnici. Dobijene rezultate možemo uporediti sa rezultatima van košnice i naći korelacije koje utiču na kretanje pčela.



Slika 3. Senzori unutar košnice

3. ANALIZA REZULTATA

Svi podaci koji se skupljaju u toku dana šalju se bazi podataka i vrši se upis na minutnom nivou. Dnevni nivo upisa broji se u preko 4.000 merenja u toku dana i radi lakšeg praćenja upisuju se i linije merenja. Takođe podaci sa ulaza u košnicu se šalju istovremeno i uređaj čeka na dostavu podatakaa to se odnosi i na senzore unutar košnice. Dobijene rezultate možemo prikazati na više načina i pomoću njih možemo doći do nekih zaključaka kao i obrazaca kretanja koji su uslovljeni meteorološkim uslovima. Kao što je napomenuto snimanjana se vrše konstantno na dnevnom nivou na svakih 20 sekundi, što nam daje prilično precizne rezultate. Na grafičkom prikazu (slika4) možemo videti primer kretanja pčela u odnosu na temperaturu i vlažnost u košnici i van nje. Kako bismo bolje razumeli prikazane rezultate potrebno je uraditi dnevni prikaz.



Slika 4. Grafički prikaz kontinuiranog monitoringa za 24 časa

Ovde već možemo videti veliku korelaciju temperature i vlažnosti u košnici i van nje sa kretanjem pčela u periodu kada je najveća frekvencija. U periodu najvećeg kretanja vlažnost vazduha opada a temperatura raste i vidimo da su pčele najaktivnije u tom periodu. Sada već možemo praviti poređenja sa satnim intervalima, što u jednom danu, što poređenjem po danima.
Na osnovu snimljene buke i različitih frekvencija možemo da utvrdimo da li treba košnice pomeriti sa lokaliteta. Na osnovu podataka o kretanju pčela u ranim i kasnim satima

možemo predložiti periode zaštite lokalnim voćarima obzirom da kretanja pčela nisu ista u odnosu na nadmorsku visinu i lokalne klimatske uslove. Praćenjem kretanja takođe možemo utvrditi razmake u periodima izlazaka i ulazaka u smislu da li se za prikupljanje hrane kreću u neposrednoj blizini ili se duže zadržavaju što znači da su lokaliteti istrošeni i imaju manje hrane.
Korišćenjem između ostalog i neuralnim mrežama došli smo do podataka o obrascima kretanja i ponašanjima pčela u uslovima uslovljenim određenim parametrima.
Na isti način mogu se prikazati i ostali rezultati merenja i tražiti korelacije, što može umnogome pomoći pčelarima u otkrivanju razloga za pojavu određenih anomalija kao i promena koje utiču na život pčela.
Prednosti analiza su ogromne i ovde smo samo zagrebali površinu onoga što je urađeno. Sistem se unapređuje i uvode se nova merenja i praćenja kako bi se povećala efikasnost sistema.

4. ZAKLJUČAK

Kao što se može videti iz prikazanog precizno pčelarstvo dobija novu dimenziju sa konstantnim monitoringom a rezultati zahtevaju kvalitetnu analizu kako bi se iz kompleksnosti događaja mogli izvuću korisni rezultati.
Moramo krenuti od činjenice da priroda ima svoje zakone i da ih čovek svojim delovanjem izaziva ka extremitenim događajima kao što su paljenje strnjišta, prskanje u vidu zaštite u period kada pčele traže hranu, seča šuma, korišćenje otrova itd. Konstantni monitoring nam pomaže da uz pomoć veštačke inteligencije pokušamo da razumemo promene i dešavanja u pčelinjem okrušenju i sačuvamo nejvrednija bića na svetu.

LITERATURA

[1] Meikle, W.G., Holst, N. Application of continuous monitoring of honeybee colonies. *Apidologie* **46,** 10–22 (2015). https://doi.org/10.1007/s13592-014-0298-x.

[2] Clarke, D., Robert, D. Predictive modelling of honey bee foraging activity using local weather conditions. *Apidologie* **49,** 386–396 (2018). https://doi.org/10.1007/s13592-018-0565-3.

[3] Yue, Y., Cao, L. & Luo, Z. Hybrid Artificial Bee Colony Algorithm for Improving the Coverage and Connectivity of Wireless Sensor Networks. *Wireless Pers Commun* **108,** 1719–1732 (2019). https://doi.org/10.1007/s11277-019-06492-x.

[4] K. Dineva, T. Atanasova, Computer system using internet of things for monitoring of bee hives, 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017, www.sgemviennagreen.org, SGEM2017 Vienna GREEN Conference Proceedings, ISBN 978-619-7408-29-4 / ISSN 1314-2704, 27 - 29 November, 2017, Vol. 17, Issue 63, 169-176 pp; DOI: 10.5593/sgem2017H/63/S25.022.

[5] Olivier Debauche, Meryem El Moulat, S. Mahmoudi, S. Boukraa, P. Manneback, F. Lebeau, Web Monitoring of Bee Health for Researchers and Beekeepers Based on the Internet of Things, The 9th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies (ANT 2018) / The 8th International Conference on Sustainable Energy Information Technology (SEIT-2018) / Affiliated Workshops.

[6] https://www.adafruit.com/ Poslednja poseta 12.02.2021. god.

[7] https://www.arduino.cc/ Poslednja poseta 12.02.2021. god.

[8] https://fritzing.org/ Poslednja poseta 12.02.2021. god.

[9] https://github.com/ Poslednja poseta 12.02.2021. god.

[10]

PREPOZNAVANJE LICA U PRISUSTVU MEDICINSKIH ZAŠTITNIH MASKI
FACE RECOGNITION IN THE PRESENCE OF MEDICAL PROTECTIVE MASKS

Srđan Marković[1], Vladimir Jocović[1], Marko Mišić[1]
Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet [1]

Sadržaj – *Sa sve većom dostupnošću nadzornih i drugih kamera prepoznavanje lica je postalo popularna biometrijska tehnika za proveru identiteta korisnika. Koristi se u širokom spektru aplikacija za identifikaciju i autentifikaciju osoba. Prepoznavanje lica predstavlja problem računarske vizije i mašinskog učenja, a današnja rešenja su uglavnom zasnovana na upotrebi neuralnih mreža. Zbog novonastale situacije izazvane pandemijom virusa COVID-19 u mnogim situacijama je obavezna upotreba medicinskih zaštitnih maski. Zaštitne maske prekrivaju veći deo lica što otežava proces prepoznavanja lica. U okviru ovog rada će biti predstavljen problem prepoznavanja lica u prisustvu medicinskih zaštitnih maski. Implementiran je softverski sistem koji rešava ovaj problem. Rešenje je zasnovano na korišćenju konvolucione neuralne mreže zasnovane na ResNet arhitekturi i metode prenosa znanja. U radu su prikazani dobijeni rezultati i izvršena njihova diskusija.*

Abstract *- Face recognition has become a popular biometric technique for verifying the identity of users with the increasing availability of surveillance and other cameras. It is used in a wide range of applications for identification and authentication of persons. Face recognition is a computer vision and machine learning problem. Modern solutions are mostly based on the use of neural networks. Due to the COVID-19 virus pandemic, the use of medical protective masks is mandatory in many situations. Protective masks cover most of the face, making it difficult to recognize. In this paper, the problem of face recognition in the presence of medical protective masks is presented. A software system has been implemented that solves this problem. The solution is based on the use of a convolutional neural network based on the ResNet architecture and transfer learning method. The paper presents the obtained results and discusses them.*

1. UVOD

Prepoznavanje lica je popularna biometrijska tehnika za proveru identiteta koja ima široko rasprostranjen spektar korišćenja. Koristi se u svrhe identifikacije i autentifikacije osoba prilikom ulaska u prostorije sa ograničenim pravom pristupa. Ima široku primenu u bezbednosnim službama, kao što su policija i vojska, gde se ovakav softver koristi za kontrolu kretanja osoba od interesa, a koristi se i u svakodnevnom životu, kao prilikom otključavanja pametnih telefona i sličnih uređaja.

U prošlosti je prepoznavanje lica bio zanimljiv izazov za istraživače na polju računarske vizije. Preciznije se ovaj problem može kategorisati kao jedan od problema mašinskog učenja, jer se treningom rezultati na test skupu podataka poboljšavaju. Takođe, problem spada i u grupu problema klasifikacije, jer se vrši prepoznavanje osoba, odnosno povezivanje lica sa slike sa ličnim imenom. Time svaku osobu prepoznatu na slici pridružujemo jednoj od klasa predefinisanih tokom treninga. Sa razvojem tehnologije u oblasti mašinskog učenja, naročito konvolucionih neuralnih mreža, došlo je i do proboja i postizanja izuzetnih rezultata u oblasti prepoznavanja lica. Samim tim su sistemi za detekciju lica sve češće bili upotrebljavani za autentifikaciju korisnika u različitim višekorisničkim informacionim sistemima, umesto tradicionalne upotrebe korisničkog imena i šifre.

Situacija koje je od 2020. godine pogodila čitavu planetu je pandemija koronavirusa COVID-19. Upravo je prethodno opisani način za autentifikaciju korisnika danas dosta pogodan, jer se tako može izbeći korišćenje tabli za unošenje korisničkih kredencijala koje potencijalno dodiruje mnogo ljudi. Ipak, mere koje se preduzimaju povodom pandemije COVID-19 takođe utiču na prepoznavanje lica. Razlog je obaveza nošenja zaštitnih maski da bi se sprečilo širenje virusa. Ljudi širom sveta su počeli da nose raznolike zaštitne maske, od jednostavnih medicinskih zaštitnih maski, šarenih pamučnih maski, do malo specifičnijih epidemioloških maski. Svaka vrsta maski na različit način otežava softverima za prepoznavanje lica da uspešno identifikuju osobu. Maske zaklanjaju veći deo lica i tako prepoznavanje postaje teže i za samog čoveka, a pogotovo za softver, što je problem obrađivan u otvorenoj literaturi [1][2][3].

U nastavku ovog rada će biti predstavljen problem prepoznavanja lica u prisustvu medicinskih zaštitnih maski, kao i realizacija prototipa sistema koji koristi više korisnika. Za autentifikaciju korisnika biće korišćen metod prepoznavanja lica. Sistem će definisati skup korisnika koji njemu imaju pristup, uz pridruživanje uloga korisnicima sistema. Zadatak sistema je da po prepoznavanju lica korisnika, u zavisnosti od uloge korisnika, dozvoli odgovarajuće privilegije pristupa sistemu. Ukoliko autentikaciju na sistem pokuša korisnik koji nije definisan u bazi korisnika, sistem treba da zabeleži informaciju da je pokušana autentikacija nepoznatog lica.

Rad je podeljen na nekoliko poglavlja. U drugom poglavlju je predstavljen opšti problem prepoznavanja lica. Treće poglavlje daje osvrt na rešavanje problema prepoznavanja lica u prisustvu medicinskih zaštitnih maski. U četvrtom poglavlju su prikazani arhitektura sistema i detalji implementacije. U petom poglavlju su diskutovani rezultati, dok je u šestom poglavlju dat zaključak rada.

2. PROBLEM PREPOZNAVANJA LICA

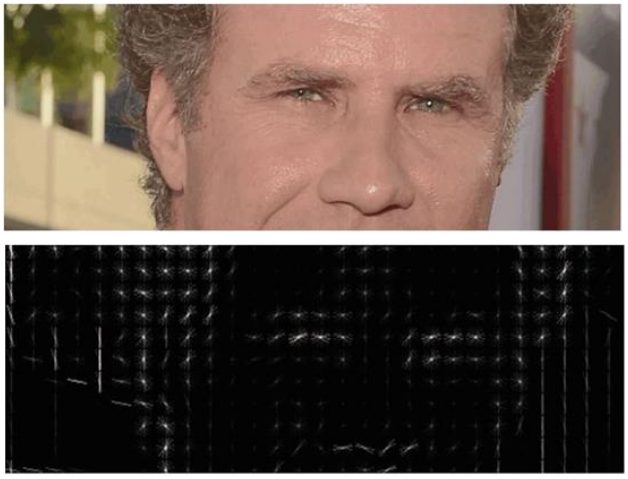
Sistem za prepoznavanje lica vrši komparaciju priložene slike lica sa slikama lica iz njegove baze podataka. Takvo poređenje zahteva uvođenje kvantitativne metrike koja će definisati stepen sličnosti neka dva lica koja se porede. Međutim, ne treba vršiti poređenje kompletnih slika, već izvršiti ekstrakciju lica sa slike i njegovo preslikavanje u *n*-dimenzionzioni prostor (vektor), a zatim izvršiti poređenje dva takva vektora da bi se uporedila dva lica na sličnost. U ovom slučaju izabrano je da ti vektori budu dimenzije 128. Metrika za poređenje sličnosti dva lica (dva 128-dimenziona vektora) definiše se kao euklidska distanca ta dva vektora. Što je ta distanca manja, to su dva vektora približnija i samim tim su dva lica koja se porede sličnija.

Euklidska distanca je najpogodnija za ovakvu vrstu problema poređenja dva vektora. Definiše se kao koren iz sume razlika kvadrata po svakoj od dimenzija dva vektora. Druge metrike mogu biti Menhetn distanca, definisana kao apsolutna razlika vektora po svakoj od dimenzija ili Čebiševljeva distanca, definisana kao maksimalna apsolutna razlika po svakoj od dimenzija dva vektora.

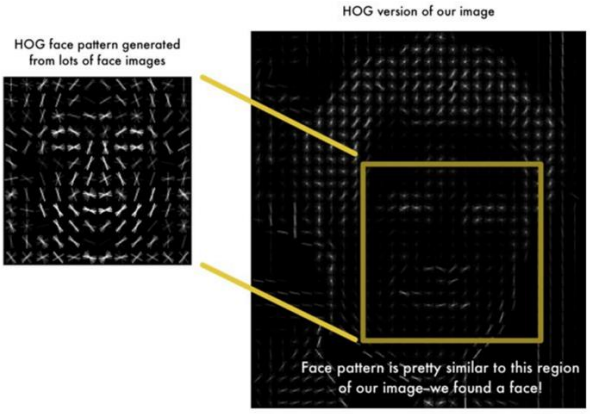
Da bi se pristupilo poređenju dva lica mapiranjem na dva vektora i njihovim poređenjem, prethodno je neophodno izvršiti detekciju lica na slikama. Takođe, treba imati u vidu da lice neće uvek biti prikazano frontalno na slici, već je moguće da bude prikazano rotirano za određeni ugao. Pored toga, lice ne mora biti prisutno u sredini slike.

Komponenta za detekciju lica u realizovanom sistemu koristi tehniku *Histogram of Oriented Gradients* (*HoG*) [4]. Suština ove tehnike je da se najpre slika u boji prevede u crno-belu sliku, a nakon toga se za svaki blok piksela takve slike poredi koliko je on taman u odnosu na blokove piksela koji su mu susedi. Ideja je zameniti svaki blok piksela njegovim gradijentom, odnosno strelicom koja će pokazivati ka najtamnijem susednom pikselu. Na taj način, korišćenjem gradijenata razrešava se problem nedovoljne ili prekomerne osvetljenosti lica na slici. Gradijenti bi, za takve dve slike, trebalo da ostanu slični.

Problem gradijenata je što zahtevaju čuvanje većeg broja informacija nego pikseli, što za posledicu ima kompleksnija i sporija algoritamska izračunavanja, kao i veće zauzeće memorije. Da bi se prevazišao takav problem, uobičajeno se vrši podela slike na kvadrate (blokove) dimenzija 16x16 piksela, a zatim sumiranje gradijenata za svaki kvadrat na nivou kvadrata, kao što je prikazano na Slici 1. Ovo je moguće, jer nije neophodno posmatrati datu sliku na niskom nivou, odnosno pamtiti gradijente na nivou pojedinačnog piksela. Detekcija lica se obavlja poređenjem delova tako dobijene slike sa poznatim, široko dostupnim šablonima lica dobijenim pretvaranjem labeliranih lica u ovakav format slike. Za deo slike gde je razlika u odnosu na šablon manja od specificirane, pretpostavićemo da se nalazi lice, kao što je moguće videti na Slici 2.

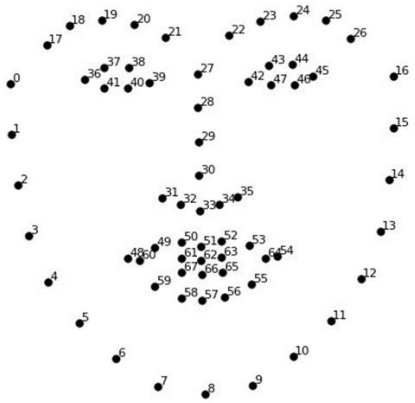


Slika 1. Prikaz određivanja gradijenata slike korišćenjem tehnike *Histogram of Oriented Gradients* (HoG) [5]



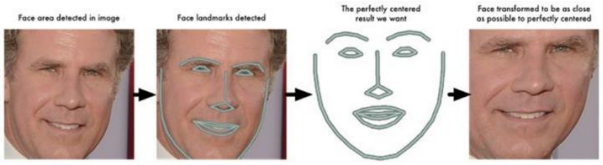
Slika 2. Prikaz detekcije lica osobe na crno-beloj slici poređenjem delova slike sa predefinisanim šablonima [5]

Činjenica da lica nisu uvek okrenuta frontalno na slici, već potencijalno zarotirana za određeni ugao, može imati veoma veliki uticaj na performanse i uspešnost algoritama za prepoznavanje lica. Stoga, ponekad je potrebno izvršiti rotaciju lica tako da se određena bitna svojstva lica (usne, oči itd.) uvek nalaze na uvek odgovarajućim pozicijama na svakoj slici. Preduslov za takvu transformaciju je identifikacija ključnih tačaka na licu, kao što su tačke na bradi, ivice očiju, obrva, usta itd. U realizovanom sistemu koristi se 68 ključnih tačaka po uzoru na [6] koje je moguće videti na Slici 3.



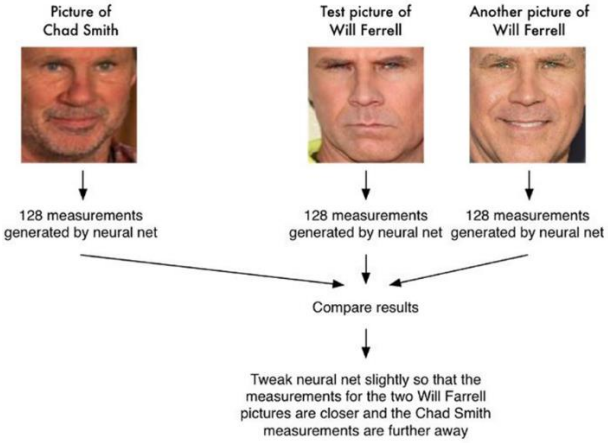
Slika 3. Prikaz ključnih tačaka lica [6]

Nakon identifikacije ključnih tačaka lica na proizvoljnoj slici, neophodno je primeniti afine transformacije kako bi se ključne tačke lica dovele u odgovarajući, centralni položaj. Ovakvu transformaciju proizvoljne slike lica moguće je videti na Slici 4.



Slika 4. Prikaz identifikacije ključnih tačaka lica na slici i primene afine transformacije [5]

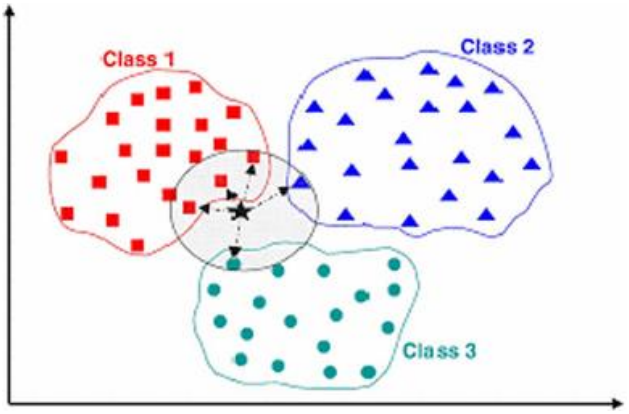
Da bi se izvršilo preslikavanje detektovanog lica sa slike u *n*-dimenzioni vektor, potrebno je odrediti koje osobine lica će biti mapirane na taj isti vektor. U samom početku razvoja algoritama za prepoznavanje lica, istraživači su sami birali osobine lica koje su smatrali bitnim, kao što su dužina i oblik nosa, boja i razmak između očiju i sl. Međutim, vremenom se pokazalo da se bolji rezultati rada algoritma dobijaju prepuštanjem određivanja takvih odlika samom algoritmu, kao što je određivanje koeficijenata prilikom treniranja neuralne mreže. Pritom, treniranje neuralne mreže se ne sprovodi na klasičan način (da se za navedeni ulaz dobije određeni izlaz), već će se koristiti tehnika *Triplet loss* [7], kako bi se mreža istrenirala da za dve slike iste osobe proizvede dva vrlo slična vektora.



Slika 5. Ilustrativni prikaz primene tehnike *Triplet loss [5]*

Tehnika *Triplet loss* funkcioniše tako što se u svakoj iteraciji treniranja koriste tri slike. Dve slike su od lica jedne iste osobe, a na jednoj slici se nalazi lice neke druge osobe, kao što se može videti na Slici 5. Gubitak (*loss*) se dobija poređenjem dva vektora koji predstavljaju mapiranje lica iste osobe sa dve slike i, ukoliko je razlika veća, vrši se veće kažnjavanje neuralne mreže. Takođe, vrši se poređenje i ta dva vektora sa vektorom lica druge osobe i, ukoliko je razlika manja, vrši se kažnjavanje neuralne mreže. Takva tehnika treniranja ima za posledicu približavanje dva vektora lica koji pripadaju jednoj istoj osobi i udaljavanje dva vektora lica koji pripadaju različitim osobama.

Poslednji korak u ovom procesu je povezivanje dobijenog vektora lica, čija se identifikacija pokušava, sa imenima dostupnim u internoj bazi podataka. Postoji više različitih načina da se izvrši takva klasifikacija i u ovom slučaju izabran je algoritam klasifikacije *k*-najbližih suseda (*k-nearest neighbours*). Algoritam klasifikacije funkcioniše tako što poredi euklidsku distancu vektora čija se identifikacija pokušava sa podacima u bazi podataka i vraća *k* vektora čije su euklidske distance najmanje. Osoba koja je dobila najviše glasova, odnosno čiji se najveći broj vektora lica nalazi u tih *k* vektora, proglašava se pobednikom i predstavlja rezultat klasifikacije [8], kao što je moguće videti na Slici 6. Ukoliko je broj takvih glasova *n*, onda algoritam sa sigurnošću *n / k* tvrdi da je osoba čija je identifikacija pokušana u stvari i osoba koja predstavlja rezultat klasifikacije.



Slika 6. Ilustrativni prikaz rada klasifikacionog algoritma *k-nearest neighbours [9]*

Za potrebe rešavanja ovog problema najpre je formiran skup podataka sa *n* različitih osoba koje su na slikama pravile različite izraze lica. Na svakoj slici se nalazi po jedna osoba i te slike su labelirane tekstualnim identifikatorom te osobe, a takođe i identifikatorom da li osoba na toj slici nosi masku ili ne. Tako formiran skup podataka je korišćen kao baza podataka za prepoznavanje koju koristi realizovani sistem za prepoznavanje lica i koji predstavlja skup podataka sa kojima će realizovani sistem biti treniran.

Za testiranje realizovanog sistema korišćen je novi skup slika koji predstavlja skup podataka koji nije poznat sistemu (ne nalazi se u njegovoj bazi podataka). Takav skup podataka, pored slika ljudi čije se slike sa različitim izrazima lica već nalaze u bazi podataka sistema, čine i slike na kojima se nalaze ljudi nepoznati sistemu, odnosno ljudi čije se slike ne nalaze u bazi podataka sistema. Zadatak realizovanog sistema je da odredi identitet osobe sa priložene slike. Utvrđeni identitet osobe biće naznačen na slici okvirom pravougaonog oblika uz koji će biti napisan tekstualni identifikator te osobe.

3. DETEKCIJA LICA SA ZAŠTITNIM MASKAMA

Globalna pandemija izazvana pojavom koronavirusa COVID-19 dovela je do uvođenja različitih zdravstvenih mera u svim državama. Međutim, u gotovo svakoj državi

obavezna mera je nošenje zaštitne maske, koja prekriva usta i nos, za lica koja borave u zatvorenom prostoru. Prema tome, postoji potreba za detekcijom lica koja nose maske, što je inspirisalo slična istraživanja [10]. Imajući u vidu prethodno navedeno, ideja je prilagoditi realizovani sistem novonastaloj situaciji i samim tim ga učiniti svrsishodnijim potrebama današnjice. Posledica koja proizilazi iz toga je da će biti zabranjeno pravo pristupa simuliranom sistemu onim korisnicima koji ne nose zaštitne maske preko lica. Dodatno, realizovani sistem će prepoznavati i posedovanje zaštitne maske na licu osobe koja pokušava autentifikaciju.

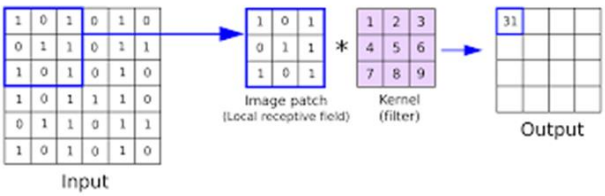
Međutim, u prethodnom poglavlju je navedeno da se karakteristike lica koje neuralna mreža koristi ne određuju manuelnim putem, već ih algoritam sam određuje tokom procesa treniranja neuralne mreže. Stoga, teško je diskutovati o performansama realizovanog sistema ukoliko mu se predoče slike sa ljudima koji na licu nose masku, bez njegovog prethodnog testiranja nad takvim podacima. Pređašnja istraživanja na temu bitnih odlika u prepoznavanju lica eksperimentalno su utvrdila da je gornji deo lica, naročito oči, najznačajniji u postojećim rešenjima za prepoznavanje lica [11]. Imajući tu činjenicu u vidu, ne bi trebalo da se očekuje preveliki pad performansi realizovanog sistema.

Testiranjem prethodno realizovanog sistema nad skupom podataka gde su prikazani ljudi sa maskama preko lica, utvrđen je pad u performansama sistema. Preciznost je značajnije opala (sa prethodnih 92 na 58 posto). Glavni razlog ovakve degradacije performansi je nemogućnost realizovanog sistema da izvrši detekciju lica u okviru slike, što je manifestovano u 27 posto slučajeva. Ukoliko se takvi slučajevi otpišu, realizovani sistem uspeva da ispravno detektuje osobu u nešto više od 79 posto slučajeva, što potvrđuje činjenicu da je glavni krivac za degradaciju performansi upravo nemogućnost dela sistema da detektuje lice u okviru slike, a ne deo sistema koji vrši samu identifikaciju osobe na slici.

4. ARHITEKTURA REŠENJA I DETALJI IMPLEMENTACIJE

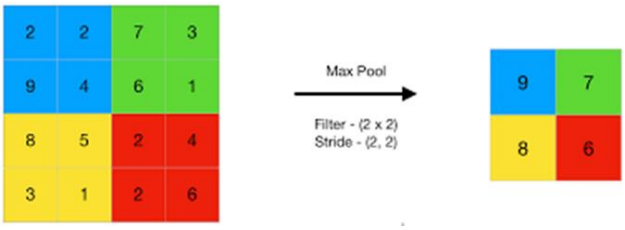
Osnovu realizovanog sistema čine konvolucione neuralne mreže, kao jedna od najrasprostranjenijih tehnologija za rad sa slikama i video zapisima [12]. Konvoluciona neuralna mreža predstavlja neku vrstu regularizovane, potpuno povezane mreže perceptrona. Glavni razlog za njihovu široku popularizaciju u ovakvim obradama je otpornost konvolucionih neuralnih mreža na bilo koje translacije objekata na slici korišćenjem tehnike deljenih ivica [13]. Na taj način se prevazilazi problem koji nastaje ukoliko se pokuša treniranje neuralne mreže koristeći skup podataka slika na kojima se lica uvek nalaze u određenim delovima slike.

Konvolucioni sloj je osnova konvolucionih mreža. Na ulaze konvolucionog sloja dovodi se slika, u nešto izmenjenom formatu. Ukoliko je dimenzija slike *3n x 3n*, na ulazu konvolucionog sloja dovodi se kvadar dimenzija *3n x 3n x 3*, pri čemu je po jedna matrica definisana za svaku od boja crvena, zelena i plava. Osnovna ideja tehnike deljenih ivica je iteriranje zadatim korakom po matricama ovog kvadra koristeći grupu filtera predefinisanih dimenzija. Filteri su povezani sa težinama koje se menjaju u fazi obučavanja neuralne mreže. Izlazi iz filtera dobijaju se na sličan način kao i kod regularnih neuralnih mreža – sabiranjem umnožaka odgovarajućih vrednosti iz matrice i težina filtera, kao što se vidi na Slici 7. Za svaki par filter-ulazna matrica nastaje jedna nova matrica na izlazu. Ukoliko je korišćeno 100 filtera dimenzija *3 x 3* i korak pomeranja filtera je 3, izlaz ovog konvolucionog sloja predstavljaće kvadar dimenzija *n x n x 300* i on predstavlja ulaz u sledeći sloj mreže [14].



Slika 7. Primena filtera nad ulaznim podacima [14]

S obzirom da su moguće veoma velike dimenzije slika na ulazu, to za direktnu posledicu ima veći broj neurona sa kojima neuralna mreža radi, kao i veoma veliko vreme neophodno za obučavanje takvog modela. Pored toga, ukoliko je odluka koju mreža treba da donese binarna, mora postojati način za smanjivanje tako velikog broja neurona. Upravo iz tog razloga koristi se sloj sažimanja (*pooling*). Ovaj sloj koristi kvadrate manjih dimenzija (tipično *2x2*) i njima iterira po ulazu u ovaj sloj. Na izlazu sloja sažimanja svaki ovakav kvadrat se menja tačno jednom vrednošću, kao što je prikazano na Slici 8. Postoji nekoliko tehnika koje se mogu koristiti za mapiranje kvadrata u jednu vrednost, kao što su maksimalna vrednost u kvadratu ili prosečna vrednost zbira vrednosti u kvadratu.

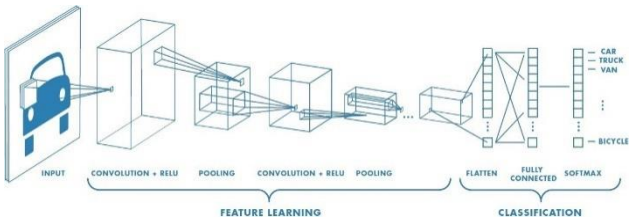


Slika 8. Primena tehnike *Max Pool* u sloju sažimanja [14]

Na izlazu konvolucione mreže nalazi se sloj neurona potpuno identičan sloju iz regularnih neuralnih mreža. U slučaju binarnog klasifikatora to će biti dva neurona pri čemu izlaz svakog od njih predstavlja verovarnoću da ulaz te mreže pripada baš toj klasi. Potpuno povezani sloj predstavlja mesto povezivanja izlaza iz jednog od konvolucionih slojeva sa jednim regularnim slojem. Upravo na tom mestu vrši se povezivanje svakog neurona iz prethodnog sloja sa po jednim neuronom iz sledećeg sloja neuralne mreže, odnosno u slučaju konvolucionih neuralnih mreža svaki element kvadra povezan je po jednom težinskom granom sa svakim čvorom iz regularnog sloja neuralne mreže.

Imajući u vidu navedene tipove slojeva neuralne mreže, moguće je opisati arhitekturu mreže koja je korišćena za klasifikaciju i koja je prikazana na Slici 9. Ona se sastoji iz sledećih slojeva:

1. Prvi konvolucioni sloj – Na ulazu prihvata slike dimenzija *150 x 150* piksela u *RGB* formatu. Ovaj sloj sadrži 100 filtera dimenzija *3 x 3*.
2. Prvi sloj sažimanja – Ovaj sloj koristi kvadrate dimenzija *2 x 2*, njima iterira po ulazu u ovaj sloj i uzima maksimume iz tih kvadrata.
3. Drugi konvolucioni sloj – Identičan prvom konvolucionom sloju.
4. Drugi sloj sažimanja – Identičan prvom sloju sažimanja.
5. Prvi potpuno povezani sloj – Ovaj sloj sadrži 50 neurona, pri čemu je svaki neuron povezan težinskom granom sa svakim elementom kvadra dobijenim na izlazu iz prethodnog sloja mreže.
6. Drugi potpuno povezani sloj – Ovaj sloj sadrži 2 neurona, pri čemu su oba neurona povezana sa svakim od 50 neurona iz prethodnog potpuno povezanog sloja mreže. Upravo izlazi iz ova 2 neurona predstavljaju vrednosti da osoba nosi masku na licu ili ne.



Slika 9. Arhitektura korišćene konvolucione mreže [15]

Rešenje prikazano u ovom radu koristi konvolucionu neuralne mreže zasnovanu na *ResNet* arhitekturi i metodu prenosa znanja za dodatno obučavanje modela (eng. *transfer learning*), što je poznata tehnika već primenjivana kod sličnih problema [1]. Mreža se koristi za preslikavanje lica sa slike u odgovarajući vektor odlika. Sama *ResNet* arhitektura je originalno trenirana sa preko 15000 slika ljudskih lica, a sastoji se od preko 70 konvolucionih slojeva. Zbog velike zahtevnosti postupka treniranja, originalna *ResNet* mreža je trenirana na superračunarskom sistemu.

5. REZULTATI I DISKUSIJA

Najpre je realizovani sistem testiran novim skupom slika sa osobama koje se nalaze u bazi, ali takođe i sa nepoznatim osobama, kako bi se testirala efikasnost inicijalnog rešenja za prepoznavanje lica. Softverski sistem treba da identifikuje o kojoj osobi se radi. Implementirani sistem treba da označi identifikovano lice okvirom i imenom prepoznate osobe. Takođe zbog novih mera zaštite koje su na snazi širom planete, u Srbiji kao i u mnogim drugim zemljama je obavezno nošenje maski u zatvorenim prostorima. U tom smislu detekcija lica sa ili bez maske postaje značajna. Stoga je dodatno istrenirana mreža koja radi kao binarni klasifikator i za detektovana lica na slici govori da li nose masku ili ne. Za testiranje je korišćen skup podataka sa određenim brojem lica koja nose masku i određenim brojem lica koja su bez maske.

Originalno rešenje zasnovana na ResnNet arhitekturi je testirano sa bazom koja u sebi sadrži slike 7 različitih osoba. Postignuta je tačnost oko 0.92. Greške se događaju uglavnom usled nemogućnosti da softver detektuje lice, a kada ga detektuje skoro u 100 posto slučajeva uspeva da ispravno identifikuje osobu.

Mreža je dodatno istrenirana za prepoznavanje lica u prisustvu medicinskih zaštitnih maski korišćenjem formiranog skupa podataka. Formirani skup podataka je obuhvatao 1376 slike od kojih 690 ljudi koji nose zaštitne maske i 686 ljudi koji ih ne nose, podeljenih na trening i test deo. Trening je sproveden u 10 epoha, što se može videti na Slici 10. Za treniranje je korišćen *Adam* optimizator iz odgovarajućih paketa *TensorFlow* i *Keras* programskog jezika Python. Stopa učenja je empirijski postavljena na vrednost 0.001.

Na Slici 10 možemo primetiti kako se ponašao model tokom treninga. Primećuje se da je relativno mali broj epoha potreban da bi model postigao dobre rezultate. Funkcija gubitka vrlo brzo pada, a uspešnost modela raste. Takođe, može se primetiti da linije koje odgovaraju skupu za validaciju prate linije trening skupa što znači da ni u jednom trenutku nije došlo do preobučavanja mreže. Primećuje se da model dobro radi i na skupu podataka koji prethodno nije video. Ostvarena je preciznost modela od 0.87 sa odzivom od 0.98, što je određeno na osnovu matrice konfuzije koja je data u Tabeli 1. Rezultat je tek nešto slabiji u odnosu na one iz otvorene literature, gde se upotrebljavaju značajno kompleksnije mreže [1][2][3].

Slika 10. Prikaz preciznosti modela i greške na trening skupu podataka i skupu za validaciju

Tabela 1. Matrica konfuzije

	Lica sa maskom	**Lica bez maske**
Lica za koje sistem tvrdi da nose masku	**95**	**14**
Lica za koje sistem tvrdi da ne nose masku	**2**	**83**

Primećeno je da je problem detekcije lica osobe sa maskom u okviru slike veći problem od same identifikacije lica osobe. Poboljšanja realizovanog sistema moguća su u pogledu načina detekcije lica osobe u okviru slike, gde se vrši poređenje gradijenata crno-bele slike sa postojećim šablonima lica. Ukoliko osoba nosi masku, tada gradijenti izgledaju drugačije od očekivanih, pa iz tog razloga mera sličnosti sa dostupnim šablonima lica ne uspeva da pređe specificiranu granicu. Ovo je uglavnom posledica homogenih boja većine zaštitnih maski koje se koriste.

6. ZAKLJUČAK

U okviru ovog rada je obrađen problem prepoznavanja lica u prisustvu medicinskih zaštitnih maski. Opisani su detalji izrade sistema za identifikaciju osoba na osnovu njihovog izgleda lica. Takođe, sistem je sposoban i da klasifikuje osobe na one koje nose zaštitnu masku i one koje je ne nose.

Radom je obuhvaćeno i kreiranje skupa podataka korišćenih za treniranje i testiranje, kao i merenje uspešnosti rada ovog sistema. Takođe izrađena su i dve demo aplikacije koje prikazuju rad sistema u realnom vremenu. Sistem je napisan korišćenjem programskog jezika Python uz korišćenje biblioteka *TensorFlow* i *Keras*. Ove biblioteke u značajnoj meri smanjuju utrošeno vreme na izradu i treniranje modela i dozvoljavaju da se više vremena posveti razmišljanju o arhitekturi samog sistema.

Poboljšanja metoda identifikacije lica osobe nisu nužno neophodna, s obzirom na visok procenat preciznosti koji sistem pruža. Ipak, takva poboljšanja su moguća korišćenjem metoda povezivanja koji je najsličniji već korišćenom metodu u sistemu, kao i metoda restauracije i metoda odbacivanja zaklona.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je delimično finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (projekti III44009, TR32047 i SINTRA) i Fonda za nauku Republike Srbije (projekat AVANTES). Autori zahvaljuju na finansijskoj podršci.

LITERATURA

[1] Chowdary G. J., Punn N.S., Sonbhadra S.K., Agarwal S., "Face Mask Detection Using Transfer Learning of InceptionV3", International Conference on Big Data Analytics. Springer, Cham, 2020.

[2] Loey M., Manogaran G., Taha M. H. N., Khalifa N. E. M., "A hybrid deep transfer learning model with machine learning methods for face mask detection in the era of the COVID-19 pandemic", Measurement, vol. 167, 2021.

[3] Jiang, X., Gao, T., Zhu, Z., Zhao, Y., "Real-Time Face Mask Detection Method Based on YOLOv3", Electronics, 10, 837, 2021.

[4] Shu C., Ding X., Fang C. "Histogram of the oriented gradient for face recognition", Tsinghua Science and Technology, vol. 16, no. 2, 2011., pp. 216-224.

[5] Geitgey A., "Machine Learning is Fun! Part 4: Modern Face Recognition with Deep Learning", https://medium.com/@ageitgey/machine-learning-is-fun-part-4-modern-face-recognition-with-deep-learning-c3cffc121d78, pristupano 08.04.2021.

[6] Ng, R. C., Lim K. M., Lee C. P., Razak S. F. A., "Surveillance system with motion and face detection using histograms of oriented gradients", Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science 14 (2019), pp. 869-876.

[7] Das S., "Image similarity using Triplet Loss", https://towardsdatascience.com/image-similarity-using-triplet-loss-3744c0f67973, pristupano 17.03.2021.

[8] Kramer O. "Dimensionality Reduction with Unsupervised Nearest Neighbors" Intelligent Systems Reference Library, vol 51. Springer, Berlin, Heidelberg., 2013.

[9] Chapter 1: K Nearest Neighbours Classifier, https://laptrinhx.com/chapter-1-k-nearest-neighbours-classifier-2516295810/, pristupano 08.04.2021.

[10] Jiang, M., Fan, X., "RetinaMask: a face mask detector", *arXiv preprint arXiv:2005.03950*, 2020.

[11] Khabarlak K., Koriashkina L., "Fast Facial Landmark Detection and Applications: A Survey", *arXiv preprint arXiv:2101.10808*, 2021.

[12] Johnson J., Karpathy A., Convolutional Neural Networks, Stanford Computer Science, Feb, 2017.

[13] Wang R. "Edge Detection Using Convolutional Neural Network", International Symposium on Neural Networks, Springer, Cham, 2016., pp. 12-20

[14] Reynolds, A. H., "Convolutional Neural Networks (CNNs)", https://anhreynolds.com/blogs/cnn.html, pristupano 08.04.2021.

[15] Saha. S., "A Comprehensive Guide to Convolutional Neural Networks — the ELI5 way", https://towardsdatascience.com/a-comprehensive-guide-to-convolutional-neural-networks-the-eli5-way-3bd2b1164a53, pristupano 08.04.2021.

IoT za moderne sisteme u elektroenergetici
IoT for modern systems in power engineering

Sanja Maksimović Moićević[1], Srđan Maričić[2] , Miodrag Brazaković[3], Boris Ličina[4]
Fakultet za primenjeni menadžment, ekonomiju u finansije[1]
Fakultet za primenjeni menadžment ekonomiju i finansije[2]
Fakultet za primenjeni menadžment, ekonomiju u finansije[3]
Fakultet za primenjeni menadžment, ekonomiju u finansije[4]

Sadržaj - *Jedan od glavnih izazova u realnim procesima i kontroli sistema je upravljanje informacijama. Pod ovim se podrazumeva prikupljanje, prenos i obrada podataka. IoT tehnologija predstavlja interkonekciju različitih mrežnih uređaja povezanih na internet. Cilj ove tehnologije je da se automatizuju procesi različitih domena, radi primene u zdravstvenim, industrijskim, transportnim, vojnim, energetskim i drugim sistemima. U cilju automatizacije procesa, uređaji u različitim domenima moraju biti opremljeni mikrokontrolerima, primopredajnicima i protokolima kako bi olakšali međusobnu komunikaciju, kao i komunikaciju sa spoljnim uređajima. IoT sistemi predstavljaju osnovu budućih infrastrukturnih sistema. Koncept IoT se razvija u nekoliko pravaca, među kojima se ističu industrijski IIoT (Industrial Internet of Things), Internet energije IoE (Internet of Energy) i heterogeni IoT. IIoT je model senzora, aktuatora i drugih industrijskih uređaja, povezanih na internet i umreženih sa drugim industrijskim aplikacijama. Industrijski IoT sistemi predstavljaju temelj buduće infrastrukture i donose niz prednosti u pogledu energetske efikasnosti, skraćenja proizvodnog ciklusa, efikasnog održavanja opreme, analize velike količine podataka, bržeg i preciznijeg odlučivanja. IIoT je atraktivna platforma za smart grid, jer unapređuje nadgledanje, analizu, raspoloživost, autonomiju i kontrolu industrijskog sistema. Internet energije podrazumeva integraciju elektroenergetskog i informaciono-komukacionog sistema u cilju unapređenja upravljanja elektroenergetskom mrežom i razvoja novih servisa. Ova tehnologija predstavlja softversku platformu koja omogućava nadzor i upravljanje celim elektro-energetskim sistemom, gde su svi delovi sistema međusobno povezani. U radu su opisani koncepti IoT, industrijskog IIoT, IoE, kao i industrije 4.0. Ovi koncepti podrazumevaju potpunu digitalizaciju procesa proiz-vodnje i primenu tehnologije IoT prilikom planiranja proizvodnje, kontrole procesa i pružanja industrijskih usluga. Poseban akcenat u ovom radu je stavljen na primenu IoT u sektoru elektroenergetike.*

Abstract - *One of the main challenges in real processes and system control is information management. This includes data collection, transmission and processing. IoT technology is the interconnection of various network devices connected to the Internet. The goal of this technology is to automate processes of different domains, for application in health, industrial, transport, military, energy and other systems. In order to automate the process, devices in different domains must be equipped with microcontrollers, transceivers and protocols to facilitate communication with each other, as well as communication with external devices. IoT systems are the basis of future infrastructure systems. The concept of IoT is evolving in several directions, among which Industrial Internet of Things (IIoT), Internet of Energy (IoE) and heterogeneous IoT are standing out. IIoT is a model of sensors, actuators and other industrial devices, connected to the Internet and networked with other industrial applications. Industrial IoT systems represent the foundation of future infrastructure and bring a number of advantages in terms of energy efficiency, shortening of production cycle, efficient maintenance of equipment, analyzing large amounts of data, faster and more accurate decision-making. IIoT is an attractive smart grid platform because it enhances the monitoring, analyzing, availability, autonomy and control of an industrial system. Internet of energy implies the integration of the electric power and information-communication system in order to improve the management of the electric power grid and the development of new services. This technology represents a software platform that allows monitoring and management of the entire power system, where all parts of the system are interconnected. In this paper the concepts of IoT, IIoT, IoE, as well as industry 4.0 are describes. These concepts imply the complete digitalization of production process and application of IoT technology in production planning, process control and the provision of industrial services. Special emphasis in this paper is placed on the application of IoT in the field of electric power.*

1. UVOD

Početkom sedamdesetih godina prošlog veka došlo je do prave „ekspolozije“ u stvaranju modernog informatičkog društva. Danas postoji svetska digitalna mreža - interent, gde se svi signali prenose digitalno. Jedan od najaktuelnijih trendova baziranih na internet tehnologijama je industrija 4.0. Industrija 4.0 je trenutni trend u automatizaciji. Osnovni principi industrije 4.0 uključuju međupovezivanje, transparentnost podataka, decentralizaciju u donošenju odluka i omogućava brzu tehničku podršku. Međusobna povezanost mašina i ljudi da komuniciraju međusobno korišćenjem IoT prebacuju trendove u automatizaciji na viši nivo. Tokom industrijskih procesa se generišu velike količine podataka. Ovi podaci se efikasno procesiraju i analiziraju korišćenjem sistema baziranih na IoT tehnologiji. Ovakvi sistemi omogućavaju korisnicima da donose trenutne odluke, ponekad se odluke donose autonomno od strane mašine, što redukuje dalje kašnjenje u kontroli i obradi podataka. Poslednjih godina izuzetno se brzo proučava i razvija komuniciranje između uređaja, bez nadgledanja od strane čoveka ili sa njegovim delimičnim učešćem. Očekuje se da će već posle 2020. godine M2M (Machine-to-Machine communications) u svetu biti preko 20 milijardi ovakvih uređaja. Svi ili skoro svi uređaji će biti povezani u veliku mrežu koja se naziva

Internet uređaja (stvari) - Internet of Things (IoT). Na ovaj način biće omogućeno praćenje i kontrola različitih aspekata svakodnevnog života. Sa druge strane ove mreže će značajno uticati i promeniti sadašnji način dobijanja energije, njenog prenosa i distribucije, odvijanja saobraćaja i niza drugih sistema koji se koriste svakodnevno. U ovom radu ćemo poseban akcenat staviti na definisanje i objašnjenje pojmova IoT, IIoT, pametnih elektroenergetskih mreža (smart grid), IoE i njihovu primenu u svakodnevnom životu.

2. IOT

IoT je globalna mreža međusobno povezanih fizičkih objekata ili „stvari“ sposobnih da komuniciraju ili međusobno razmenjuju informacije putem interneta, bez ikakve intervencije ljudi. Možemo reći da je IoT koncept koji se bavi sveopštim prisustvom stvari u okruženju koji su žično ili bežično povezani. Svaka „stvar“ ima svoju adresu i na taj način „stvari“ mogu međusobno da komuniciraju i sarađuju, koristeći pri tome odgovarajuće aplikacije i servise za postizanje zajedničkih ciljeva.[4] Ovakav način realizacije donosi „pametni“ (smart) svet gde će se realno, digitalno i virtuelo sarađivati da bi se ostvarilo pametno okruženje koje će omogućiti efikasnije korišćenje energije i transporta i niza drugih delatnosti. Objekti su prepoznatljivi i mogu da donose odgovarajuće odluke na osnovu komuniciranja sa drugim objektima, imaju pristup informacijama ili mogu da budu komponente kompleksnih servisa. IoT je definisan od strane ITU grupe (ITU-T Study Group 13) koja radi na standardima NGN (Next Generation Networks). IoT je globalna infrastruktura za informaciono društvo, koja omogućava napredne servise povezivanjem (fizičkih i virtuelnih) „stvari“ baziranih na postojećim interopera-bilnim informacijama i komunikacionim tehnologijama, kao i onima koje su u razvoju. Prema ovoj grupi osnovne karakteristike IoT su:

• Globalna međupovezanost sa informacionom i komunikacionom infrastrukturom

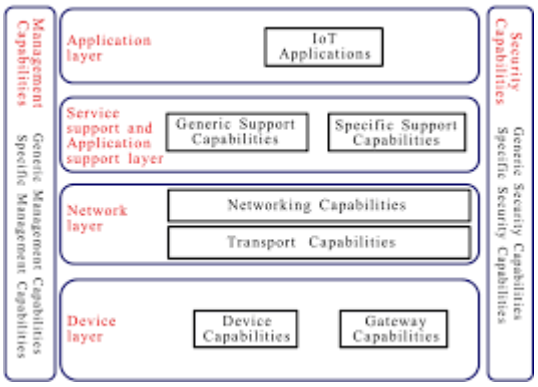
• Servisi vezani za „stvari“ - da bi se ovo obezbedilo moramo imati u vidu odgovarajuća ograničenja vezana za stvari. Privatnost i semantička konzistenost promeniće tehnologije u fizičkom i informacionom svetu.

• Heterogenost uređaja - mogućnost korišćenja različitih tipova uređaja

• Dinamičke promene – stanje uređaja će se menjati (uključeno/isključeno), kao i njihov broj

• Ogroman broj uređaja - komunikacija započinje od uređaja i znatno će prevazići one koje započinju ljudi. Još kritičniji su upravljanje generisanim podacima i njihova interpretacija u cilju aplikacije.

ITU-T preporukom Y.2060 [18] definisan je referentni model IoT koji je široko prihvaćen. Ovakav model sa slojevima omogućava opšte razumevanje kritičnih funkcija i mogućnosti IoT arhitekture. On pomaže da se redukuje kompleksnost implementacije i promoviše interoperabilnost između različitih IoT aplikacija i komunikacionih tehnologija. Referentni model je prikazan na slici 1.



Slika 1: ITU-T referentni model za IoT

Model se sastoji od četiri horizontalna sloja i zajedničkih spojenih „stvari“ na svim slojevima - blokovima za upravljanje i sigurnost. Najniži sloj uključuje skup uređaja i gejtveja (tj. njihove osobine i mogućnosti). Uređaj može da komunicira sa mrežom direktno ili preko gejtveja. Gejtveji imaju mogućnost prevođenja protokola, sigurnost, zaštitu privatnosti, posebno omogućavajući uređajima sa ograničenim sposobnostima i različitim bežičnim tehniologijama (Zigbee, Bluetooth, WiFi, itd.) da se zaštićeno (sigurnosno) uključe u mrežu.

Iznad se nalazi mrežni sloj i on uključuje umrežavanje i transport. Umrežavanjem se „stvari“ povezuju sa mrežom i održava se konektivnost. Tu su funkcije kontrole pristupa, rutiranje, mobilnost, alociranje resursa itd. U okviru transporta se prenose aplikacioni podaci i kontrolne i upravljačke instrukcije.

Treći sloj podržava servise i aplikacioni sloj, uključujući generičku podršku, kao i podršku vezanu za aplikacije. Generička podrška služi za više aplikacija, a ova druga je vezana za aplikacije sa posebnim zahtevima.

Na vrhu je aplikacioni sloj koji sadrži različite IoT aplikacije (pametna kuća, e-health, transport, energetika, itd.).

3. IIOT

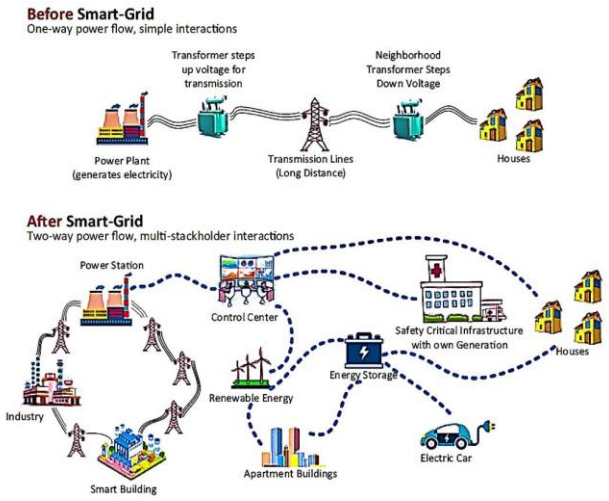
IoT predstavlja osnovu za daljinsku razmenu podataka sa ciljem pružanja novih usluga iz skoro svih oblasti svakodnevnog života. Ove „nove“ usluge imaju za cilj podizanje kvaliteta života, smanjenje troškova, podizanje nivoa sigurnosti i pouzdanosti funkcionisanja uređaja i sistema i slično.[5] IoT u suštini možemo posmatrati kao sinergiju tehničkih uređaja i računarske mrežne opreme sa programskim rešenjima uz primenu velikog broja praktično primenljivih strategija donošenja odluka, analiza i obrada podataka, dugoročnog i kratkoročnog planiranja, predikcije kvarova... Sa druge strane IIoT predstavlja nadgrađeni IoT u industrijskom sektoru. Glavna razlika između IoT i IIoT je u tome što se IoT fokusira na pogodnosti za individualne korisnike, dok je IIoT snažno fokusiran na poboljšanje efikasnosti, sigurnosti i produktivnosti sa krajnjim ekonomskim ciljevima poput: proširenja investicija, povrata ulaganja, online i u realnom vremenu proračun i praćenje berzanskih parametara i niz drugih vrednosnih kategorija. IoT je više baziran na relacijama čovek-uređaj, dok je IIoT fokusiran na relacije uređaj-uređaj odnosno mašina-mašina (ovaj koncept je od

ranije poznat kao M2M) i uopštenije govoreći na relacijama uređaj-čovek-uređaj-objekat-transport-infrastruktura. Krajnja svrha razvijanja različitih kontrolno-upravljačkih strategija za primenu u IIOT-u je da se postigne efikasniji i jednostavniji daljinski nadzor, kontrola i upravljanje, kako nad mašinama i industrijskim uređajima, tako i nad proizvodnim procesima i kompleksnim tehničkim sistemima.

Uvođenje IIoT-a zahteva sveobuhvatne promene, kako u individualnom, tako i u poslovnom okruženju, uključujući fizičku umreženost i logičku povezanost između računara, mašina i stručnjaka sa ciljem unapređenja industrijskih operacija uz upotrebu naprednih strategija, metoda i algoritama za sveobuhvatnu analizu podataka i donošenje zaključaka.

4. PAMETNE ELEKTROENERGETSKE MREŽE (SMART GRID)

Razvitak pametnih mreža započeo je još 2006. godine od strane Evropske tehnološke platforme koja se bavi električnim mrežama, a koje inteligentno mogu da integrišu sve aktivnosti korisnika koji su priključeni na mrežu. Razvitak pametnih mreža donosi čitav niz prednosti koje korisniku olakšavaju upotrebu i potrošnju električne energije i komunalnih usluga [14,15]. Integracija pametnih mreža u postojeću infrastrukuturu zahteva opsežnu i dugotrajnu analizu, kao i razna testiranja i projekte kojima se želi simulirati rad pametnih mreža. Istraživanja vezana za rad i pojam pametne mreže dovode do zaključka da sistem takve mreže dovodi do veće pouzdanosti, prilagodljivosti i efikasnosti u radu, kao i sigurnosti i održivosti.[1] Pametne elektroenergetske mreže omogućavaju dvosmernu komunikaciju između servisnih provajdera i korisnika, dok tradicionalne nude jednosmernu komunikaciju od servisnog provajdera do korisnika. Slika 2. prikazuje arhitekturu elektroenergetske mreže pre i nakon primene smart grid koncepta.



Slika 2: izgled elektroenergetske mreže pre i posle uspostavljanja smart grid-a

Smart grid predstavlja integraciju električne i komunikacione infrastrukture, podrazumeva naprednu automatizaciju postrojenja kao i primenu informacionih tehnologija.

Ciljevi primene smart grid mreža su:

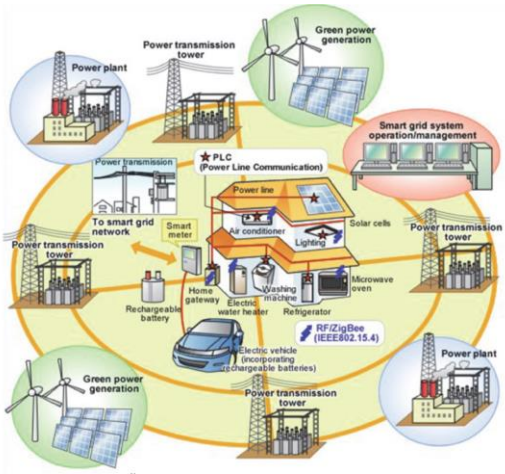
1. Inteligentnija mreža - identifikacija grešaka u radu, preopterećenja, kvarova i slično i automatska minimizacija njihovog uticaja
2. Efikasnija mreža - prihvatanje sve većih zahteva za energijom bez ulaganja u kapacitete
3. Mreža fokusirana na kvalitet energije
4. Prilagodljiva mreža - prihvata energiju iz svih izvora, dozvoljava integraciju novih tehnologija koje zadovoljavaju propisane standarde
5. Otporna mreža - otporna na terorističke napade i klimatske katastrofe
6. Motivišuća mreža - dozvoljava komunikaciju u realnom vremenu vertikalno kroz ceo sistem

Benefiti koji se očekuju od pametnih mreža su sledeći: unapređenje pouzdanosti i kvaliteta električne energije, optimizacija iskorišćenosti sistema, unapređenje kapaciteta i efikasnosti postojećih elektroenergetskih mreža, unapređenje otpornosti na poremećaje u sistemu, omogućavanje prediktivnog održavanja i „samoizlečivih“ odgovora na remećenje rada sistema, stvaranje povoljnog ambijenta za izgradnju obnovljivih energetskih izvora, pojednostavljenje i prilagođavanje distribuiranih izvora električne energije, automatizacija održavanja i rukovanja mrežom, smanjenje emisije gasova staklene bašte omogućavajući rad električnih vozila i novih izvora električne energije, smanjenje potrošnje nafte smanjujući neefikasnu proizvodnju struje prilikom vršne potrošnje i drugo.

Težnja je da buduće elektroenergetske mreže integrišu modernu opremu (hardver: transformatore, merače, senzore), napredne softvere (za upravljanje mrežom, potrošnjom itd.) i materijale (kablovi, skladišta energije itd.) kako bi funkcionisale što bolje i efikasnije. Koncept pametnih mreža je predstavljen u 7 logičkih domena: prva tri - provajderi, operacije i tržište - odnose se na prikupljanje informacija i menadžment energije, a preostala četiri - proizvodnja, prenos, distribucija i potrošnja - obezbeđuju dvosmerni protok energije i informacija. Sama mreža je hibridna i hijerarhijska na „backbone“ nivou je uglavnom žična (optička) i obezbeđuje povezivanje domena (preko rutera) i LAN-ova (preko gateway-a), dok LAN-ovi obezbeđuju komunikaciju unutar domena na meračima, senzorima, inteligentnim elektronskim uređajima - IED (Inteligent Electronic Devices) uz primenu žičnih i bežičnih komunikacija (WiFi, Zigbee, itd.) Inteligentne mreže predstavljaju revolucionarni prodor informacionih tehnologija u oblast energetike, što je bilo nezamislivo pre samo desetak godina.

Sveukupno gledajući, pametne mreže su energetske mreže koje automatski mogu da nadgledaju protoke energije i da se prilagođavaju promenama u snabdevanju energijom i drugim zahtevima. Proizvodnja električne energije nije više ograničena na konvencionalne elektrane. Obnovljivi izvori energije kao što su energija vetra i solarna su uključene u fazu proizvodnje. Za plaćanja u realnom vremenu, predikciju snabdevanja, predikciju zahteva i nadzor mreže podreban je sistem mendžmenta. Proizvedena električna energija se potom transportuje do

mikro-mreža za distribuciju do korisnika uključujući pametne kuće, pametne zgrade, data centre, fabrike i industriju, električne automobile i drugo. Mikro-mreže imaju lokalni menadžment sistem i razmenjuju informacije sa drugim komponenatama u pametnoj elektroenergetskoj mreži kao kao što su npr. dobavljači. Na slici 3. prikazana je konfiguracija pametne elektro-energetske mreže.



Slika 3: konfiguracija pametne elektroenergetske mreže

Buduće energetske mreže će imati veliki broj izvora male i srednje veličine i elektrana (centrala) koje će moći da se ad hok kombinuju u virtuelne elektrane.[7] U slučaju kvarova ili nekih katastrofa moći će da se formiraju i „izolovana ostrva“. Sa druge strane poseban izazov je i projektovanje ovakvih elektroenergetskih mreža koje će praktično garantovati neprekidno snabdevanje energijom, što je važno u nizu proizvodnih sistema. Pravi problem je integracija ovakvih sistema u postojeću mrežu, koja nije za to originalno projektovana. U ovom slučaju je važna sigurnost i zaštita podataka. U okviru razvoja pametne mreže trebalo bi da se razvije novi koncept gde bi bilo moguće preusmeravati energiju proizvedenu od strane koncentrisanih i distribuiranih izvora krajnjim korisnicima uz veliku sigurnost i kvalitet. Na taj način se može formirati neka vrsta interneta, s tim što se ovde rutiraju paketi energije, a ne podataka, tako da se može govoriti o „Internetu energije“ (IoE). Pametna mreža sa IoT kontrolom moći će da uzima u obzir potrebe i ponude energije u rezidencijalnim oblastima ili duž glavnih puteva, zavisno od saobraćaja. U ovakvoj IoT mreži biće potreban veliki broj inteligentnih senzora i aktuatora koji mogu da komuniciraju sigurno i pouzdano. Istovremeno će morati da se donesu i odgovarajući komunikacioni standardi. Neophodna je softicirana i fleksibilna obrada podataka, jer će odgovarajuće procedure i sistemi morati online i u realnom vremenu da obrađuju ogromnu količinu podataka koju daje ogroman broj distribuiranih izvora.

5. APLIKACIJE OPERATIVNIH TEHNOLOGIJA ZA PAMETNE MREŽE

Da bi pametne mreže mogle da ispune svoje ciljeve razvoja potrebno je da podrže širok spektar aplikacija[2]. Tipične aplikacije za pametne mreže su sledeće:

• Akvizaciono-upravljački sistem: Osnovu pametne mreže predstavlja svakako SCADA sistem. Ovaj sistem ima sledeće funkcionalnosti: prikupljanje podataka sa terena kroz različite komunikacione protokole. Slanje komandi uređajima na terenu, obeležavanje uređaja, alarmiranje u zavisnosti od situacije na terenu, čuvanje i prikazivanje na zahtev redosleda događaja i vrednosti merenja sa terena, formiranje upravljačke logike koja će se izvršiti osnovu stanja određenog uređaja.

• Regulacija učestanosti i aktivnih snaga - frekvencija je indikator odnosa između proizvodnje i potrošnje u elektroenergetskom sistemu.

• PMU koncentrator podataka - PMU uređaji mere amplitudu i fazni pomeraj struje i napona sa frekvencijom od 30 do 120Hz. Svakom merenju pridružuju vreme i takvi podaci se šalju koncentratoru podataka (PMU data concentrator). Koncentrator podataka ove informacije pruža drugom dostupnim OT aplikacijama. Zbog velike frekvencije uzorkovanja omogućavaju analizu koja nije moguća sa tradicionalnim SCADA sistemima, čije je vreme uzorkovanja uglavnom reda veličine sekunde i PMU uređaji se smatraju jednm od najvažnijih za monitoring elektroenergetskih sistema. Ugrađuju se u prenosni i distributivni deo elektroenergetske mreže.

• Sistem za upravljanje elektrodistributivnom mrežom - DMS predstavlja centralni sistem za upravljanje pametnom mrežom. Na osnovu podataa sa terena koje DMS dobija preko SCADA sistema izvršavaju se različiti proračuni. U zavisnosti od tipa proračuna, neki će prikazati stanje mreže operatoru, kao što su: proračun tokova snaga, topološka analiza i estimacija stanja.

• Volt/VAR optimizacija - Volt/VAR optimizacija je aplikacija za sanjivanje gubitaka i povećanje efikasnosti mreže. Radi se o jednoj od ključnih aplikacija koje se koriste za kontrolu u rukovanju elektrodistributivnom mrežom. Suština aplikacije je da se na nivou tranformatorske oblasti vrši korekcija naponskih nivoa tako da budu što bliže nominalnoj vrednosti i uvek u propisanim granicama kako bi se smanjili gubici. Korekcije naponskih nivoa podrazumevaju slanje komandi regulacionim transformatorima i kondenzatorskim baterijama.

• Upravljanje potrošnjom - većina korisnika električne energije smatra njenu cenu konstantnom, iako u praksi cena proizvodnje varira

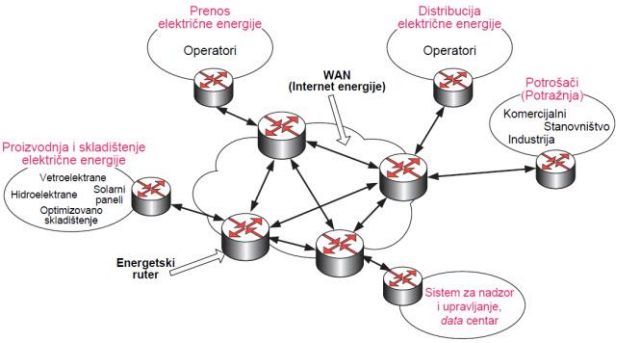
• Infrastruktura za pametna brojila - AMI omogućava iskorišćavanje pametnih brojila potrošača i pristupanje uređajima unutar domaćinstva. Pametna brojila karakteriše dvosmerna komunikacija sa kontrolnim centrom, koja se koristi za očitavanje potrošnje električne energije u različitim vremenskim intervalima, kontrolom nad potrošačima u domaćinstvu, komunikacija sa uređajima unutar domaćinstva itd.

• Sistem za upravljanje ispadima - omogućava upravljanje planiranim i neplaniranim ispadima. Planirani ispadi su posledica održavanja mreže kada elektrodistributivno preduzeće planski napravi ispad. Neplanirani ispad predstavlja kvar usled kog je došlo do problema sa isporukom električne energije. OMS ima za cilj da omogući smanjenje vremena trajanja ispada i da olakša njegovu popravku. Ovaj sistem je u mogućnosti da uključi funkcionalsnost lociranja, izolacije kvara i restauraciju

napajanja (eng. Fault Location, Isolation and Supply Restoration-FLSIR) koja na osnovu informacija o mreži, vrši lociranje gde se desio ispad, potom se vrši izolacija minimalnog dela mreže koji je pod uticajem ispada i ponovno se vršu snabdevanje električnom energijom dela mreže onda kada je to moguće.

6. INTERNET ENERGIJE

IoE je definisana kao mreža koja se može povezati sa bilo kojim objektom putem interneta bazirana na protokolima za razmenu informacija i komunikaciju sa različitim verzijama pametnih uređaja kako bi se postigao monitoring, praćenje, upravljanje i identifikacija lokacije objekta. Na taj način IoE tehnologija pomaže različitim funkcijama mreže integraciju IoT uređaja (kao što su senzori, aktuatori i slično) omogućavajući povezanost, automatizaciju i praćenje za ovakve uređaje. IoE se može posmatrati kao jedna od najvećih aplikacija IoT. Internet energije podrazumeva inegraciju elektroenergetskog i informaciono-komukacionog sistema u cilju unapređenja upravljanja elektroenergetskom mrežom i razvoja novih servisa [3]. Predstavlja softversku platformu koja omogućava nadzor i upravljanje celim elektroenergetskim sistemom u kojem su svi delovi međusobno povezani. Takav sistem zahteva visoku pouzdanost, veliku brzinu prenosa podataka i veliki propusni opseg, malo kašnjenje, kao i ravnotežu između proizvodnje i potrošnje električne nergije. Za razliku od inteligentne mreže čiji je cilj optimizacija snabdevanja električnom energijom Internetom energije se vrši integracija distribuiranih (obnovljivih) izvora energije i personalizovano korišćenje električne energije u domaćinstvima.[11] Osnovne karakteristike interneta energije su: nadzor i upravljanje svim aktivnostima i funkcionalnostima elektro-energetskog sistema putem IoT-a, energetska interoperabilnost sa mogućnosti razmene informacija između svih elemenata sistema, integracija toka energije i informacija, pojava prosumer-a, obnovljivi izvori energije kao primarni izvori energije, distribuirana proizvodnja i skladištenje energije i smanjenje emisije štetnih čestica. Iako postoje sličnosti između interneta energije i smart grida, osnovne razlike ova dva sistema su: internet energije integriše različite mreže elektroenergetskog sistema, tehnologije nadzora i upravaljanja u realnom vremenu, kao i tehnologije distribucije energije, dok smart grid predstavlja modernizovanu elektroenergetsku mrežu. U pametnim mrežama prikupljanje informacija i rutiranje komandi je centralizovano i svakom generatoru je potrebna „dozvola“ od sistema za nadzor i upravljanje pre nego što se priključi elektroenergetskom sistemu. Internet energije podrazumeva integraciju informacionog i fizičkog sistema, dok su u smart gridu ovi sistemi razdvojeni. Internet energije omogućava dvosmernu razmenu informacija i energije, dok smart grid pretpostavlja jednosmernu komunikaciju. Internet energije je baziran na internet tehnologijama, a smart grid se pre svega sadtoji od komunikacionih sistema i tradicionalne industrije. Internet energije obuhvata različite vrste distribuiranih izvora energije, pre svega obnovljivih i ekoloških izvora energije, kao što su solarna energija, energija vetra itd.[6]



Slika 4: Arhitektura interneta energije

7. SIGURNOST NAPREDNIH ELEKTROENERGETSKIH MREŽA

Pametne mreže su kompleksnije od klasičnih elektroenergetskih mreža usled umrežavanja velikog broja dodatnih komponenata različite prirode.[13] Na ovaj način povećana je osetljivost sistema na napade sa dva aspekta. Sa jedne strane povećan je broj pristupnih tačaka sa kojih se razmenjuju informacije u elektroenergetskom sistemu. Drugi aspekt je umrežavanje komponenata različite prirode što ima za posledicu međusobnu interakciju različitih tehnologija što predstavlja dodatni sigurnosni rizik. Umrežavanje „smart grid“ sistema sa informacionim sistemima i mrežama predstavlja dodatni faktor koji unosi široki spektar bezbednosnih pretnji. Sastavni deo sistema je raznovrsan softver čije su funkcije od kontrole i estimacije do proračuna cene usluga.[16] Softver koji održava sistem je izložen potencijalnom dejstvu malicioznih kodova čiji cilj može da bude i izmena načina na koji funkcioniše sistem. Prekid u komunikaciji ili radu softvera koji upravlja sistemom može da ima za posledicu nestanak električne energije, a u ekstremnim slučajevima i da uzrokuje havarije i povrede. Neophodno je obezbediti da sve mere preduzete u cilju povećanja bezbednosti elektro-energetskih mreža ne utiču na kontinualno snabdevanje električnom energijom. Najznačajniji ciljevi zaštite podataka u elektroenergetskim mrežama su: raspoloživost resursa, integritet i tajnost podataka. U tradicionalnim elektroenergetskim sistemima nije postojala potreba za uvođenjem bezbednosnih mera u sistemima za nadzor i upravljanje jer su ovi sistemi bili praktično izolovani.[17] Za razliku od tradicionalnih u naprednih elektroenergetskim sistemima postoji razmena podataka između SCADA sistema i ostalih komponenata mreže što predstavlja veliki bezbedonosni rizik. Najznačajniji cilj bezbednosti u ovim sistema je obezbeđivanje neprekidnog napajanja sistema. Sastavna komponenata SCADA sistema je model estimacije stanja čija je namena modeliranje podataka senzora i agenata. Najveći bezbedonosni problem za modele estimacije stanja predstavlja zaštita od ubacivanja lažnih podataka obzirom da je veoma komplikovano razdvojiti lažen podatke od tačnih, Drugi bezbedonosni problem može da bude nedovoljan kapacitet komunikacionog kanala. Ciljevi zaštite modela estimacije stanja su raspoloživost resursa i integritet podataka. Komunikacija između velikog broja komponenata u „smart grid” sistemu iziskuje primenu više različitih komunikacionih protokola. Postoje dva značajna problema u vezi sigurnosti komunikacionih protokola.

Jedan se tiče potrebe da poveže više komponenata koje uzajamno imaju veoma različite komunikacione zahteve. Drugi problem se ogleda u činjenici da pametna mreža treba da se integriše sa nasleđenim i zastarelim elektroenergetskim sistemom za koji ne postoji bezbedonosna podrška. Sigurnosni ciljevi za komunikacione protokole zavise od komponenata koje međusobno komuniciraju i podataka koji se razmenjuju.

8. ZAKLJUČAK

Današnje elektroenergetske mreže nalaze se pred velikim izazovima, s obzirom da je potrebno da usvoje nove aspekte kao što su na primer integracija obnovljivih izvora energije, distribuirane proizvodnje, sistemi za skladištenje energije, sistemi za upravljanje potrošnjom, električna vozila i slično. Razvijene zemlje su prepoznale ovaj problem i sve veća finansijska sredstva se alociraju za projekte iz oblasti savremenih inteligentnih mreža.

Industrijski IoT sistemi koji predstavljaju temelj buduće infrastrukture, donose industriji brojne prednosti u smislu energetske efikasnosti, skraćenja proizvodnog ciklusa, efikasnog održavanja opreme, analize velike količine podataka, bržeg i preciznijeg odlučivanja. Industrija 4.0 predstavlja jedan od najaktulenijih trendova u automatizaciji, omogućavajući transparentnost podataka, međupovezivanje, decentralizaciju u odlučivanju čime omogućava brzu tehničku podršku i podizanje automatizacije na viši nivo.

Sigurnosni apspekt elektroenergetskih mreža je jedan od osnovnih rizika, koji mora da se rešava sa najvećom pažnjom u svim fazama razvoja, implementacije i eksploatacije svakog industrijskog sistema. Pored toga, digitalizacija industrijskih sistema pred istraživače i organizacije postavlja i brojne izazove implementacije ovakvih sistema, kao što su potrošnja energije IIoT uređaja, upravljanje velikim količinama podataka, bezbednost i standardizacija.

LITERATURA

[1] E.Ancillotti, R. Bruno, M. Conti, "The role of communication systems in smart grids: Architectures, technical solutions and research challenges", Computer Communications Vol.36 , pp.1665-1697, 2013

[2] Platforma za transformaciju softverskih rešenja pametnih elektroenergetskih mreža na cloud bazirani višeorganizacijski SaaS, Nikola Dalčeković, doktorska disertacija

[3], Slavica V. Boštjančič Rakas, Mirjana D. Stojanović, Jasna D. Marković-Petrović, "Internet energije: koncept, arhitektura i perspektive primene", XXXVIII Simpozijum o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju – PosTel 2020, Beograd, 1. i 2. decembar 2020.

[4] Alireza Ghasempour, "Internet of Things in Smart Grid: Architecture, Applications, Services, Key Technologies, and Challenges", MDPI AG, Vol.4(1), pp.1-12, 2019

[5] Bilal Naji Alhasnawi, Basil H, Alhasnawi, Basil H. Jasim, "Internet of Things (IoT) for Smart Grids: A Comprehensive Review", Journal of Xi'an University of Architecture & Technology, ISSN No: 1006-7930

[6] Manar Jaradata, Moath Jarraha, Abdelkader Bousselhamb, Yaser Jararweha, Mahmoud Al-Ayyouba, "The Internet of Energy: Smart Sensor Networks and Big Data Management for Smart Grid", Procedia Computer Science, Vol.56, pp. 592 – 597, 2015

[7] Čedomir Zeljković, Predrag Mršić, Đorđe Lekić, "Trendovi implementacije inteligentnih elektroenergetskih mreža", Naučno-stručni simpozijum Energetska efikasnost | ENEF 2015, Banja Luka, 25-26. septembar 2015. godine

[8] P.P. Ray , "A survey on Internet of Things architectures", Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences , Vol.30(3), pp. 291-319, 2016

[9] Rajesh Kumar, Vishu Gupta , "Realization and concept of energy internet", Indian J.Sci.Res. Vol.17(2), pp.6-11, 2018.

[10]Xingxiong Zhu, "Application of Blockchain Technology in Energy Internet Market and Transaction", IOP Conf. Series Materials Science and Engineering, DOI:10.1088/1757-899X/592/1/012159

[11] Rozina R. Surani, "From Smart Grids to an Energy Internet", International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 8 (4), pp.228-231, April-2019.

[12] Ye Yan, Yi Qian, Hamid Sharif, and David Tipper, "A Survey on Smart Grid Communication Infrastructures: Motivations, Requirements and Challenges", IEEE COMMUNICATIONS SURVEYS & TUTORIALS, Vol.15(1), pp.5-20, 2012

[13] W. Wang, Y. Xu, M. Khanna, "A survey on the communication architectures in smart grid", Computer Networks Vol.55 , pp.3604–3629, 2011

[14] J. Gao, Y. Xiao, J. Liu, W. Liang, C. Chen, "A survey of communication/ networking in smart grids", Future Generation Computer Systems, Vol.28, pp.391–404, 2012

[15] Ning, H.; Hu, S., "Technology classification, industry, and education for Future Internet of Things". Int. J. Commun. Syst., Vol.25, pp.1230–1241, 2012

[16] Viswanath, S.K.; Yuen, C.; Tushar,W.; Li,W.-T.;Wen, C.-K.; Hu, K.; Chen, C.; Liu, X. "System design of the internet of things for residential smart grid. ", IEEE Wirel. Commun., Vol23, pp.90–98, 2016

[17] Wang, Y.F.; Lin, W.M.; Zhang, T.; Ma, Y.Y. "Research on application and security protection of Internet of Things in Smart Grid". In Proceedings of the IET International Conference on Information Science and Control Engineering, Shenzhen, China, 7–9 December 2012; pp. 1–5

[18] ITU-T Y.2060 Recommendation, http://handle.itu.int/11.1002/1000/11559

Moderni pristupi za obezbeđivanje ispravnosti softvera
Modern approaches for software verification

Milena Vujošević Janičić
Faculty of Mathematics
University of Belgrade
Belgrade, Serbia
milena@matf.bg.ac.rs

***Sažetak*—Za uspeh softverskog proizvoda od ključne važnosti je njegov kvalitet, oličen u efikasnosti, pouzdanosti i ispravnosti. Moderni pristupi ispitivanju ispravnosti softvera uključuju korišćenje alata za automatsko otkrivanje grešaka. Ovi alati su zasnovani na tehnikama napredne analize programa i veštačke inteligencije. Rad prikazuje osnovne karakteristike i mogućnosti takvih alata i to demonstrira kroz alat LAV, koji se uspešno primenjuje u različitim oblastima verifikacije softvera, uključujući primene u regresionoj verifikaciji C/C++ programa i podršci refaktorisanju koda koji sadrži ugrađeni SQL.**
Ključne reči— razvoj softvera i alati; verifikacija softvera; veštačka inteligencija; automatsko otkrivanje grešaka

Abstract— Software quality is one of the key features for software success, and especially important attributes are efficiency, reliability and correctness. Modern approaches for checking software correctness include using tools for automated bug finding. Such tools are based on advanced static software analysis approaches and usually include usage of artificial intelligence based solvers, such as SAT/SMT solvers. In this paper, we show characteristics, possibilities and impact of tools for automated bug finding, and present a tool LAV that is successfully applied in different software verification tasks, including regression verification of C/C++ programs and as a support for refactoring of code that includes embedded SQL.
Keywords— software development tools; software verification; artificial intelligence; automated bug finding

I. Uvod

Greške u softveru utiču na sve aspekte savremenog života jer je softver prisutan u gotovo svim električnim uređajima koji nas okružuju: počevši od jednostavnih kuhinjskih aparata, preko mobilnih telefona, laptop/desktop računara i klastera u računarskim centrima, sve do integrisanih sistema u okviru prevoznih sredstava kao što su automobili i avioni, aparata u zdravstvu, elektrana i slično. U zavisnosti od osnovne svrhe softvera, greška u softveru može da uzrokuje različite vrste posledica, tj. svako ispoljavanje greške u softveru uzrokuje neku konkretnu posledicu. Najbezopasnije posledice se javljaju u vidu sitnijih ili krupnijih neprijatnosti. Na primer, greška u radu internet pregledača, muzičkog uređaja ili igrice na telefonu može da proizvede sitnu neprijatnost kod korisnika. Međutim, greška u prostornom navođenju, kao ona koja se desila sa aplikacijom *Apple Maps* 2012. godine [35], može da dovede do priličnih neprijatnosti, na primer, ukoliko aplikacija pogrešno navede korisnika u nebezbedan deo grada. S druge strane, greške u poslovnom softveru ili u sofveru banaka mogu da imaju kao posledicu velike materijalne gubitke. Na primer, kompanija *Knight Capital Group*, je 2012. godine izgubila više od $440 miliona dolara za samo 45 minuta usled greške u softveru kojom je pokrenuta pogrešna verzija dela aplikacije [1]. Gubitak podataka usled propusta u softveru takođe može da ima drastične posledice. Na primer, šteta koja je nastala gubitkom podataka usled širanja *love* virusa 2000. godine procenjuje se na oko 10 milijardi dolara [22]. Ipak, najznačajnije su one greške koje mogu imati fatalne posledice, kao što su to greške u radu aparata u zdravstvu, softvera prevoznih sredstava ili nuklearnih elektrana. Detaljna studija američkog nacionalnog instituta za standarde i tehnologiju je 2002. godine utvrdila da je cena neispravnosti softvera za američku ekonomiju 59.5 milijardi dolara godišnje [29]. Takođe, oni su utvrdili da bi ranije otkrivanje grešaka moglo da uštedi 22 milijarde dolara godišnje, odnosno skoro 37% ukupnog iznosa. U međuvremenu, razvoj i upotreba softvera je neuporedivo povećana, pa samim tim godišnja cena neispravnosti softvera je i dalje ogromna, bez obzira na značajan napredak u tehnikama, metodologiji i alatima za verifikaciju softvera.

Iz svih navedenih razloga, ispitivanje ispravnosti softvera je aktuelan i važan problem savremenog računarstva. Softver razvijaju ljudi i greške su neminovno sastavni deo svih akcija koje ljudi obavljaju. U skladu sa time, greške će uvek biti u većoj ili manjoj meri prisutne u softveru. Jedan od suštinskih problema je kako na najbolji način pristupiti procesu pronaženja i ispravljanja grešaka, pre nego što te greške stignu do korisnika softvera. Osnovni i najčešće korišćeni pristup verifikaciji softvera je testiranje, tj. ispitivanje ispravnosti softvera u fazi izvršavanja. Pravilnim i sistematičnim testiranjem podiže se nivo pouzdanosti i smanjuje verovatnoća da greške promaknu. Međutim, testiranjem se može dokazati da greška u programu postoji, ne i da je program ispravan — za napredne provere ispravnosti potreban je drugačiji pristup. U ovom radu, dat je pregled savremenih tehnika za verifikaciju softvera,

sa posebnim akcentom na automatske alate koji sistematično proveravaju ispravnost softvera i koji se mogu koristiti za automatsko otkrivanje grešaka u kodu.

Pregled rada. U okviru poglavlja II opisane su automatske formalne metode za verifikaciju softvera. U okviru poglavlja III detaljno je opisan alat LAV koji se može koristiti za automatsko otkrivanje grešaka u softveru. U okviru poglavlja IV dati su osnovni zaključci i skicirani su mogući pravci daljeg rada.

II. Automatske formalne metode u statičkoj verifikaciji softvera

Statička verifikacija softvera obuhvata tehnike ispitivanja ispravnosti softvera bez njegovog izvršavanja [28]. Jedan od standardnih pristupa statičke verifikacije su pregledi koda [14]. Pregledi koda obuhvataju čitanje, razumevanje i proveru ispravnosti koda, ali i različitih internih kvaliteta koda, kao što su, čitljivost koda (na primer, kroz poštovanje kodnih standarda) ili lakoća održavanja koda (na primer, kroz upotrebljavanje postojećih dostupnih biblioteka umesto pisanja redudantnih implementacija). Postoje alati koji mogu da zamene neke aspekte pregleda koda, kao što je, na primer, poštovanje kodnih standarda ili odsustvo nekih jednostavnih grešaka [10], [11], [24]. Preglede koda vrše programeri koji su učesnici istog projekta, a važnost pregleda je višestruka tako da su pregledi obično potpomognuti alatima koji omogućavaju lakše praćenje izmena i rezultata pregleda [4], [14], [20], [23]. Međutim, pregledi koda, iako veoma važni i poželjni u procesu razvoja softvera, pošto ih vrše ljudi, samo smanjuju verovatnoću da greške promaknu ali nikako ne garantuju da greške neće promaći.

S druge strane, statička verifikacija obuhvata i poluautomatske i automatske formalne metode za ispitivanje ispravnosti softvera. Ove metode, analizom izvornog koda ispituju mogućnosti pojave grešaka u fazi izvršavanja. Uslovi ispravnosti softvera se iskazuju u terminima matematičkih tvrđenja na pogodno definisanom formalnom jeziku. Idealno rešenje bi predstavljao alat koji automatski analizira kôd i daje precizne informacije o njegovoj ispravnosti. Međutim, postoji fundamentalno ograničenje u ovom kontekstu jer je *halting* problem neodlučiv [34], odnosno ne postoji opšti način za ispitivanje da li je neka naredba programa dostižna, pa samim tim ni da li je ispravna, odnosno da li je sam program ispravan. To znači da automatsko i precizno ispitivanje ispravnosti proizvoljnog programa nije moguće, ali ukoliko se odustane od potpune preciznosti, mogući su različiti pristupi koji praktično mogu da budu veoma korisni. Odustajanje od potpune preciznosti znači da su moguća lažna upozorenja ili propuštene greške. Obično se pravi kompromis između preciznosti i efikasnosti pristupa: ukoliko se teži preciznijim pristupima, onda je efikasnost smanjena dok ukoliko se teži efikasnijim pristupima onda je preciznost smanjena. Osnovne automatske tehnike obuhvataju simboličko izvršavanje, proveravanje modela i apstraktnu interpretaciju.

Simboličko izvršavanje [25] predstavlja uopštenje testiranja. Umesto izvršavanja sa konkretnim vrednostima, program se analizira korišćenjem simboličkih vrednosti i konstruisanjem simboličkih izraza. U okviru simboličkog izvršavanja, prate se simbolička stanja programa umesto konkretnih stanja i kada se simbolički izvršava jedna putanja, ona zapravo simulira veliki broj konkretnih izvršavanja, s obzirom na to da razmatra sve ulaze koji prolaze kroz tu istu putanju. Iako je to intuitivno veoma jednostavna ideja, u praksi se javlja veliki broj izazova [2]. Simboličko izvršavanje spada u metode koje u svom osnovnom obliku nemaju lažnih upozorenja ali mogu imati propuštenih grešaka. Praktično je to vrlo zahtevan pristup po pitanju upotrebe memorije i vremena i obično se ne primenjuje na ogromne sisteme već samo na neke manje delove, jer ne skalira dovoljno dobro za veliki kôd. Najpoznatiji alati koji su zasnovani na simboličkom izvršavanju uključuju Klee [9], Sage [21] i Pex [33].

Proveravanje modela [13] je takođe precizna tehnika automatskog ispitivanja ispravnosti softvera. Ova tehnika je inicijalno razvijena kao tehnika za verifikacju hardvera, ali se danas aktivno koristi i u verifikaciji softvera. Modelovanje predstavlja proces formulisanja apstraktnog modela sistema na osnovu konkretne implementacije pri čemu je apstraktni model zadat u formi tranzicioniog sistema koji se sastoji od skupa stanja i relacije prelaska između stanja. Precizan opis svojstava koje apstraktni model treba da zadovolji zadaje se na jeziku matematičke logike i naziva se formalna specifikacija. Najčeće se u ovom kontekstu koriste različite temporalne logike. Proveravač modela je alat koji automatski proverava da li apstraktni model zadovoljava formalnu specifikaciju. U slučaju da je ne zadovoljava, proveravač daje kontraprimer u vidu putanje u modelu koja narušava zadato svojstvo. Kontraprimer se koristi za otkrivanje greške, korekciju modela i/ili specifikacije. Postoji veliki broj alata koji su zasnovani na proveravanju modela. Primeri ovih alata su CBMC [12], LLBMC [27], ESBMC [15] i Java PathFinder [36].

Apstraktna interpretacija [16], [30] predstavlja teorijski okvir za formalizaciju apstrakcije. U okviru analize zasnovane na apstraktnoj interpretaciji mogu se pojaviti lažna upozorenja ali ova tehnika nema propuštenih grešaka što je važna osobina i što je čini drugačijom i komplementarnom tehnikama simboličkog izvršavanja i proveravanje modela. Apstraktna interpretacija koristi se u verifikaciji softvera ali i u okviru kompilatora kako bi se odlučilo da li je moguće primeniti neke optimizacije ili transformacije programa. Primeri alata zasnovanih na apstraktnoj interpretaciji su Astree [6], Polyspace [18] i Coverty [5].

III. Alat LAV

Alat LAV[1] [31], [37]–[41] je alat za pronalaženje grešaka u softveru kao što su deljenje nulom, prekoračenje bafera, prekoračenja/potkoračenja u aritmetičkim izrazima i dereferenciranje *null* pokazivača, a može se koristiti i za proveru

[1] Akronim od **L**LVM **A**utomated **V**erifier

korisnički zadatih uslova. Alat se zasniva na tehnikama simboličkog izvršavanja i proveravanja modela. Implementiran je u programskom jeziku C++, otvorenog je koda i javno dostupan [41]. Prvenstveno je namenjen ispitivanju ispravnosti koda napisanog u programskom jeziku C, ali kako radi nad međukodom kompajlerske infrastrukture LLVM [26], može se koristiti i za analizu drugih proceduralnih programskih jezika. Opšta struktura alata prikazana je na slici 1.

Ulazna datoteka koju LAV analizira se najpre transformiše u LLVM međureprezentaciju. LAV generiše uslove ispravnosti za pojedinačne instrukcije koristeći kombinaciju različitih tehnika. LAV koristi simboličko izvršavanje da bi se kontruisala formula koja opisuje dejstvo instrukcija bloka. Da bi se opisala kontrola toka programa LAV korsiti SAT [3] enkodiranje.

Modelovanje petlji predstavlja poseban izazov u verifikaciji softvera. LAV može da koristi dva pristupa: uopštavanje polaznog koda (petlje se razmotavaju tako da simuliraju prvih n i poslednjih m prolazaka kroz petlju) i sužavanje opsega polaznog koda (petlje se razmotavaju fiksiran broj puta, kao u ograničenom proveravanju modela). Ukoliko se koristi uopštavanje polaznog koda, moguća su lažna upozorenja ali ne i propuštene greške. U drugom slučaju, tj. ako se koristi sužavanje opsega polaznog koda, analiza koju alat sprovodi je precizna i nema lažnih upozorenja, ali su u tom slučaju moguće propuštene greške.

LAV generiše kompaktan i precizan opis funkcije kao konjunkciju opisa njenih blokova. Prilikom poziva funkcije, ukoliko je data funkcije već analizirana, analiza se ne vrši ponovo već se koristi ranije generisan opis funkcije kao i njeni uslovi ispravnosti. Ovo pozitivno utiče na performanse alata.

Greške u izvršavanju programa mogu da budu uzrokovane na različite načine, na primer neispravnim vrednostima operanda. Tabela I prikazuje neke vrste grešaka i njima odgovarajuće uslove koji se mogu proveravati korišćenjem alata LAV.

Tabela I
PRIMERI NEKIH OPERACIJA KOJE MOGU DOVESTI DO GREŠKE. SKRAĆENICA BOP OZNAČAVA BINARNU OPERACIJU MEDUREPREZENTACIJE LLVMA

bop type op_1, op_2	vrsta greške	uslov greške
add	prekoračenje	$signed(type) \wedge op_1 > 0 \wedge op_2 > 0 \wedge op_1 + op_2 < 0$
sub		$signed(type) \wedge op_1 > 0 \wedge op_2 < 0 \wedge op_1 + op_2 < 0$
sdiv		$signed(type) \wedge op_1 = min_value(type) \wedge op_2 = -1$
mul		$signed(type) \wedge op_2 > 0 \wedge op_1 > max_value(type)/op_2$
udiv, sdiv, urem, srem	deljenje nulom	$op_2 = 0$

Da bi se proverilo da li naredba može da dodvede do greške, grade se dve formule

$$K \Rightarrow safe(c) \quad \text{uslov ispravnosti naredbe } c$$

$$K \Rightarrow \neg safe(c) \quad \text{uslov neispravnosti naredbe } c$$

pri čemu je $safe(c)$ negacija uslova greške (odnosno uslov ispravnosti), a K predstavlja kontekst koji odgovara količini informacija iz okoline date komande koje se uzimaju u obzir. Kontekst može biti prazan, može da obuhvata sve instrukcije koje prethode datoj instrukciji u tom bloku, može da uključi celu funkciju, ali i funkciju koja je datu funkciju pozvala i tako redom.

Za generisane formule ispravnosti potrebno je izabrati teoriju u okviru koje će se utvrditi valjanost. Za promenljive i operacije nad njima mogu se koristiti linearna aritmetika ili aritmetika bit-vektora. Za praćenje veličine rezervisane memorije pridružene pokazivačima koristi se teorija neinterpretiranih funkcija, a za praćenje stanja memorije koristi se teorija nizova. LAV koristi SMT [3] rešavač kao crnu kutiju koja generiše odgovor o valjanosti u skladu sa odabranom teorijom. LAV može da koristi više različitih rešavača: Boolector [7], Z3 [17], Yices [19] i MatSat [8].

Status naredbe, u okviru određenog konteksta može da bude

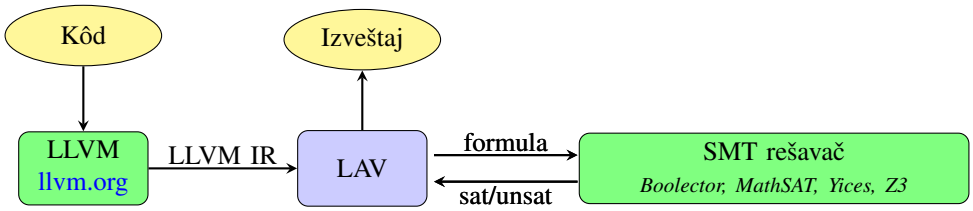
- Bezbedna — ne dovodi do greške. U ovom slučaju je uslov ispravnosti valjana formula.
- Neispravna — uvek dovodi do greške. U ovom slučaju je uslov neispravnosti valjana formula.
- Nedostižna — naredba se neće izvršiti. U ovom slučaju su oba uslova valjane formule.
- Nebezbedna — može da dovede do greške. U ovom slučaju ni jedan uslov nije valjana formula.

Status naredbe u okviru jednog konteksta može se promeniti ukoliko se kontekst naredbe poveća. Preciznije, ukoliko je status naredbe u nekom kontekstu

- Bezbedna, onda u širem kontekstu ova naredba može da bude bezbedna ili nedostižna.
- Neispravna, onda u širem kontekstu ova naredba može da bude neispravna ili nedostižna.
- Nedostižna, onda u širem kontekstu ova naredba je i dalje nedostižna.
- Nebezbedna, onda u širem kontekstu ova naredba može u potpunosti da promeni svoj status, tj. potrebna je dalja analiza.

Na osnovu rezultata analize generiše se izlaz. Izlaz alata, ukoliko greška postoji, sadrži liniju koda u kojoj je greška, status naredbe, vrstu greške, putanju do greške i vrednosti relevantnih promenljivih na toj putanji. Primer jednog izlaza dat je u okviru slike 2.

LAV je evaluiran na različitim standardnim korpusima [39]. Evaluacija je pokazala odličnu preciznost i performanse. Pored osnovnog modula generisanja uslova ispravnosti, implementirano je i paralelno rešenje koje omogućava paralelno generisanje i ispitivanje uslova ispravnosti programa čime se dobija značajno na performansama sistema [37], [42]. Alat je praktično primenjen u više različitih konteksta, pre svega za automatsko otkrivanje grešaka [38]. Međutim, mogućnosti primene alata su značajno šire i prevazilaze automatsko otkrivanje grešaka. Na primer, LAV se može koristiti i za regresionu verifikaciju, odnosno za automatsko utvrđivanje funkcionalne ekvivalentnosti različitih verzija programa. Ova primena može da bude korisna za automatsko ispitivanje ispravnosti student-



Slika 1. Opšta arhitektura alata LAV: komunikacija sa spoljašnjim sistemima

```
1:  #include <stdio.h>                    | verification failed:
2:  #define MAX 10                       | line 16: UNSAFE
3:  int main()                           | function: main, error: buffer_overflow
4:  {                                    |
5:  int arr[MAX],d,n,n_copy,max;         | 16: d = -8, max = -8, n = 0, n_copy = -899
6:  get_array(arr, MAX);                 | 10: d = -8, max = -8, n = 0, n_copy = -899
7:  scanf("%d", &n);                     | 14: d = -8, max = -8, n = 0, n_copy = -899
8:  n_copy = n;                          | 13: d = -8, max = -8, n = -8, n_copy = -899
9:  max = n%10;                          | 12: d = -8, max = -9, n = -8, n_copy = -899
10: while(n){                            | 10: d = -9, max = -9, n = -8, n_copy = -899
11:   d = n%10;                          | 14: d = -9, max = -9, n = -8, n_copy = -899
12:   if(max<d)                          | 12: d = -9, max = -9, n = -89, n_copy = -899
13:       max=d;                         | 10: d = -9, max = -9, n = -89, n_copy = -899
14:   n = n/10;                          | 14: d = -9, max = -9, n = -89, n_copy = -899
15: }                                    | 12: d = -9, max = -9, n = -899, n_copy = -899
16: if(arr[max]>n_copy)                  | 10: d = 0, max = -9, n = -899, n_copy = -899
17:   printf("it is bigger\n");
18: else printf("it is not bigger\n");
19: }
```

Slika 2. Primer izvornog koda u progrmaskom jeziku C (sa leve strane) i izlaza koji LAV generiše (sa desne strane). Izlaz uključuje izveštaj o grešci kao i stek vrednosti relevantnih preomenljivih prilikom jednog izvršavanja koje dovodi do date greške.

skih rešenja [40] kao i za proces refaktorisanja u kontekstu koda sa ugrađenim SQL-om [31], [32].

IV. Zaključak

Primena statičke verifikacije softvera može značajno da doprinese procesu utvrđivanja ispravnosti softvera i dinamičkoj verifikaciji (testiranju). Osnovne primene su u automatskom pronalaženju grešaka, ali se može koristiti i za naprednije primene, kao što je regresiona verifikacija ili automatsko generisanje test primera. U okviru rada prikazan je sistem LAV i opisanu su neka njegova osnovna svojstva i primene. Zbog neodlučivosti koja se javlja u analizi programa, postoji konstantna potreba za pronalaženjem efikasnijih heuristika i preciznijih aproksimacija pa se dalji rad na tom polju zasniva na dodatnom poboljšanju sistema LAV. Planirana su unapređenja modelovanja zarad dobijanja na preciznosti kao i zarad mogućnosti otkrivanja novih vrsta grešaka. Takođe, planira se rad na novim praktičnim primenama, kao i rad na dodavanju novih funkcionalnosti, na primer dodavanjem modula za automatsko generisanje test primera.

Literatura

[1] Jerry Adler. Raging bulls: How wall street got addicted to light-speed trading. Wired Magazine, 20(9), 2012.

[2] Roberto Baldoni, Emilio Coppa, Daniele Cono D'elia, Camil Demetrescu, and Irene Finocchi. A Survey of Symbolic Execution Techniques. ACM Computing Surveys, 51(3), 2018.

[3] C. W. Barrett, R. Sebastiani, S. A. Seshia, and C. Tinelli. Satisfiability Modulo Theories. In Handbook of Satisfiability, volume 185 of Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, pages 825–885. IOS Press, 2009.

[4] Inc. Beanbag. Review board, 2021. https://www.reviewboard.org/, retrieved April 15nd, 2021.

[5] A. Bessey, K. Block, B. Chelf, A. Chou, B. Fulton, S. Hallem, C. Henri-Gros, A. Kamsky, S. McPeak, and D. Engler. A few billion lines of code later: using static analysis to find bugs in the real world. Communications of the ACM, 53(2):66–75, 2010.

[6] B. Blanchet, P. Cousot, R. Cousot, J. Feret, L. Mauborgne, A. Miné, D. Monniaux, and X. Rival. Design and Implementation of a Special-Purpose Static Program Analyzer for Safety-Critical Real-Time Embedded Software, invited chapter. In T. Mogensen, D.A. Schmidt, and I.H. Sudborough, editors, The Essence of Computation: Complexity, Analysis, Transformation. Essays Dedicated to Neil D. Jones, volume 2566 of Lecture Notes in Computer Science (LNCS), pages 85–108. Springer-Verlag, 2002.

[7] Robert Brummayer and Armin Biere. Boolector: An Efficient SMT Solver for Bit-Vectors and Arrays. In Tools and Algorithms for the Construction and Analysis of Systems (TACAS), volume 5505 of Lecture Notes in Computer Science (LNCS). Springer, 2009.

[8] R. Bruttomesso, A. Cimatti, A. Franzén, A. Griggio, and R. Sebastiani. The MathSAT 4 SMT Solver. In Computer-Aided Verification (CAV), volume 5123 of Lecture Notes in Computer Science (LNCS), pages 299–303. Springer, 2008.

[9] C. Cadar, D. Dunbar, and D. Engler. KLEE: Unassisted and Automatic Generation of High-Coverage Tests for Complex Systems Programs. In Operating Systems Design and Implementation (OSDI), pages 209–224. USENIX, 2008.

[10] Clang. Clang-Tidy: a clang-based C++ "linter" tool. https://clang.llvm.org/extra/clang-tidy/ ; accessed April 15, 2021.

[11] Clang. Static Analyzer: a source code analysis tool. https://clang-analyzer.llvm.org/ ; accessed April 15, 2021.

[12] Edmund Clarke, Daniel Kroening, and Flavio Lerda. A Tool for Checking ANSI-C Programs. In Tools and Algorithms for the Construction

and Analysis of Systems (TACAS), pages 168–176. Springer, 2004.
[13] Edmund M. Clarke, Thomas A. Henzinger, Helmut Veith, and Roderick Bloem, editors. Handbook of Model Checking. Springer, 2018.
[14] Jason Cohen, Eric Brown, Brandon DuRette, and Steven Teleki. Best kept secrets of peer code review. Smart Bear Somerville, 2006.
[15] Lucas Cordeiro, Bernd Fischer, and Joao Marques-Silva. SMT-Based Bounded Model Checking for Embedded ANSI-C Software. IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering (ASE), pages 137–148, 2009.
[16] Patrick Cousot and Radhia Cousot. Abstract Interpretation: A Unified Lattice Model for Static Analysis of Programs by Construction or Approximation of Fixpoints. In Principles of Programming Languages (POPL), pages 238–252. ACM Press, 1977.
[17] Leonardo De Moura and Nikolaj Bjorner. Z3: An Efficient SMT Solver. In Tools and Algorithms for the Construction and Analysis of Systems (TACAS), pages 337–340, 2008.
[18] A. Deutsch. Static Verification of Dynamic Properties, 2003. White paper, PolySpace Technologies Inc.
[19] B. Dutertre and L. de Moura. The Yices SMT solver. Tool paper at http://yices.csl.sri.com/tool-paper.pdf, 2006.
[20] Gerrit. Gerrit code review, 2021. https://www.gerritcodereview.com/, retrieved April 15nd, 2021.
[21] Patrice Godefroid, Michael Y. Levin, and David Molnar. SAGE: Whitebox Fuzzing for Security Testing. Queue, 10(1):20:20–20:27, 2012.
[22] James Griffiths. I love you': How a badlycoded computer virus caused billions in damage and exposed vulnerabilities which remain 20 years on. CNN Business, 4, 2020.
[23] Phacility Inc. Phabricator: Discuss. plan. code. review. test., 2021. https://www.phacility.com/phabricator/, retrieved April 15nd, 2021.
[24] Milena Vujošević Janičić and Syrmia. Extending clang for checking compliance with automotive coding standards. https://llvm.org/devmtg/2020-09/program/ ; accessed April 15, 2021.
[25] James C. King. Symbolic Execution and Program Testing. Communications of the ACM, 19(7):385–394, 1976.
[26] Chris Lattner and Vikram Adve. LLVM: A Compilation Framework for Lifelong Program Analysis & Transformation. In Symposium on Code Generation and Optimization (CGO), pages 75–86. IEEE Computer Society, 2004.
[27] F. Merz, S. Falke, and C. Sinz. LLBMC: Bounded Model Checking of C and C++ Programs Using a Compiler IR. In Verified Software, Theories, Tools and Experiments (VSTTE), Lecture Notes in Computer Science (LNCS), pages 146–161. Springer, 2012.
[28] Flemming Nielson, Hanne R Nielson, and Chris Hankin. Principles of program analysis. Springer Science & Business Media, 2004.
[29] Strategic Planning. The economic impacts of inadequate infrastructure for software testing. National Institute of Standards and Technology, 2002.
[30] Xavier Rival and Kwangkeun Yi. Introduction to Static Analysis: An Abstract Interpretation Perspective. Mit Press, 2020.
[31] Mirko Spasić and Milena Vujošević Janičić. Verification supported refactoring of embedded SQL. Software Quality Journal, pages 1–37, 2020.
[32] Mirko Spasić and Milena Vujošević Janičić. First steps towards proving functional equivalence of embedded SQL. In Types for Proofs and Programs (TYPES), pages 78–79. Univ. Minho, 2018.
[33] Nikolai Tillmann and Jonathan Halleux. Pex – White Box Test Generation for .NET. In Tests and proofs (TAP), volume 4966 of Lecture Notes in Computer Science (LNCS), pages 134–153. Springer, 2008.
[34] Alan Mathison Turing. On computable numbers, with an application to the entscheidungsproblem. Proceedings of the London mathematical society, 2(1):230–265, 1937.
[35] Cornell University. Apple Maps: A Failure Explained by Network Effects , 2012. https://blogs.cornell.edu/info2040/2012/11/07/apple-maps-a-failure-explained-by-network-effects/.
[36] Willem Visser, Klaus Havelund, Guillaume Brat, Seungjoon Park, and Flavio Lerda. Model Checking Programs. Automated Software Eng., 10(2):203–232, 2003.
[37] Milena Vujošević Janičić. Concurrent Bug Finding Based on Bounded Model Checking. International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering, 30(05):669–694, 2020.
[38] M. Vujošević Janičić, M. Nikolić, D. Tošić, and V. Kuncak. Software verification and graph similarity for automated evaluation of students' assignments. Information and Software Technology, 55(6), 2013.
[39] Milena Vujošević Janičić and Viktor Kuncak. Development and Evaluation of LAV: An SMT-Based Error Finding Platform. In Verified Software, Theories, Tools and Experiments (VSTTE), Lecture Notes in Computer Science (LNCS), pages 98–113. Springer, 2012.
[40] Milena Vujošević Janičić and Filip Marić. Regression verification for automated evaluation of students programs. Computer Science and Information Systems, 17(1):205–228, 2020.
[41] Milena Vujošević Janičić and Mirko Spasić. Tools LAV and SQLAV, 2020. http://argo.matf.bg.ac.rs/?content=lav, retrieved April 15th, 2021.
[42] Branislava Živković and Milena Vujošević Janičić. Parallelization of Software Verification Tool LAV. In Types for Proofs and Programs (TYPES), pages 103–104. Eotvos Loránd University, 2017.

Metode za predviđanje QoS vrednosti

QoS prediction methods

Vladimir Otašević [1], doc. dr Marija Punt [1]
Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet [1]

Sadržaj *– Problemi skalabilnosti, modelovanja podataka i validacije korisnika su samo neki od faktora koji utiču na predviđanje QoS (Quality of Service) vrednosti. U okviru ovog rada biće prikazane metode koje imaju različite pristupe ublažavanju negativnih efekata problema koji utiču na predviđanje QoS vrednosti. Rezultat rada će predstavljati pregled načina rada i efikasnosti metoda kroz njihovu uporednu analizu posmatrajući uspešnost metoda i njihove glavne odlike.*

Abstract *– Problems of scalability, data modeling and user validation are just some of the factors that affect QoS (Quality of Service) prediction. This paper will present methods that have different approaches to mitigating the negative effects of problems that affect QoS prediction. The result of the work will be an overview of the methods and efficiency of methods through their comparative analysis, observing the success of methods and their main features.*

1. UVOD

Često sama procena *QoS* vrednosti zavisi od korisnika, odnosno njegovog ponašanja, te se u tom smislu može smatrati da je ista personalizovana. U ovom radu predstavljene su četiri metode za predviđanje vrednosti kvaliteta usluga (eng. *Quality of Service*, u daljem tekstu *QoS*) koje su odabrane na osnovu pristupa u rešavanju problema koji se javljaju prilikom predviđanja *QoS* vrednosti. Obrađene metode u radu predstavljaju rešenja koja se mogu primeniti kada je potrebno proceniti ili predvideti kvalitet usluge i servisa.

Cilj ovog rada jeste da prikaže savremene metode za procenu *QoS* vrednosti. Imajući u vidu količinu informacija i sadržaja dostupnih putem Interneta, neophodno je da postoje servisi koji mogu na efikasan način da izvrše procenu i validaciju samog kvaliteta informacija i sadržaja.

U poglavlju 2. predstavljeni su najčešći problemi i nedostaci koji se javljaju prilikom primene osnovnih koncepata za predviđanje *QoS* vrednosti. Poglavlje 3. detaljno prikazuje način rada CF (*Collaborative Filtering*) algoritma. Pored CF algoritma predstavljene su i četiri metode za predviđanje *QoS* vrednosti koje su analizirane, i to: *Reputation-Aware Network Embedding, Reputation-Based Matrix Factorization, Two Layers Model, Time-aware matrix factorization*. Detaljna analiza rezultata primene metoda za predviđanje *QoS* vrednosti data je u poglavlju 4. Kao deo analize dat je pregled eksperimenata i testova sprovedenih nad prikazanim metodama kao i rezultata do kojih se došlo, a zatim je izneto nekoliko zaključaka nastalih na osnovu uporedne analize rezultata metoda. Takođe, jedan deo analize odnosi se na posmatranje karakteristika metoda, načinu njihove implementacije i načinu njihove usklađenosti sa ostalim tehnikama i tehnologijama.

Zaključci do kojih se došlo prilikom analize svih navedenih metoda dati su u poglavlju 5. Izvedeni zaključci pokazuju da je reč o temi kojom se istraživači aktivno bave a istovremeno ukazuju na raznolikost metoda za predviđanje. Na kraju rada dato je nekoliko primera koji pokazuju u kojim sve pravcima se istraživanje u ovoj oblasti može razvijati.

2. OPŠTI PROBLEMI KOD SISTEMA ZA PREDVIĐANJE

Navedeni problemi su faktori koji utiču na ishod rezultata metoda za predviđanje *QoS* vrednosti[1]. Potrebno je da metode za procenu uvek poseduju mehanizme za validaciju korisnika i njihovih podataka. U nastavku su navedeni najčešći problemi.

A) Model podataka

Model podataka kojim se predstavlja informacija o sadržaju može ponekad biti isuviše detaljan. To dovodi do toga da se moraju atributi rangirati po značaju, što pored same količine podataka dovodi i do veće složenosti u radu samog algoritma. Model podataka direktno usložnjava i sam problem hladnog starta.

B) Skalabilnost

Posmatrajući sisteme koji najčešće koriste neki od mehanizama predviđanja, uočava se da takvi sistemi broje veliki broji korisnika kao i veliku količinu sadržaja. U zavisnosti od ova dva faktora, sam algoritam čak i kada ima linearnu složenost može se smatrati isuviše složenim. Ova osobina jeste značajna kod servisa poput servisa za kupovinu različitih artikala gde se očekuje da rad sa sistemom bude brz, odnosno da je vreme odziva sistema na svaki korisnikov zahtev kratko.

C) Stav korisnika

Veoma je važan kvalitet informacija dobijenih od korisnika, bilo da su one prikupljene indirektno kroz kolačiće, istoriju i slično, ili direktno kroz anketu i upit. Problem nastaje ako postoji mogućnost da korisnik može sebe predstaviti u boljem svetlu, a konkurenciju predstaviti u lošem. Posmatrano iz ugla metoda za predviđanje, ovaj pristup nije dobar jer informacije o sadržaju konkurencije nisu validne.

3. ALGORITMI PREDVIĐANJA

Metode za predviđanje QoS vrednosti su odabrane na osnovu različitih pristupa pri ublažavanju negativnih efekata problema koji se javljaju prilikom predviđanja. U nastavku je opisan način rada četiri metode za predviđanje *QoS* vrednosti i metode kolaborativnog filtriranja kao osnovnog koncepta predviđanja.

A) Kolaborativno filtriranje

Većina istraživanja koristi kolaborativno filtriranje (eng. *collaborative filtering*), kao bazični algoritam.[2] Kolaborativno filtriranje je metoda koja se izvršava u dva koraka. U prvom koraku se identifikuju korisnici koji su slični korisniku za koga se vrši procena,[3] a u drugom koraku se na osnovu dobijenih rezultata predviđa *QoS* vrednost posmatranog korisnika. Kolaborativno filtriranje može se podeliti na sledeće kategorije[1]:

1) Zasnovano na memoriji (eng. *memory-based*)
2) Zasnovano na modelu (eng. *model-based*)
3) Hibridni algoritmi

Kolaborativno filtriranje zasnovano na memoriji je tehnika kod koje se pronalaze korisnici koji su po nekim parametrima najsličniji posmatranom korisniku, a zatim se njihovi odgovori uzimaju u obzir prilikom procene. Ova tehnika se koristi kada je identifikovan dovoljan broj kako različitih, tako i istih korisnika i kada je identifikovan dovoljan broj različitih servisa. Važno je da informacije koje se prikupljaju od korisnika ili o korisnicima, budu kvalitetne. Očekuje se da prikupljeni podaci budu celoviti, odnosno potpuni.

Kada nije identifikovan dovoljan broj različitih ili istih korisnika odnosno servisa, onda tehnike zasnovane na memoriji nisu dovoljno dobre. Takođe, postoje slučajevi kad nije moguće na jednostavan niti na dovoljno precizan način odrediti vrednost atributa koji se posmatra. Tada se mogu primeniti metode kolaborativnog filtriranja zasnovane na modelu. Kod ovakvih metoda se koriste napredne tehnike mašinskog učenja poput Bajesovih mreža, modeli zasnovani na klasterima ili *SVD* (pun naziv *Singular value decomposition*).

Navedene tehnike se međusobno razlikuju. Naime, prednost jedne tehnike je mana druge i obrnuto. Zato su osmišljene hibridne tehnike koje objedinjuju ono što je najbolje kod obe tehnike, i ublažavaju nedostatke istih. Hibridni algoritmi su složeni sistemi i često skupi za implementaciju. Iako postoji problem u složenosti, to ne sprečava da se ovakva tehnologija nađe u primeni kod kompanija poput *Google* kompanije koja koristi ovaj algoritam kao mehanizam za preporuku vesti i novosti.[4]

B) Reputation-Aware Network Embedding

Kolborativno filtriranje ima dva velika nedostatka koja se ogledaju u skalabilnosti i u kvalitetu, odnosno verodostojnosti prikupljenih podataka. Imajući u vidu važnost ovakvih problema, neophodno je bilo osmisliti metodu koja se fokusira na njihovo rešavanje. *Reputation-Aware Network Embedding-based QoS Prediction* (u daljem tekstu *RANEP*) jedno je od mogućih rešenja.

Kako bi se rešio problem verodostojnosti korisnika, primenjuje se algoritam K-najbližih suseda. U prvom prolazu algoritma klasterizuju se vrednosti dobijene iz njihovih istorija korišćenja servisa, tj. *QoS* vrednosti. Klasifikovana vrednost se dalje koristi za određivanje indeksa verodostojnosti. Kandidati za eliminaciju su korisnici čiji klaster ima najmanji broj elemenata.

Drugi prolaz se odnosi na klasifikaciju samih korisnika. Dalje, neophodno je odrediti indeks verodostojnosti. Indeks verodostojnosti korisnika *u* se određuje tako što se broji koliko se puta javio korisnik *u* kao kandidat za neverodostojnog korisnika. Kada se za svakog korisnika odredi njegov indeks, onda se primeni klasterizacija sa *K=2*. Nakon toga se dobijaju dva skupa, i to, skup verodostojnih i skup neverodostojnih korisnika.

Mreža odnosa korisnik-servis je najlakše predstaviti pomoću matrice. Vrednost svakog polja obeležava se sa $q_{i,j}$ i predstavlja *QoS* vrednost korisnika *i* i servisa *j*. Nakon ovoga je za svakog korisnika potrebno odreti njegovu reputaciju prema sledećoj formuli:

$$r_i^{k+1} = 1 - \frac{d\sum_{j\in I_i}\left|q_{i,j} - avg_j^{k+1}\right|}{|I_i|} \quad (1)$$

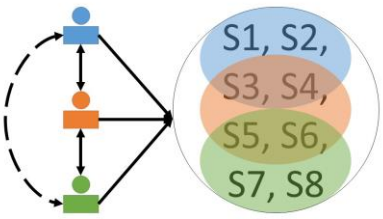
U navedenoj formuli, I_i je skup servisa koje je koristio korisnik *i*, avg_j je vrednost dobijena agregacijom vrednosti evaluacije servisa *j*, *d* je faktor prigušenja pri čemu je vrednost unutar intervala (0, 1).

$$avg_j^{k+1} = \frac{1}{|U_j|}\sum_{i\in U_j} q_{i,j} \cdot r_i^k \quad (2)$$

$$avg_j^1 = \frac{1}{|U_j|}\sum_{i\in U_j} q_{i,j} \quad (3)$$

Za formulu (2) neophodno je pojasniti da U_j predstavlja skup korisnika koji je koristio servis *j*, a r_i^k je vrednost reputacije korisnika *i* određene u iteraciji *k*.

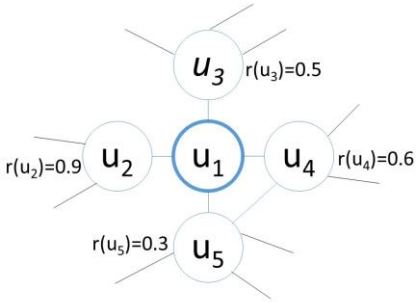
Do sada su povezanosti posmatrane samo direktno i to u odnosu korisnik-servis. Na Internetu postoji veliki broj interakcija koje omogućavaju da se odredi indirektna/tranzitivna povezanost. Ne sme se zaključiti da dva korisnika nisu slična samo zato što ne koriste iste servise. Primer je prikazan na slici 1.



Slika 1. Primer indirektne povezanosti između „zelenog“ i „plavog“ korisnika (Primer uradjen po modelu figure 3 iz rada [5])

Još jedna optimizacija koja se može primeniti radi preciznijeg predviđanja, jeste modelovanje eksplicitnih veza. Značaj nekog čvora grafa se može donekle odrediti i na osnovu stepena čvora. U ovom kontekstu stepen čvora

određuje koliko servisa koristi neki korisnik. Treba naglasiti, da se samo donekle ovo može razmatrati iz razloga što u konkretnim situacijama se može desiti da čvor koji je slabo povezan ima visoku reputaciju. U radu [5] se preporučuje kombinovanje stepena čvora sa reputacijom čvora kako bi se dobila što preciznija slika prilikom određivanja povezanosti.



Slika 2. Primer rešenja sa stepenom čvora i reputacijom (Primer uradjen po modelu figure 4 iz rada [5])

Ostaje još jedino primena kolaborativnog filtriranja. Za posmatranog korisnika *u* određuje se k-najsličnijih korisnika koji imaju najveći stepen sličnosti. Sličnost između svaka dva korisnika se određuje na sledeći način:

$$Sim(u_i, u_j) = \frac{\vec{u_i} \cdot \vec{u_j}}{\|\vec{u_i}\| \times \|\vec{u_j}\|} \quad (4)$$

Kada se izvrše svi prethodni koraci ostaje još da se odredi sama vrednost predikcije. Predikcija je određena sledećom formulom:

$$\hat{q}_{u,s} = \bar{q}_u + \frac{\sum_{a \in S(u)} Sim(u,a)(q_{a,s} - \bar{q}_a)}{\sum_{a \in S(u)} Sim(u,a)} \quad (5)$$

C) Reputation-Based Matrix Factorization

Reputation-Based Matrix Factorization (u daljem tekstu *RMF*) metoda, kao i *RANEP* metoda, je metoda koja na adekvatan način dolazi do rešenja uzimajući u obzir verodostojnost korisnika. Osnovu ove metode čini matrica korisnik-servis, gde redovi predstavljaju korisnike, a kolone servise. Svako polje predstavlja *QoS* vrednost.

Kao prvi korak u obradi podataka, neophodno je kreirati matricu korisnik-servis. Takođe, neophodno je sprovesti faktorizaciju matrice kako bi se dobile dve povezane matrice manjih dimenzija. Dve novo kreirane matrice predstavljaju matricu korisnika i matricu servisa kao odvojene matrice. Uz pomoć statističke teorije obučavanja vrši se konstruisanje matrica. Kada se postigne zadovoljavajući prag vrednosti za novokreirane matrice važiće:

$$Q \approx \tilde{Q} = U^T S \quad (6)$$

Da bi se smanjila greška koja postoji prilikom množenja transponovane matrice korisnika i matrice servisa, razlika između predviđene i stvarne vrednosti se minimizuje na sledeći način:

$$\min_{U,S} \mathcal{L}(U,S) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} I_{ij} (q_{ij} - U_i^T S_j)^2 \quad (7)$$

U formuli, I_{ij} je indikator QoS vrednost koji ima vrednost 1 ako je QoS vrednost poznata i 0 u suprotnom.

Postoji šansa od prilagođavanja modela podacima zato se mora dodati regularizacioni izraz. Kako bi se model obučio, neophodno je pronaći minimum funkcije. U tu svrhu primenjuje se gradijentni spust i to na sledeći način:

$$U_i' = U_i - \alpha \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial U_i} \quad (8)$$

$$S_j' = S_j - \alpha \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial S_j} \quad (9)$$

Do sada je prikazano kako da se odredi predviđena QoS vrednost, ali je neophodno u izraz uključiti i reputaciju korisnika. Kako bi se izračunala reputacija korisnika potrebno je kreirati jedan vektor čija se vrednost određuje pomoću L1-AVG algoritma[6]. Jednačina minimizacije se menja, dodaje se parametar r_i, i postaje:

$$\min_{U,S} \mathcal{L}(U,S) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{m} r_i \sum_{j=1}^{n} I_{ij} (q_{ij} - U_i^T S_j)^2 \quad (10)$$

Kako bi se istakao doprinos reputacije, u nastavku je prikazana razlika funkcija minimuma kada se koristi reputacija i kada se taj parametar izostavi:

$$e = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{m} (1 - r_i) \sum_{j=1}^{n} I_{ij} (q_{i,j} - U_i^T S_j)^2 \quad (11)$$

U radu [7] je dat pseudo kod ovog algoritma te je neophodno istaći nekoliko prednosti njegove primene: vrednost konvergira ka jedinstvenom fiksnom vektoru, na rad algoritma ne utiču puno vrednosti neverodostojnih korisnika, lako se može implementirati, skalabilnost.

D) Two Layers Model

Kao što je rečeno, skalabilnost jeste jedan od problema koji naprednije metode treba da rešavaju. *Two Layers Model* (u daljem tekstu *TLM*) metoda je metoda bazirana na *Restricted Boltzmann Machines* (u daljem tekstu *RBM*) metodi koja se fokusira na rešavanje ovog problema.

Suštinu *RBM* metode čini bipartitivni graf čiji se skupovi nazivaju skup vidljivih elemenata i skup sakrivenih elemenata. Za skup vidljivih elemenata važi $\|V\| = m$, a za skup skriveneh elemenata važi $\|H\| = n$. U nazivu metode stoji *Restricted* što znači da ne postoje grane unutar samih skupova, već samo između elemenata skupova. Ova osobina je važna jer utiče na performanse metode. Za veze između elemenata skupova važi:

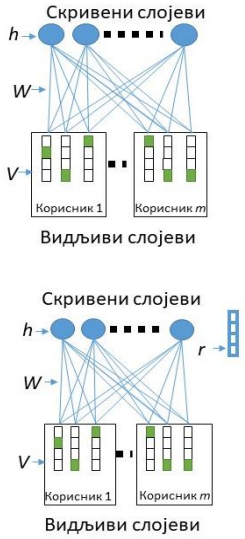
$$E(v,h) = -\sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} v_i w_{ij} h_j - \sum_{i=1}^{m} v_i b_i - \sum_{j=1}^{n} c_j b_j \quad (12)$$

Za formulu (12), v_i je vrednost vidljivog elementa (predstavlja korisnike), h_j je vrednost skrivenog sloja (predstavlja servise), w_{ij} je težina grane povezanosti, b_i i c_j su takozvane osnove. Kako bi se model obučio na što bolji način, vrednosti osnove i težine treba prilagoditi. Menjanjem ovih vrednosti, određen element skupa može dobiti više „na važnosti“ i značajnije uticati na krajnji rezultat. Parcijalni izvod se dobija na sledeći način:

$$\frac{\partial}{\partial w_{ij}} \log P(v) = E_1(v_i h_j) - E_2(v_i h_j) \quad (13)$$

E_1 i E_2 su očekivanja verovatnoća. Koristi se *Contrastive Divergence* algoritam kao metoda učenja iz razloga što rezultat brzo konvergira.

RBM metoda se može nadograditi. Kod *TLM* metode skriveni elementi predstavljaju servise, a elementi vidljivog skupa predstavljaju vektore QoS vrednosti. Jedan vektor sadrži *QoS* vrednost koja se odnosi na sadržaje jednog servisa. Na narednoj slici je dat prikaz odnosa u okviru bipartitivnog grafa.



Slika 3. Modelovanje bazičnog modela (gornji model) i uslovni *TLM* model (donji model) (Primer uradjen po modelu figura 2 i 3 iz rada [8])

Svaka matrica korisnika se smatra zasebnim skupom za treniranje. Iako se svaka matrica posmatra zasebno, one ipak utiču jedna na drugu i to se ogleda u performansama algoritma. Imajući u vidu da su težina i osnova svih korisnika povezane, onda se u slučaju da dva korisnika imaju identičnu matricu mora dobiti i identična težina tih korisnika ka posmatranom servisu. Za računanje povezanosti koristi se *softmax* funkcija.

Kako bi se osposobio algoritam tako da može u razmatranju da koristi i stav korisnika o korišćenom servisu kao korisnu informaciju, prilikom predviđanja definisan je uslovni *TLM* model. Taj model je prikazan na prehtodnoj slici (slici 3.). Od bazičnog *TLM* modela, uslovni *TLM* model se razlikuje po tome što poseduje binarni vektor *r* koji se dodeljuje na nivou korisnika, pri čemu vrednosti vektora predstavljaju implicitnu povratnu vrednost korisnika o korišćenom servisu.

Kada su prikupljene sve poznate informacije, može se početi sa obučavanjem. Računanje parcijalnog izvoda ostaje slično kao kod formule (13). Razlika koja sada postoji jeste ta što se kod *TLM* metode u računici menja skup podataka nad kojim se posmatra distribucija ako je reč o bazičnom *TLM* metodi, dok se kod uslovne *TLM* metode pojavljuje vektor povratnih informacija. Neophodno je, shodno razlikama koje postoje, izmeniti izraz za računanje parcijalnog izvoda. Da bi se optimizovalo traženje minimuma koristi se *momentum method* heuristika. Detaljnije definicije vezane za primenu krajnjih formula se mogu pronaći u [8].

E) Time-Aware Matrix Factorization

Do sada predstavljene metode su svaka na drugačiji način pristupale predviđanju *QoS* vrednosti. Ono što je za sve njih zajedničko, a značajno se razlikuje kod *Time-aware Matrix Factorization* (u daljem tekstu *TMF*) metoda, jeste, što se vreme uzima kao bitan parametar. *TMF* metoda prepoznaje vreme kao promenjivu koja utiče na podatke i predikciju. *TMF* metodu čine dva koraka:

1) Predviđanje *QoS* vrednosti uz pomoć primene nekog algoritma za faktorizaciju matrice
2) Primena metoda nalik na aproksimacije (eng. *temporal smoothing method*) na predviđene *QoS* vrednosti.

Podaci prikupljeni od korisnika se čuvaju u trodimenzionalnoj matrici. Svako polje u toj matrici određuje *QoS* vrednost servisa koju je neki korisnik prosledio u određenom trenutku. Kako bi se svelo na dvodimenzionalnu matricu i problem posmatrao kao i kod većine metoda koje koriste faktorizaciju matrice, trodimenzionalna matrica se može definisati kao skup od $|T|$ elemenata, gde svaki element predstavlja dvodimenzionalnu matricu korisnik-servis. Ako se pretpostavi da postoji m korisnika, n servisa i k vremenskih intervala, onda se svako polje dvodimenzionalne matrice može definisati tako da $R_{ij}(t) \in R^{m\times n}$. Takođe, čuva se i podatak o tome koja *QoS* vrednost nedostaje.

Kako bi se ublažila složenost algoritma, neophodno je smanjiti rang matrice. Zato se početna matrica rastavlja na dve matrice manjeg ranga. Način transformacije matrice određen je parametrom d. U formuli (14) U_i i S_j su vektori koji reprezentuju korisnike, odnosno servise. Prilikom ove transformacije mora da važi sledeće:

$$R_{ij} \approx U_i S_j^T = \sum_{p=1}^{d} u_{ip} s_{jp} \quad (14)$$

Sada je potrebno odrediti konstantu v_j i osnovu q_i. To su vrednosti koje zavise od stanja servisa i stanja korisnikovog uređaja, respektivno. Predviđanje za svaku *QoS* vrednost. u zavisnosti od vremena se definiše na sledeći način:

$$\widehat{R_{ij}}(t) = q_i(t) + v_j(t) + \sum_{p=1}^{d} u_{ip}(t) s_{jp}(t) \quad (15)$$

Metoda se optimizuje dodavanjem u formulu informacije o korišćenom sadržaju servisa na sledeći način:

$$\widehat{R_{ij}}(t) = q_i(t) + v_j(t) + \sum_{p=1}^{d} (u_{ip}(t) + \sum_{h\in I_i} \frac{y_{hp}(t)}{\sqrt{|I_i|}}) s_{jp}(t) \quad (16)$$

U formuli (16), I_i je niz koji sadrži podatke o tome koje je servise koristio korisnik *i*. Vrednost elemenata tog niza je 0 ako korisnik nije koristio taj servis ili 1 ako jeste. Funkcija y_{hp} je deo *TMF* metode i ona kao rezultat vraća povratnu informaciju korisnika o korišćenom servisu. Formulu (16) je potrebno na kraju transformisati tako da se traži razlika između stvarne i predviđene vrednosti. Nad transformisanom formulom se primenjuje stohastički gradijentni spust, pri čemu je u svakoj interaciji neophodno ažurirati $q_i(t)$, $v_j(t)$, $u_{ip}(t)$, $s_{jp}(t)$ i $y_{hp}(t)$. Sve funkcije za ažuriranje ovih parametara su date u radu [9], kao i preciznije informacije o ovoj metodi. Do sada, još nije u formule uključena informacija vremena, ali to se postiže tako što se podaci između različitih vremenskih intervala kombinuju:

$$R_{ij}(t) = \begin{cases} \frac{2R_{ij}(t)+R_{ij}(t+1)}{3}, t = 1 \\ \frac{2R_{ij}(t)+R_{ij}(t-1)}{3}, t = |T| \\ \frac{R_{ij}(t-1)+2R_{ij}(t)+R_{ij}(t+1)}{4}, 1 < t < |T| \end{cases} \quad (17)$$

4. ANALIZA METODA ZA PREDVIĐANJE *QOS* VREDNOSTI

Prema analizama iz radova [5], [7] i [9] u narednoj tabeli su istaknuti parametri značajni za dalju analizu.

Tabela 1. Parametri analize

	RANEP (*K*=5)	*RMF*	*TMF*
I	339	339	142
J	5825	5825	4532 (u 16 intervala)
a		$\frac{\sum\lvert q_{ij}-\tilde{q}_{ij}\rvert}{N}$	$\frac{\sum_{i,j,t}\lvert R_{ij}(t)-\widehat{R_{ij}}(t)\rvert}{N}$
b	$\frac{MAE}{\frac{1}{N}\sum_{u,s} q_{u,s}}$		
c	$\sqrt{\frac{\sum_{u,s}\lvert q_{u,s}-\hat{q}_{u,s}\rvert^2}{N}}$	$\sqrt{\frac{\sum(q_{ij}-\tilde{q}_{ij})^2}{N}}$	$\sqrt{\frac{\sum_{i,j,t}\lvert R_{ij}(t)-\widehat{R_{ij}}(t)\rvert^2}{N}}$

U tabeli 1. red *I* ukazuje na broj posmatranih korisnika, red *J* na broj posmatranih servisa, redovi *a*, *b* i *c* sadrže definicije NMAE, MAE i RMSE funkcije respektivno.

Prema [8], *TLM* metoda se primenjuje na često korišćenom i javnom dostupnom skupu podataka *WS-Dream*. U analizi su korišćena dva skupa podataka, i to:

1) Skup koji sadrži informacije o 100 servisa i 150 korisničkih računara. Svi podaci su zapisani u 150 dokumenata od kojih svaki dokument sadrži podatke o 10.000 interakcija korisnik-računar. Nasumično je odabrano 100 fajlova i svaki fajl sadrži informaciju o 1000 interakcija po servisu pri čemu se posmatra 100 servisa.
2) Skup koji sadrži informacije o 142 korisnika i 4532 servisa prikupljenih iz 64 različita vremenska intervala. Informacija sadrži podatke o vremenskom odzivu i propustima saobraćaja na Internetu. Nasumično je odabrano 100 korisnika i 3000 servisa iz 30 različitih vremenskih okvira.

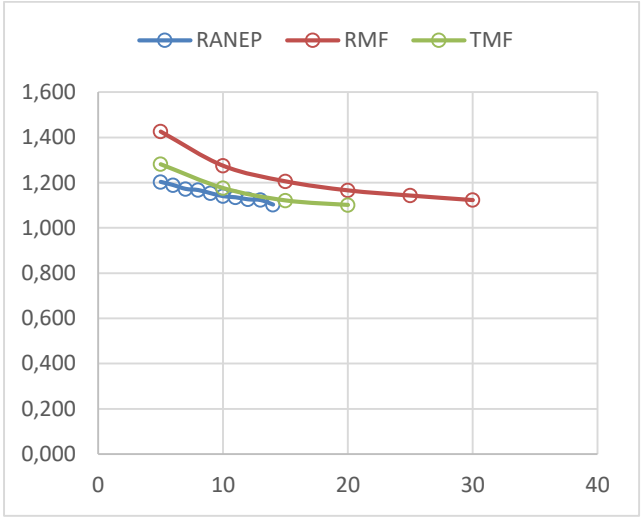
Oba skupa podataka su podeljena u odnosu 80/20 prilikom definisanja skupa za treniranje, odnosno skupa za obučavanje. Prema rezultatima posmatranog eksperimenta, koji su dati u vidu grafikona, može se zaključiti sledeće:

Tabela 2. Rezultati primene *TLM* metode

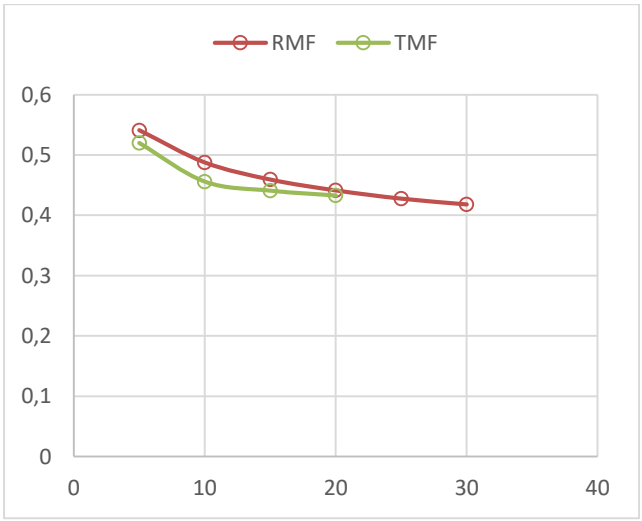
	Skup 1) - RMSE	Skup 2) - RMSE
max	≈0.69 za *T*=1	≈0.68 za *T*=1
min	≈0.57 za *T*=50	≈0.555 za *T*=50

Prikazani rezultati su postignuti uz pomoć neuslovljene *TLM* metode. Isto istraživanje je pokazalo da ako se koristi uslovljena *TLM* metoda, dolazi se brže do konvergencije prilikom traženja minimuma. Takođe, uslovljena *TLM* metoda daje nešto bolje rezultate za veće vrednosti parametra *T*. Ono što je neophodno napomenuti, jeste da rezultati koji su ovde izdvojeni iz [8] su samo rezultati za jednu kombinaciju parametara.

U nastavku su prikazani grafikoni za koje nije moguće uneti podatke za *TLM* metodu, iz razloga što je analiza urađena na drugačijem primeru i parametri koji se posmatraju nisu isti kao kod ostalih metoda. Za *TLM* metodu moguće je zaključiti da je vrednost greške koja se uočava u analizi ove metode drastično manja nego kod ostalih metoda, ali nije moguće izvesti zaključak kakvo bi bilo ponašanje ove metode kada bi se primenila nad istim ili sličnim podacima kao kod ostalih metoda.



Grafikon 1. Prikaz sprovedenih eksperimenata – *RMSE*



Grafikon 2. Prikaz sprovedenih eksperimenata – *MAE*

Ako se posmatraju samo metode prikazane na grafikonu 1. može se zaključiti da za *RMF* metodu, iako su dostupni podaci za popunjenost do 30%, sporije konvergira ka minimumu i ima minimum veći nego *TMF* metoda kada se posmatra do 30% popunjenosti. Za *TMF* metodu se može zaključiti da u celom opsegu do 20% ima vrednost manju od *RMF* metode. Približno za gustinu blizu 18% se može uočiti da je greška slična kao i kod *RANEP* metode. *RANEP* metoda poseduje detaljne podatke za popunjenost manju od 15%, ali je potrebno izvršiti analize i u ostalim slučajevima. Na osnovu dostupnih podataka moguće je zaključiti da je greška u celom posmatranom intervalu manja od vrednosti ostale dve prikazane metode.

Ako se posmatraju samo metode prikazane na grafikonu 2. može se zaključiti da za *RMF* metodu, iako su dostupni podaci za popunjenost do 30%, sporije konvergira ka minimumu i ima minimum veći nego *TMF* metoda kada se posmatra do 30% popunjenosti. Za *TMF* metodu se može zaključiti da u celom opsegu do 20% ima vrednost manju od *RMF* metode i neophodno je ispitati slučajeve kada je gustina veća od 20% da bi se procenile performanse u odnosu na *RMF*. *RANEP* poseduje informaciju samo za normalizovanu vrednost srednje apsolutne greške i ne bi se mogle u potpunosti tačno uporediti performanse sa ostalim algoritmima po kriterijumu srednje apsolutne greške. Kao i kod grafikona 1. tako i kod grafikona 2. nije moguće uneti rezultate eksperimenta koji se dobijaju kod *TLM* metode.

	RMF	*RANEP*	*TLM*	*TMF*
Fokus na …	Verodostojnost		/	/
	/	Skalabilnost		/
	/	/	/	Vreme
Metod učenja	Gradijentni spust	K-klasterizacija	Gradijentni spust + heuristika	Stohastički gradijentni spust
Koristi reputaciju korisnika	Da	Da	Ne u osnovnoj varijanti	Ne direktno (posmatra se kroz vreme)
Model podatka	Sve metode koriste matrice. Razlikuje se način na koji se matrica interpretira			
Osnova	Kolaborativno filtriranje			

Tabela 3. Uporedni prikaz posmatranih odlika

5. ZAKLJUČAK

Predstavljene metode su odabrane sa ciljem da se pokaže koji su sve problemi sa kojim se suočavaju metode za predikciju i kako se pristupa njihovom rešavanju. Prikazan je pojednostavljen način rada metoda sa naglaskom šta predložene metode donose novo i na koji način to novo može poboljšati performanse.

Iz više razloga nije moguće odrediti najbolju metodu. Kao prvo, predložene metode, iako se sve bave predviđanjem *QoS* vrednost, fokusiraju se na različite aspekte problema. Zbog toga, predstavljene metode su prikazane na način kojim se ističe problem koji posmatraju, s tim da nije kod svih metoda analizirano kako elementi problema koji nisu u fokusu utiču na rešenje. Drugo, nisu sve metode primenjene na istim ili sličnim podacima. Treći razlog jeste što analize na istim podacima nisu sprovedene dosledno do kraja na isti način. Ove zamerke ne treba da obeshrabre korisnike za primenu ovih metoda, već treba da im pokažu veliku raznolikost u metodama koje postoje. Doprinos ovog rada je u tome što sagledava predviđanje *QoS* vrednosti iz ugla problema koji se javljaju prilikom predviđanja i što sagledava primenu metoda prilikom rešavanja različitih problema. Rad nudi pregled predloženih metoda tako što je prikazan uprošćen koncept njihovog rada, sa istaknutim elementima prilikom predviđanja. Data je uporedna analiza predloženih metoda kako bi se uočile razlike i sličnosti među njima. U budućim istraživanjima bilo bi interesantno proširiti skup metoda za predviđanje i time pokazati da postoje i metode koje se baziraju na drugačijim algoritmima.

ZAHVALNICA

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

LITERATURA

[1] Xiaoyuan Su, Taghi M. Khoshgoftaar, "A Survey of Collaborative Filtering Techniques", Advances in Artificial Intelligence, vol. 2009, Article ID 421425, 19 pages, 2009. https://doi.org/10.1155/2009/421425

[2] S. H. Ghafouri, S. M. Hashemi and P. C. K. Hung, "A Survey on Web Service QoS Prediction Methods," in IEEE Transactions on Services Computing, doi: 10.1109/TSC.2020.2980793

[3] Mustansar Ali Ghazanfar, Adam Prügel-Bennett, Sandor Szedmak, Kernel-Mapping Recommender system algorithms, Information Sciences, 2012, ISSN 0020-0255, https://doi.org/10.1016/j.ins.2012.04.012

[4] Abhinandan S. Das, Mayur Datar, Ashutosh Garg, and Shyam Rajaram. 2007. Google news personalization: scalable online collaborative filtering. In Proceedings of the 16th international conference on World Wide Web (WWW '07). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 271–280. DOI: https://doi.org/10.1145/1242572.1242610

[5] X. Wang, P. He, J. Zhang and Z. Wang, "QoS Prediction of Web Services Based on Reputation-Aware Network Embedding," in IEEE Access, vol. 8, pp. 161498-161508, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3020825.

[6] Robust Reputation-Based Ranking on Bipartite Rating Networks, Rong-Hua Li, Jeffery Xu Yu, Xin Huang, Hong Cheng , https://www.comp.hkbu.edu.hk/~xinhuang/publications/pdfs/SDM12.pdf

[7] J. Xu, Z. Zheng and M. R. Lyu, "Web Service Personalized Quality of Service Prediction via Reputation-Based Matrix Factorization," in IEEE Transactions on Reliability, vol. 65, no. 1, pp. 28-37, March 2016, doi: 10.1109/TR.2015.2464075.

[8] Thinh, L.V. Qos prediction for web services based on Restricted Boltzmann Machines. J Serv Sci Res 9, 197–217 (2017). https://doi.org/10.1007/s12927-017-0010-6

[9] S. Li, J. Wen, F. Luo and G. Ranzi, "Time-Aware QoS Prediction for Cloud Service Recommendation Based on Matrix Factorization," in IEEE Access, vol. 6, pp. 77716-77724, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2883939.

PRIMERI PRIMENE INTERNETA INTELIGENTNIH UREĐAJA - IoT U OBRAZOVANJU
EXAMPLES OF INTERNET OF THINGS - IoT IMPLEMENTATIONS IN EDUCATION

Nada Ratković Kovačević[1], Đorđe Dihovični[1], Dragan Kreculj[1], Ivana Krulj[2], Radiša Stefanović[3], Dragan Milovanović[3]

[1]The Academy of Applied Technical Studies Belgrade, Belgrade, Serbia
Department of Computer-Machine Engineering, Belgrade, Serbia
[2]The Academy of Applied Technical and Preschool Studies, Nis, Serbia
Department of Vranje, Vranje, Serbia
[3]The Academy of Applied Technical Studies Belgrade, Belgrade, Serbia,
Department of Applied Engineering Sciences, Požarevac, Serbia

Sadržaj *– Trendovi u obrazovanju nameću potrebu za implementacijom inovativnih i funkcionalnih rešenja u nastavi. Prikazani su primeri određenih hardverskih platformi za različite predmete i nivoe učenja. Izabrane su dve integralne platforme Arduino Uno i Raspberry Pi, koje su uglavnom i dostupne u obrazovnim institucijama. Kroz projektne radove studenata, predstavljene su karakteristike i specifične pogodnosti ovih hardverskih komponenata. U podučavanju za kreiranje IoT rešenja, a u cilju realizacije Industrije 4.0, primena navedenog je nezamenljiva i efikasna.*

Abstract *– Trends in education impose the need to implement innovative and functional solutions in teaching. Examples of specific hardware platforms for different subjects and levels of study are presented. Two integrated platforms, Arduino Uno and Raspberry Pi, were chosen, which are mainly available in educational institutions. Through students' projects, the characteristics and specific benefits of these hardware components are described. In teaching the design of IoT solutions, and in order to implement Industry 4.0, the application of the above is irreplaceable and efficient.*

1. INTRODUCTION

Dynamic changes in the modern labour market require and impose adjustment and changes at all levels of education, and in teaching aimed for all ages, from kindergarden to higher education as well as in life-long learning.

Innovations in education are expected to contribute to the wider community and to be the booster of the country's economic development. Innovations in modern education include innovative learning methods, application of new technologies, software platforms and tools, and also hardware components in education [1].

These are as well the topics of several conferences dedicated to the advances in education and its development, e.g. [1]. The first priority of our country in the decades to come is said that should be to adapt the higher education system, which will generate the necessary level and kind of new knowledge and skills, in order to be ready to welcome the changes brought by the fourth industrial revolution. [1]

2. LABORATORY EXERCISES AND PROJECT BASED LEARNING IN HIGHER EDUCATION

Laboratory exercises are very important for acquiring practical knowledge and learning curricula. Laboratory exercises enable verification of theoretical assumptions, gaining experience in practical work in certain disciplines and prepare students for future work in research and design either in industry or in science. There are cases of good practice where companies are donating equipment used in modern industrial processes, and it becomes part of the training of students during studies at some higher education institutions (e. g., MikroElektronika Belgrade). Cooperation between companies and educational institutions creates conditions for improving the quality and outcomes of teaching and education in various fields. [1]

With the transition to on-line teaching, imposed by the Covid-19 pandemics this year and previous as well, the virtual laboratory resources have gained wider acceptance and importance [2]. However, hands on the electronics and programming are not to be avoided or eliminated.

Teaching or learning engineering, computer science, programming, through the projects and practice is used worldwide, e.g. in mechatronics, either in bachelor or in master level studies (e.g. [3], [4], [5]), and it is of considerable importance in education of engineers.

Laboratories enable raising the quality of teaching to a high level through practical testing of theoretical knowledge in certain areas and enable students to acquire skills in handling contemporary/ modern equipment. In addition to teaching and scientific significance, laboratories introduce students to practical engineering work in an exceptional way. Laboratories are also important for the realization of scientific research work in various fields. [1]

Two hardware platforms are selected to be presented here, both in use in practical experimenting on various levels of education. More precisely, Arduino [6] and Raspberry Pi [7] are described, which are worldwide accepted and implemented in learning both programming and electronics through fun and play or game-like approach. All devices resulting from both of the projects, Arduino as

well as Raspberry Pi, can be utilized in order to learn and practice implementation of the internet of things concept – IoT. Arduino and Raspberry Pi are being successfully implemented in curricula of several high education institutions in Serbia, e. g. [3], and [8] - [11]. Student's projects are developed and built using one or another or even both platforms [12], and [13] - [15].

3. IOT AND EMBEDDED SYSTEMS

The term Internet of Things (IoT) marks the future that has already began, where almost all devices that we use are "smart" and connected to each other as well as internetworked with their customers and users [12]. The IoT refers to the interconnected objects, such as machines, mobile or stationary devices, sensors, computers, cell phones, controllers, etc. The IoT can refer to any device connected to computer network in order to collect, process and send information in various manners, for example, through sensors and processors [8]-[11].

In [16] was presented what are the changes that the IoT has taken since its conception with research performed on how technological advances have shaped IoT and fostered the arising of derived names suitable to specific domains. Though the first idea of IoT emerged no more than two decades ago, the technologies that shape and support it have been in development for many years. As its name suggests, one of the core technologies is the Internet itself. Another fundamental technology for the IoT is the embedded computer system. [16]

The term embedded computer system was coined in 1974. to describe a computer that is physically incorporated into a larger system whose primary function is not data processing, and integral to such a system from a design, procurement and operations viewpoint. Embedded computer systems are implemented by using devices like microcontrollers and single board computers, and have recently gained popularity with affordable and easy to use prototyping platforms as Arduino, Raspberry Pi, etc. [16]

A two-step systematic literature review through major publishers and indexing databases was conducted in [16]. The study in [16] confirmed the claim that a consensus on the IoT definition has not been reached by then, as enabling technology keeps evolving and new application domains are being proposed.

As stated in [17] the key features required for employing a large-scale IoT are low-cost sensors, high-speed and error-tolerant data communications, smart computations, and numerous applications. The research in [17] presented a general overview of IoT technology, a summary of previous correlated surveys, a review regarding the main IoT applications, and a section on the challenges of IoT. The purpose of the study in [17] was to fully cover the applications of IoT, including healthcare, environmental, commercial, industrial, smart cities, and infrastructural applications. The work in [17] explained the concept of IoT and defined and summarized its main technologies and uses, offering a next-generation protocol as a solution to the challenges. IoT challenges were investigated to enhance research and development in the fields. [17]

The paper [18] surveyed the IoT standards, technology, architectures, and enabling technologies of the IoT with special attention of security, privacy, and trust aspects. The technologies enabling IoT or its main ingredients are [18]: Radio Frequency Identification (RFID), Wireless Sensor Networks (WSN), Middleware, Cloud Computing and Fog Computing for IoT, and IoT Application Software. A layered IoT architecture is presented in [18], having 5 top-to-bottom layers: Business Layer, Application Layer, Middleware Layer, Network Layer and Perception Layer. Because of heterogeneity nature of IoT devices there are many issues in IoT developmet like coordination and control, data management, scalability, interoperability, security as stated in [18]. Treats, attacks and vulnerabilities of various levels are analysed. [18]

In [19] IoT reliability was defined. The IoT architecture in [19] is of four layers: cloud layer, service management layer, fog layer, and device layer. IoT reliability was discussed in [19] across the four main layers of the architecture. A detailed literature review was presented, which looked at research in device, network and system reliability, while also reviewing the current state of the art anomaly detection methods for the IoT. Lastly, the findings and outputs of this detailed survey have been used to formulate five key research directions for the area of reliability in the Internet of Things. This finding now presents a need for the IoT research community to design and implement solutions according to the directions identified in this paper. These solutions will serve to strengthen and support the reliability of our IoT infrastructure, resulting in a safer and more stable paradigm for its users. [19]

Apart from reliability, safety and security od IoT systems are very important. In [20] is stated that having in mind the amount of intimate data IoT devices collect, it is scary to see how much exposure people have to cyber-attacks. The book [20] covered a number of topics, ranging from hardware and embedded exploitation, to firmware exploitation, to radio communication. In [20] reasons for the security vulnerabilities of IoT systems are explored, as well as how to perform IoT penetration testing.

IoT provides a lot of opportunities and inventive options to the education at different levels of operation. Variety of options for use in education and teaching in schools and in higher education are explored in [21], [22] and [23].

4. ARDUINO DEVELOPMENT BOARDS

Arduino [6] is an open-source electronics development platform based on easy-to-use hardware and software. Arduino boards are able to read digital or analog inputs and to produce digital or PWM (Pulse Width Modulated) outputs. Arduino boards can 'listen' to a sensor, read a finger pressed on a button, or read either a Twitter or SMS message - and turn it into an output - activating a motor, turning on an LED (Light Emitting Diode),

publish something online. One can tell to the Arduino unit what to do by sending a set of instructions to the microcontroller on the board. To do so one can use the Arduino programming language (based on Wiring), and the Arduino Software - Arduino Integrated Development Environment (Arduino IDE), based on Processing. [6]

The Arduino boards are versatile and there are more than 30 available models. The boards are sold at affordable prices. The blueprints for making these are open-access and free to download and to use. Arduino IDE is the free software too. Over the years Arduino has been the hart and brain of thousands of projects, from everyday objects to complex scientific instruments. A worldwide community of makers - students, hobbyists, artists, programmers, and professionals - has gathered around this open-source platform, their contributions have added up to an incredible amount of accessible knowledge that can be of great help to novices and experts alike. [6]

Since Arduino Foundation had made the blueprints for Arduino boards all open-acess, many companies worldwide have engaged to manufacture their own Arduino clones. Arduino Uno rev3 board (shown in figure 1. is the SMD variant [6]) when produced by the USA based company SparkFun is named appropriately RedBoard (figure 2. [24], [25]). ATmega328P microcontroller is the central part of this board whether it is Arduino Uno rev3 board or its clone. Both of these have 6 analog channels and 14 digital Input/Output pins, out of which 6 pins can be PWM outputs.

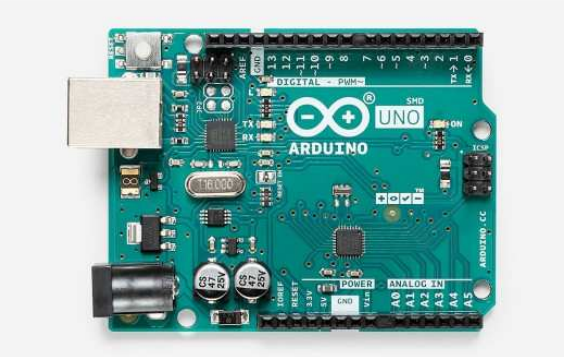


Figure 1. Arduino Uno rev3 SMD board [6], (Image from https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3-smd)

The SparkFun's Inventors Kit or SIK Guide version 3.3 [24] is made open-access. In [24] instructions for 16 circuits that are easy to assemble and program, are given and complemented with code examples. SIK Guide version 4.0a in [25] is open access as well and 16 exercises are explained in detail and organized in five projects: light, sound, motion, display and robot. That is why the term "physical computing" was coined: either the Arduino or the SparkFun's RedBoard is capable of taking the world of electronics and relate it to the physical world in a real and tangible way [25].

In the Academy of Applied Technical Studies Belgrade, Belgrade, the legal predecessors of its two departments have been succesfuly employing Sparkfun's Inventors Kit with either Arduino Uno or RedBoard for several years in laboratory exercises within classes in various courses. The SparkFun Inventor's Kit [24] has been in use both in Department of Applied Engineering Sciences in Požarevac and in Department of Computer - Mechanical Engineering in Belgrade while [25] is in use in the latter only.

Blog [26] made by five then students describes their modification of all 16 excerises from the original Arduino Uno Starter Kit. All modifications are given in detail, with the list of additional components, eletronic schemes, code, together with photos and videos of the building and running the projects.

Capabilities of the Arduino boards can be expanded using dedicated additional board, called the shields. An example imploying Arduino Uno rev3 board equipped with GSM shield SIM900 and Relay shield is presented in [13].

The work in [12] is description of building up an air-water heat pump. The control unit which is used to regulate and automate operation of the heat pump in [12] has embedded microcontroller PIC 4550 made by the Microchip Technology company. Special attention is paid to security since the heat pump operation is monitored and controlled over the Internet. Various Arduino boards and single board computers were tried out in [12] (one of these being the Raspberry Pi) and connected to PIC 4550 in order to provide remote control of the heat pump operation and temperature data acquisition and data processing. [12]

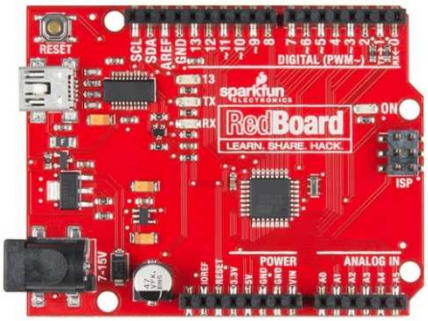


Figure 2. RedBoard made by SparkFun and part of the SparkFun's Inventor's kits v3.3 [24] and v4.0 [25] (photo courtoise of SparkFun under licence CC BY 2.0 is taken from the link https://sparkfun.com/products/13975 Image is cropped)

The system for remote intermittent (on and off) switching of the electrical appliances, by sending messages using SMS (*Short Message Service*) is presented in [13]. Device that was switched on and off remotely was a steam boiler for household heating, having 10 kW power. The system in [13] was designed and produced in order to increase comfort in a household - Smart Home, as well as to make energy consumption more efficient – Smart House, Smart Building concept. The core of the device in [13] was the Arduino Uno R3 (bottom board in the figure 3. [13]). Remote control of the boiler heater was achieved by

sending SMS message, over GSM (Global System for Mobile communication). The remote communication with the Arduino Uno board is provided using GSM shield SIM900 module (board in the middle in the figure 3. [13]). Relay shield (top board in the figure 3. [13]) is used for the power section with relays. The microcontroller's program was created in the Arduino IDE and written in the C/C++ programming language. The device developed and presented in [13] had been in continuous use and operation for several years and is shown in figure 3. [13]

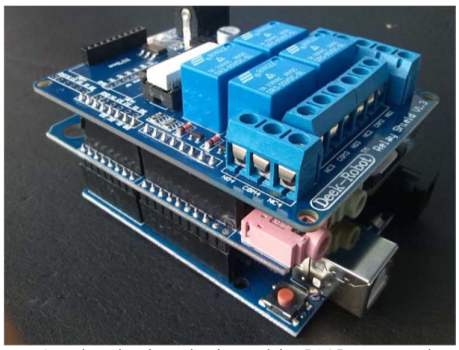


Figure 3. The device designed in [13]: top-to-botom Relay Shield, GMS Shield SIM900 and Arduino Uno R3 (the photo courtoisy of Aleksandar Tomić [13])

In [27], the autonomous toy car is built and shown, which uses the ultrasonic ranging module HC-SR04 to detect and avoid obstacles. Variants of a car, having two, three or four wheels were made, using motor drive shield L293D, and two DC motors. The car has a two-wheel drive, and the third wheel is (or the third and the fourth wheels are) used for support. Inspiration for this project came from the video [28], circuit examples #8, #9 and #12 from [24] and the project 5 from [25], and code was adapted from [29]. A plastic plate is placed on the wheels. Arduino Uno R3 is mounted on the plate. A micro-motor driver shield L293D for Arduino and battery holder are also mounted on the plate. Battery power supply provides autonomous driving of this car. A servo motor is used to sway the ranging module left to right and back for better sensing of the wider area. The sensor in this module allows the car to move autonomously without colliding with objects in front of it. Microcontroller on the Arudino Uno board is programmed to the use the distance ranging and operate the motor drive. Programs defining various tasks are written and loaded into the microcontroller and the device is carrying out these tasks. [27]

5. RASPBERRY PI

The Raspberry Pi is a small or single board computer developed by the Raspberry Pi Foundation [7]. This UK-based foundation performed the charity works to put the power of programming, computing and digital making into the hands of people all over the world. The goal of these efforts was to provide and perpetuate the increase of numbers of people who are able to harness the power of computing and digital technologies for work, to solve problems that matter to them, and to express themselves creatively and even artistically. [7]

Raspberry Pi have engaged millions of people of all ages in learning programming, computing and digital making skills through a thriving network of clubs and events, and through partnerships with various organisations. Raspberry Pi Foundation enables any school to offer students the opportunity to study computing and computer science through providing the best possible curriculum, resources, and training for teachers. The boards are sold at affordable price, while the necessary operating systems (several OSs) and various applications able to run on these platforms are open-access - free to download and use. Foundation works to deepen the understanding of how young people learn about computing and digital making, and to use that knowledge to increase the impact of their own work and to advance the field of computing education. These endevour makes computing and digital making accessible to all through providing low-cost, high-performance single-board computers and free software. [7]

Figure 4. Raspberry Pi 3 model B+ [7] (Image from https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/)

Over the years nine Raspberry Pi single-board computers were developed, and one microcontroller board too (Raspberry Pi Pico). Raspberry Pi 3 model B (in figure 4. [7]) was popular and is still in use e. g. in the Department of Computer-Mechanical Engineering of the Academy of Applied Technical Studies Belgrade.

In [10] 30 projects with Raspberry Pi are given in detail for use in practice and in classes. In the spirit of open-access, the textbook [10] is almost etirely available free.

In [14] basic characteristics of Raspberry Pi computer (RPi in short) are described together with the initial idea upon which it was developed. Variety of models available at the time, and developed in accordance with the customer's needs were explored in [14]. Several examples are given where RPi can be programmed, configured or implemented. These cases illustrate its educational, scientific and practical potential and use. The complete installation process and configuring of PRi are described, and this computer was later implemented in different home applications. It was demonstrated how several concrete challenges are solved by using RPi. [14]

In [15] the main emphasis is placed on the application of Raspberry Pi for programming. A practical example is given of how it is possible to adjust and program

Raspberry Pi to use it to control various systems, in this case robotic arm. The programming was realized using the Wolfram programming language which is implemented in the operating system of the Raspberry Pi itself. In the [15] the QuickShot robot arm SVI 2000 was used. This robotic arm was released in 1985. by Spectravideo International as a toy and educational trainer. The QuickShot robot arm SVI 2000 has five degrees of freedom, three translational joints and two rotary joints. In [15] an interface board is displayed which is neccessary to use Raspberry Pi to control the DC motors of the QuickShot robot arm SVI 2000.

6. CONCLUSION

The IoT makes significant impact on the education sector and gives variety of opportunities for experimentation too. Project based learning is one effective and interesting way of teaching programming and electronics in various areas of engineering using game-like approach.

Open hardware platforms such as Arduino and Raspberry Pi are affordable and useful resources for learning embedded systems and physical programming. Competencies gained in developing projects with SBC (Single Board Computer) such as these are important for easier knowledge transfer to the development of the real world IoT solutions, having more complex functionalities, higher reliability, safety and security.

The open-source hardware and single board computers are well established as a very efficient platform to be used to solve some specified task. IoT oriented labs are feasible and afordable since these can be built using different kind of devices and software which are low-cost or even open-source. Different platforms provide a large number of common features. The assumption can be made that with the careful planning, using mixed equipment, the future IT or IoT lab can be built around small number of specific laboratory sets that can be used in turn by students. The platform diversity will allow choice between numerous different learning and training scenarios. One can hope that this could fulfill the task of modernization and transformation of laboratory sets to cover emerging technologies and trends, to provide gaining competencies for various courses, now and in near future.

REFERENCES / LITERATURA

[1] ***, „Conclusions of the Conference TREND 2020“, The XXVI Conference Trends of Development: “Innovations in the Modern Education”, (in Serbian: Zaključci skupa TREND 2020, XXVI skup Trendovi razvoja: “Inovacije u modernom obrazovanju”), Kopaonik, Serbia, 16 - 19. 02. 2020. (accessed on 11. 01. 2021.) http://www.trend.uns.ac.rs/stskup/zakljucak/Zakljucci-2020.pdf

[2] Krulj, I., D. Kreculj, N. Ratković Kovačević, V. Terzić, and O. Vujić, “Teaching Physics using Google Classroom and digital simulation“, accepted for presentation and presented at the eLearning-2020 the 11th International Conference on eLearning, Metropolitan University, Belgrade, 24. – 25. 09. 2020. Belgrade, 2020. accepted for presentation, presented, in press

[3] Dobrilovic, D., „Welcome to the future (of teaching IT)“, In Proceedings of ITRO Conference 7.0 INTERNATIONAL Conference on Information Technology and Development of Education, University of Novi Sad, Technical Faculty „Mihajlo Pupin“ Zrenjanin, June 2016., pp. 9-16, 2016.

[4] Noriega, A., J. M. Sierra, J. L. Cortizo, M. J. Prieto, F. F. Linera, and J. A. Martin, „Project-Based Learning Applied to Mechatronics Teaching“, In J. C. García-Prada and C. Castejón (Eds.): ISEMMS 2017, New Trends in Educational Activity in the Field of Mechanisms and Machine Theory 2014 - 2017, Springer, Heidelberg, MMS Vol. 64, pp. 49-56, 2019.
(accessed on 11. 02. 2021.)
https://doi.org/10.1007/978-3-030-00108-7_6

[5] Miljevic, N., N. Ratkovic Kovacevic, and Dj. Dihovicni, *Automation of Cup Filling Machine by Inserting PLC Control Unit for Educational Purpose*, in Experimental and Computational Investigations in Engineering, Springer, N. Mitrovic et al. (Eds.): CNNTech 2020, LNNS 153, pp. 344–361, 2021.
(accessed on 11. 01. 2021.)
https://doi.org/10.1007/978-3-030-58362-0_20.

[6] Arduino foundation site (accessed on 11. 02. 2021.) https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction

[7] Raspberry Pi foundation site
https://www.raspberrypi.org/ (accessed on 11. 02. 2021.)

[8] Drajić, D. Introduction to IoT (Internet of Things), (in Serbian: Uvod u IoT (Internet of Things)), Academic Mind and University of Belgrade, School of Electrical Engineering, ISBN:978-86-7466-670-8, Belgrade, 2017.

[9] Radenković, B., M. Despotović-Zrakić, Z. Bogdanović, D. Barać, A. Labus, and Ž. Bojović, Internet of Things – the first textbook in Serbian on Internet of Things, (in Serbian: Internet inteligentnih uređaja – Prvi udžbenik na srpskom jeziku iz oblasti Internet of things), University of Belgrade, Faculty of organizational sciences, Belgrade, 2017. ISBN:978-86-7680-304-0
https://elab.fon.bg.ac.rs/udzbenik-internet-inteligentnih-uredaja/ (accessed on 11.01.2021.)

[10] Radenković, B., M. Despotović-Zrakić, Z. Bogdanović, D. Barać, and A. Labus, The Practicum in Internet of Things – the first practicum in serbian on IoT, (in Serbian: Praktikum Internet inteligentnih uređaja – Prvi praktikum na srpskom jeziku iz oblasti Internet of things), University of Belgrade, Faculty of organizational sciences, Belgrade, 2017. (accessed on 11. 01. 2021.)
https://elab.fon.bg.ac.rs/praktikum-iz-interneta-inteligentnih-uredaja/

[11] Tanasković, M., Internet of Things IOT, (in Serbian: Internet stvari IOT), Singidunum University, Belgrade, 2020. (accessed on 11. 01. 2021.)

https://singipedia.singidunum.ac.rs/izdanje/43200-internet-stvari

[12] Nastasić, A., „Theoretical Analysis and Building a Heat Pump with Automatic Control for a Specific Implementation“, (in Serbian: „Teorijska analiza i izrada toplotne pumpe specifične namene sa automatskim upravljanjem“), master thesys in Master of Applied Studies in Mechanical Engineering, Advisor PhD Jelena Pavličević, associate professor, Co-advisor Mr Radule Šoškić, Tehnical College Beograd Belgrade, 25. 06. 2019., Belgrade, 2019.

[13] Tomić, A., R. Stefanović, N. Ratković Kovačević, and A. Srdanov, „The System for a Remote Turning-On/ Turning-Off of the Electrical Appliances by Sending SMS“, (in Serbian: Sistem za daljinsko uključivanje i isključivanje električnih uređaja, slanjem SMS poruka), in Proceedings of the XXIII International Scientific and Professional Conference Information Technologies - Present and Future IT'18, 19. 02. – 24. 02. 2018., Žabljak, Montenegro, pp. 79-82, 2018. (accessed on 11. 01. 2021.) http://www.it.ac.me/zbornici/Zbornik%20IT18.pdf

[14] Grujić-Petrovič, K., "Characteristcs and use of the Raspberry Pi Computer“, (In Serbian: „Karakteristike i upotreba Raspberry Pi računara“), master thesys, Advisor PhD Nenad Mitić, University of Belgrade, Mathematical Faculty, Belgrade, 2014. (accessed on 13. 02. 2021.) http://www.racunarstvo.matf.bg.ac.rs/MasterRadovi/2014_03_10_Ksenija_Grujic-Petrovic/rad.pdf

[15] Vuković, T., "Robot arm control with Raspberry Pi programmed by Wolfram language“, (In Serbian: „Upravljanje robotskom rukom pomoću Raspberry Pi programirano Wolfram jezikom“), graduation work for a degree of Professional Bachelor in Electrical Engineering and Computing, Advisor N. Ratković Kovačević, Technical College Požarevac, Požarevac, 2015.

[16] Ibarra-Esquer, J. E., F. F. González-Navarro, B. L. Flores-Rios, L. Burtseva, and M. A. Astorga-Vargas, "Tracking the Evolution of the Internet of Things Concept Across Different Application Domains“, Sensors, Vol. 2017, Iss. 17, No. 1379, pp. 1-24, 2017. doi:10.3390/s17061379 (accessed on 11. 01. 2021.) https://www.mdpi.com/1424-8220/17/6/1379/pdf

[17] Hassan, Rosilah., Faizan Qamar, Mohammad Kamrul. Hasan, Azana Hafizah Mohd Aman and Amjed Sid Ahmed, "Internet of Things and Its Applications: A Comprehensive Survey“, MDPI Symmetry, Vol. 2020, Iss. 12, No. 1674, pp. 1 – 29, 2020. doi:10.3390/sym12101674

[18] Bharati, Taran Singh, "Internet Of Things (Iot): A Critical Review“, International Journal of Scientific & Technology Research, Vol. 8, Iss. 10 October, pp. 227 - 232, 2019. (accessed on 11. 01. 2021.) http://www.ijstr.org/final-print/oct2019/Internet-Of-Things-iot-A-Critical-Review.pdf

[19] Moore, S. J., C. D. Nugent, S. Zhang and I. Cleland, "IoT reliability: a review leading to 5 key research directions“, [Review Paper, Open Access, Published: 07 August 2020], CCF Transactions on Pervasive Computing and Interaction, Volume 2, 2020., pp. 147–163. (accessed on 11. 01. 2021.) https://link.springer.com/article/10.1007/s42486-020-00037-z

[20] Gupta, Aditya, The IoT Hacker's Handbook - A Practical Guide to Hacking the Internet of Things, Apress, Walnut, 2019. (accessed on 14. 02. 2021.) https://doi.org/10.1007/978-1-4842-4300-8_1

[21] Minić, S. and D. Kreculj. "The IoT in Education“, In Proceedings of ITRO Conference 7.0 International Conference on Information Technology and Development of Education, University of Novi Sad, Technical Faculty „Mihajlo Pupin“ Zrenjanin, June 2016., pp. 261-264, 2016.

[22] Kreculj, D., N. Ratkovic Kovacevic, I. Krulj, Dj. Dihovicni, "The IoT in Education and Teaching“, The XXVII Conference Trends of Development: "On-Line Teaching at the Universities", Novi Sad, 15. 02. - 18. 02. 2021., pp. 407 – 410. (accessed on 31. 03. 2021.) http://www.trend.uns.ac.rs/TREND2021-zbormik-radova.pdf

[23] ***, "IoT in Education Industry - Smart Classroom Technology“, a blog of the company Chapter247, Published on-line February 8. 2020. (accessed on 11. 01. 2021.) https://www.chapter247.com/blog/iot-in-education-industry-smart-classroom-technology/

[24] ***, SIK Guide - Your guide to the SparkFun Inventor's Kit for the SparkFun RedBoard, version 3.3 https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Kits/SIK/V33/SIK%203.3%20Manual.pdf (accessed 09. 04. 2021.)

[25] ***, SparkFun Inventor's Kit version 4.0a - Your Guide to the SIK for the SparkFun RedBoard https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Kits/SIK/SparkFun_Inventors_Kit_Guide_V4.0a.pdf (accessed 09. 04. 2021.)

[26] ***, „Programming Arduino“, a blog made by five engineering students of the Catalonia's Polytechnic University, Barcelona, Catalonia, Spain, 26. 02. – 08. 03. 2016. (accessed on 14. 02. 2021.) https://programminginarduino.wordpress.com/2016/page/2/

[27] Nikolić, N., „Arduino Uno project - a car with sensor“, (in Serbian: „Arduino Uno projekat automobil sa senzorom“), graduation work for a degree of Professional Bachelor in Mehanical Engineering, Advisor N. Ratković Kovačević, Technical College Beograd, Belgrade, 2019.

[28] DIY Builder profile, "How To Make A DIY Arduino Obstacle Avoiding Car At Home“, YouTube video, (accessed on 08. 07. 2019.) https://www.youtube.com/watch?v=1n_KjpMfVT0

[29] Adafruit Motor shield library, Adafruit Industries LLC, 2009. (accessed on 08. 07. 2019.) http://www.mediafire.com/file/9b9sdwghbv105ll/ARDUINO_OBSTACLE_AVOIDING_CAR.ino/file https://www.mediafire.com/folder/mkevljzuq4ayd/Library

AUTOMATIZACIJA OCENJIVANJA PYTHON PROGRAMSKIH ZADATAKA NA SISTEMU MOODLE SA DODATKOM CODERUNNER

GRADING AUTOMATIZATION OF PYTHON PROGRAMMING ASSESMENTS USING MOODLE SYSTEM WITH CODERUNNER PLUG-IN

Jovan Đukić[1], Vladimir Jocović[1], Marko Mišić[1], Jelica Protić[1], Aleksa Srbljanović[1], Miloš Obradović[1]
Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet [1]

Sadržaj – *Upotreba sistema za automatizaciju ocenjivanja dostigla je vrhunac u jeku pandemije virusa COVID-19, a poseban izazov predstavlja prilagođenje ovih sistema formi programskih zadataka. Predstavićemo realizaciju ovakvog sistema korišćenjem Moodle platforme i CodeRunner dodatka, koji pruža fleksibilnost u ocenjivanju programskih zadataka dizajniranjem posebnih skripti. Izložićemo rezultate korišćenja ove metodologije na kursevima programiranja na prvoj godini osnovnih akademskih studija Elektrotehičkog fakultetu u Beogradu, za programski jezik Python.*

Abstract – *The use of automated assessment grader systems reached its peak during the COVID-19 virus pandemic. Moreover, the challenge is to adapt these systems to the form of programming assignments. We will present the implementation of such a system using the Moodle platform and CodeRunner plugin, which provides flexibility in evaluating programming assignments through the design of special scripts. We will present the results of using this methodology for the programming language Python, in programming courses at the first year of bachelor academic studies at the School of Electrical Engineering, Belgrade.*

1. UVOD

Nastava programiranja na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu na prvoj godini osnovnih akademskih studija u zimskom semestru obuhvata obavezni predmet Programiranje 1 (u daljem tekstu P1) na oba akreditovana studijska programa. U pitanju je masovni kurs koji svake godine pohađa oko 900 studenata. Po novoj akreditaciji se od školske 2020/2021. godine na predmetu P1 izučava programski jezik *Python*. Predmet predstavlja uvodni kurs i obuhvata gradivo potrebno za sticanje osnovnih programerskih veština i usvajanje računarskih koncepata.

Uzevši u obzir navedeni broj studenata i tematiku kurseva, ocenjivanje studenata predstavlja veliki izazov i iziskuje veliki napor predmetnih nastavnika i saradnika. Ručno ocenjivanje velikog broja studentskih rešenja programskih zadataka na papiru neminovno je podložno uticaju subjektivnosti pregledača. Studenti na papiru često pišu veliku količinu šablonskog programskog koda, koji nije zahtevan postavkom problema, verujući da će im više napisanog koda doneti veći broj poena. Dodatno, studenti često realizuju rešenje koje je funkcionalno za manji podskup slučajeva problema, ali ne rešava opšti problem. Na kraju, studenti često prilažu koncept rešenja koji, iako dobro osmišljen, ne ispunjava svoju svrhu, jer se ne može uspešno izvršavati.

Uvođenjem automatskog ocenjivanja u potpunosti su prevaziđeni gore navedeni problemi. Od studenata se sada zahteva da, pored toga što moraju da poseduju određene programerske veštine, implementiraju i testiraju rešenje problema u zadatom okruženju.

U ovom radu biće opisana realizacija automatskog ocenjivanja, kao i sve promene i novine na predmetu koje je bilo neophodno uvesti kako bi se uspešno sproveo ovakav oblik nastave. U drugom poglavlju biće predstavljeni postojeći sistemi za automatsko ocenjivanje. Treće poglavlje sadrži detaljniji opis skripte za ocenjivanje i načina na koji ona radi. U finalnom poglavlju su dati zaključak rada, kao i pravci daljeg razvoja i istraživanja.

2. POSTOJEĆI SISTEMI

Sistemi za automatsko ocenjivanje nisu novina. Danas postoji veliki broj takvih sistema. U radu autora Szymon Wasik et al. [1] predstavljena je klasifikacija ovakvih sistema iz koje se može videti da razlika između ovih sistema proizilazi iz njihove namene, odnosno od toga da li se oni koriste u edukaciji, industriji, realizaciji takmičenja, itd. Često su ovakvi sistemi integrisani sa opštim sistemima za elektronsko učenje (*Learning Management Systems – LMS*), kao što su *Moodle*, *Blackboard* ili *Canvas*.

Shodno tome, neophodno je izabrati opciju koja odgovara potrebama samog kursa, ali i njegove postojeće infrastrukture. Imajući u vidu da su sistemi za automatsko ocenjivanje često prilagođeni određenim potrebama škola ili kompanija, može se desiti da ne postoji sistem koji u potpunosti zadovoljava sve zahteve kursa te je stoga neophodno pribeći drugim opcijama.

Jedna opcija jesta da se takav sistem implementira od početka. Primer takvog pristupa jeste sistem *Edgar* [2]. Ovaj sistem je razvijen na Fakultetu elektrotehnike i računarstva, Univerziteta u Zagrebu i predstavlja nadograđeni *LMS* sistem. Neka unapređenja ovog sistema su opširan prikaz ocena studenata, nadgledanje studenata u toku izrade testova i sl. Malo drugačiji sistem razvijen tako da odgovara specifičnim potrebama kursa opisali su Thulasi Ram Naidu et. al. [3]. Ovaj sistem nije razvijen za potrebe automatskog ocenjivanja, već je namenjen za kreriranje okruženja i sadržaja za učenje uz mogućnost lake pretrage i izmene datog sadržaja.

Druga opcija jeste prilagođavanje već postojećeg *LMS* potrebama kursa. Moodle [4] je jedna od najpopularnijih *LMS* platformi za učenje koja, pored distribucije materijala, podržava kreiranje pitanja različitog tipa, formiranje testova na osnovu tih pitanja i njihovo automatsko ocenjivanje. Međutim, tek upotrebom *CodeRunner* [5] dodatka dobija se mogućnost

automatskog ocenjivanja programskog koda u njegovom osnovnom obliku (ocenjivanje poklapanja očekivanog i dobijenog izlaza programa). Marcus Soll et al. [6], David Croft et al. [7] i Vladimir Bralić et al. [8] prikazuju neke od primera upotrebe ovog dodatka u edukativne svrhe. Međutim, u ovim radovima se navodi korišćenje standardnih tipova *CodeRunner* pitanja i ni u jednom radu se ne pominje fleksibilnost ovog dodatka koja se postiže pisanjem namenske skripte za ocenjivanje. S obzirom na to da potrebe naših kurseva prevazilazile mogućnosti koje pružaju standardni tipovi pitanja, bilo je neophodno napisati skripte za ocenjivanje koje će detaljnije biti opisane u nastavku rada.

3. IMPLEMENTACIJA SKRIPTE ZA OCENJIVANJE

U višegodišnjem procesu ocenjivanja studentskih radova uočeni su sledeći aspekti programskog koda kojima uvek posvećujemo veliku pažnju:

- Sintaksna ispravnost koda
- Semantička ispravnost koda
- Korektna upotreba resursa

Korektna upotreba resursa u slučaju jezika Python podrazumeva ispravan rad sa datotekama. Iako standardni tipovi pitanja *CodeRunner* dodatka mogu da provere ispravnost prve dve stavke, proveru treće stavke je nemoguće implementirati bez dodatne dorade skripte za ocenjivanje. Takođe, sam zadatak može zahtevati od studenata da:

- Deo ulaznih podataka čitaju sa standardnog ulaza, a deo iz ulaznih datoteka
- Deo izlaznih podataka ispisuju na standardni izlaz, a deo u izlazne datoteke
- Koriste parametre prosleđene putem komandne linije

Pored toga, potrebno je obezbediti ograničeno vreme izvršavanja koda, kao i fleksibilan način ocenjivanja jer se sada izlazni podaci mogu naći i na standardnom izlazu i u izlaznim datotekama pa ocenjivanje koje pruža *CodeRunner* dodatak nije adekvatno. Ono što nije navedeno u pomenutim zahtevima, ali je podržano u našoj skripti, jesu dodatna ograničenja koja zabranjuju korišćenje određenih sintaksnih konstrukcija.

Imajući u vidu sve navedeno, rad skripte se može podeliti na sledeće faze:

1. Provera dodatnih ograničenja
2. Izvršavanje koda sa dostupnim test primerima, gde se za svaki test primer obavljaju sledeći koraci:
   a. Formiranje test primera
   b. Pokretanje test primera
   c. Provera ispravne upotrebe resursa
   d. Provera semantičke ispravnosti koda
3. Formiranje tabele sa rezultatima

Svaka od navedenih faza izvršava se na *Job* serveru koji je odvojen isključivo za potrebe *CodeRunner* dodataka i koji održavaju administratori Računarskog Centra Univerziteta u Beogradu. Na serveru se nalazi *Linux OS*, pa je moguće koristiti sve alatke u njegovom sastavu uključujući i *Python* interpreter.

Razvoj skripte je obavljen u više iteracija, sve dok nije postignuto zadovoljavajuće rešenje. Razlog je taj što se sada dodatna pažnja mora posvetiti smišljanju zadataka i njihovom prilagođavanju *CodeRunner* dodatku. Proces smišljanja, prilagođavanja i realizacije zadatka pomoću *CodeRunner* dodatka koji je nastao kao posledica načina implementacije skripte za ocenjivanje prikazan je slikom 1.

Slika 1. Tok formiranja zadatka

Prvi korak je smišljanje samog zadatka. Međutim, zadatak se sada mora izdeliti na logičke celine, najčešće realizovane kao zasebne funkcije. Zatim, neophodno je za svaku celinu formirati pitanje sa test primerima. Ovo podrazumeva implementaciju celine, kao i pisanje koda za pokretanje date celine (u slučaju jezika *Python* kod za pokretanje predstavlja skripta koja poziva funkciju koja implementira datu celinu). Pored toga, u većem broju slučajeva celine su međusobno zavisne, odnosno implementacija jedne celine zahteva korišćenje implementacije druge celine. S obzirom na to da *CodeRunner* dodatak ne pruža mogućnost uvezivanja pitanja, potrebno je obezbediti implementaciju ovih celina. Svi navedeni koraci se vrše kroz promenu već definisanih promenljivih u skripti za ocenjivanje.

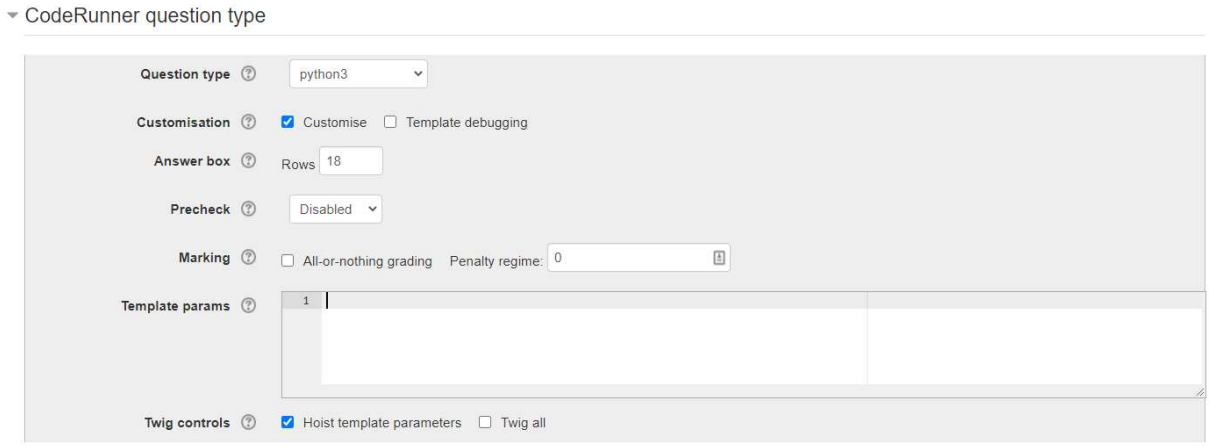
Iz priloženog se može zaključiti da ceo postupak zahteva više organizacionog napora. Međutim, samo smišljanje i prilagođavanje zadatka je dosta interesantnije nego ranije. Pored toga, postiže se velika ušteda vremena u odnosu na pregledanje zadataka u vežbankama.

U narednim potpoglavljima biće prikazani detalji bitni za korišćenje i implementaciju same skripte.

3.1. IZVRŠNO OKRUŽENJE SKRIPTE

CodeRunner dodatak pruža formu za pravljenje pitanja koja se sastoji iz nekoliko delova od kojih će ovde biti opisani samo oni delovi koji su bitni za pisanje skripte za ocenjivanje.

Prvi deo forme, prikazan na slici 2, sadrži neka opšta podešavanja pitanja. Za tip pitanja (*Question type*) je



Slika 2. Opšta podešavanja pitanja

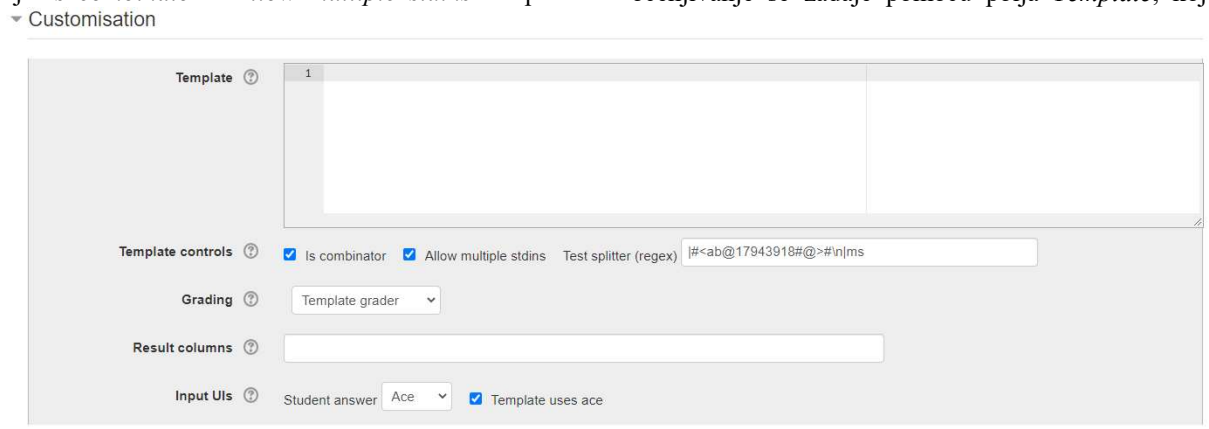
neophodno izabrati opciju *python3*. Jeziku u kome se piše skripta zavisi od izabranog tipa i u tom slučaju je jezik skripte *Python*. Pored toga neophodno je odabrati opciju *Customise* koja omogućava zadavanje sopstvene skripte za ocenjivanje umesto one koju pruža dodatak. Podrazumevana vrednost za broj redova u tekstualnoj površi za upisivanje studentskog odgovora (*Answer box*) je 18 i ona se može promeniti. Opcija *Precheck* omogućava studentima vidljivost još jednog dugmeta za proveru sopstvenog rešenja. Ta provera je moguća samo jednom i ona ne umanjuje ukupan broj ostvarenih poena, bez obzira na vrednost upisanu u polju *Penalty regime*. Odluka predavača na kursu je da se studentima obezbedi mogućnost provere koda bez oduzimanja poena i stoga je u polju *Penalty regime* upisana vrednost 0. U polju *Template params* mogu se specificirati parametri šablona u JSON formatu i kojima se može pristupati na proizvoljnom mestu u polju šablona pitanja (*Template*). Opcijom *Hoist template parameters* parametri šablona se uvode u globalni prostor imena preprocesora *Twig* i omogućava se njihovo korišćenje unutar šablona pitanja bez potrebe za punom imenovanom kvalifikacijom (dovoljno je koristiti njihova imena).

Drugi deo forme, dat na slici 3, sadrži podešavanja skripte za ocenjivanje. Polje *Template* služi za unos *Python* koda koji izvršava sam proces ocenjivanja, koji će biti opisan u nastavku. Opcijama *Template controls* se podešava način izvršavanja skripte. Ukoliko se označe opcije *Is combinator* i *Allow multiple stdins* skripta se izvršava jednom za sve test primere. Opcijom *Grading* se zadaje način formiranja tabele sa rezultatima. Potrebno je odabrati vrednost *Template grader* pomoću koje se formiranje tabele ostavlja skripti za ocenjivanje. U ovom slučaju sadržaj polja *Result columns* treba ostaviti prazan. *Test splitter (regex)* polje koristi se za razdvajanje rezultata test primera kada se koristi podrazumevana skripta za dati tip pitanja, što kod nas nije slučaj, pa sadržaj ovog polja nije bitan. Student answer padajuća lista omogućava izbor jednog od načina za prilaganje studentskog odgovora, što je u našem slučaju *Ace* editor izvornog koda.

Poslednji bitan deo forme, dat na slici **Error! Reference source not found.**4, sadrži polja za unos test primera. Polje *Test case* služi za unos koda kojim se proverava studentski odgovor. Polje *Standard input* služi za unos ulaznih podataka. Polje *Expected output* služi za unos očekivanog rezultata. Odabirom opcije *Use as example* sam test primer se priključuje postavci zadatka. Polje *Mark* se koristi za unos broja poena koje nosi dati test primer. S obzirom na to da se broj poena koje nosi zadatak unosi kasnije (prilikom sastavljanja testova), ova opcija se koristi da naznači relativnu težinu test primera, odnosno koliko puta je jedan test primer lakši ili teži od drugog, gde vrednost 1 predstavlja referentnu vrednost.

3.2. SKRIPTA ZA OCENJIVANJE

Kao što je navedeno u prethodnom odeljku, skripta za ocenjivanje se zadaje pomoću polja *Template*, koje se



Slika 3. Podešavanja skripte za ocenjivanje

nalazi u okviru podešavanja koja se tiču izvršavanja same skripte. Skripta se piše u jeziku *Python*, ali se pre samog izvršavanja pretprocesira pomoću alata koji se naziva *Twig* i koji je sastavni deo *CodeRunner* dodatka. Alat daje mogućnost korišćenja predefinisanih promenljivih, pomoću kojih se pristupa poljima forme. Sve promenljive su date kao niske znakova (tip *string*). Imena promenljivih i njihova značenje su dati u nastavku:

- *STUDENT_ANSWER* – programski kod koji je predat od strane studenta u toku izrade zadatka
- *TESTCASES* – niz testova koji su uneti tokom formiranja pitanja
- *TEST.testcode* – kod za testiranje studentskog odgovora unet u polje *Test case* prilikom formiranja pitanja
- *TEST.stdin* – ulazni podaci za testiranje studentskog odgovara uneti u polje *Standard input* prilikom formiranja pitanja
- *TEST.expected* – očekivani izlazni podaci za testiranje studentskog odgovora uneti u polje *Expected output* prilikom formiranja pitanja
- *TEST.mark* – broj poena koje nosi dati test primer unet u polje *Mark* prilikom formiranja pitanja

Ove promenljive se koriste u kodu navođenjem njihovog imena između dva para vitičastih zagrada u sledećem formatu:

```
{{ imePromenljive }}
```

Twig alat vrši jednostavnu tekstualnu zamenu. Svaku promenljivu menja vrednošću koja je uneta prilikom kreiranja pitanja. S obzirom na to da se ove promenljive koriste kao stringovi i da je u poljima forme moguće uneti znakove kao što su navodnici, neophodna je dodatna obrada ovakvih promenljivih, čiji je rezultat zamena karaktera koji imaju specijalno značenje (znak " sa \"). Ova obrada se postiže korišćenjem ugrađene funkcije sa nazivom *e*, kojoj se kao parametar prosleđuje jezik u kome se piše skripta. Ugrađena funkcija *e* predstavlja filter, koji se znakom | odvaja od promenljive koju modifikuje:

```
{{ imePromenljive | e('py') }}
```

Pored toga, *Twig* alat dozvoljava korišćenje kontrolnih struktura, konkretno *for* petlje, koja se u našem slučaju koristi za iteriranje kroz *TESTCASES* kolekciju testova, u sledećem formatu:

```
{%for TEST in TESTCASES%}
    ..."""{{ TEST.mark | e('py')}}""";
{%endfor%}
```

3.2.1 PROVERA DODATNIH OGRANIČENJA

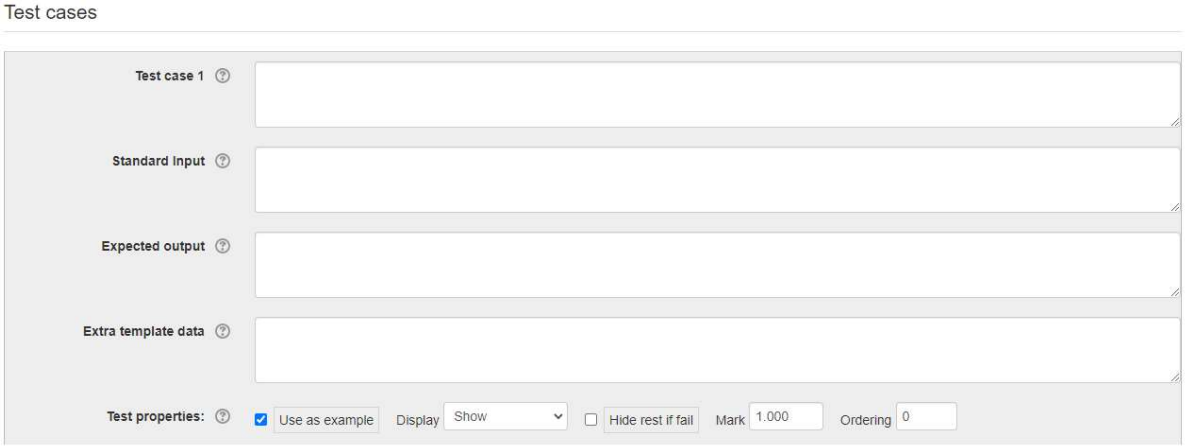
Pre formiranja i izvršavanja test primera, proverava se da li studentski kod zadovoljava dodatna ograničenja, odnosno da li sadrži neophodne ili zabranjane sintaksne konstrukte. Sama ograničenja se zadaju pomoću dve globalne liste torki u okviru sekcija definisanih u skripti za ocenjivanje i zavise od zahteva u postavci zadatka. Elementi torke su redom: regularni izraz koji predstavlja neophodni ili zabranjeni konstrukt, indikatori koji se koriste za modifikaciju ponašanja regularnih izraza u *Python* jeziku i poruka koja se ispisuje studentu ukoliko ne zadovolji neka od ovih ograničenja.

Studentski kod se proverava pozivom funkcije koja iterira kroz dve navedene globalne liste i korišćenjem modula za regularne izraze proverava da li kod sadrži neophodne ili nedozvoljene sintaksne konstrukte. Ukoliko sadrži, student dobija poruku o grešci koju je napravio.

3.2.2 FORMIRANJE I IZVRŠAVANJE TEST PRIMERA

Pre formiranja i izvršavanja testova, sve informacije o test primerima se dodaju listama. Postoji po jedna lista za svako polje forme za kreiranje pitanja.

Najpre se proverava da li studentski kod sadrži funkcije koje zauzimaju resurse, odnosno da li studentski kod sadrži poziv funkcije kojom se otvara datoteka. Ukoliko sadrži, svaki poziv funkcije **`open`** se menja pozivom funkcije **`m_open`**. S obzirom da je studenski kod dat kao niska znakova, dodavanje implementacije ove funkcije se postiže jednostavno konkatenacijom stringova od kojih je jedan studentski kod, a drugi implementacija funkcije. Funkcija **`m_open`** otvara datoteku i dodaje rezultujući objekat u globalnu listu korišćenih datoteka. Pored implemetacije pomenute funkcije, u ovom koraku se takođe dodaje i kod koji proverava da li je neka datoteka ostala otvorena. Ovaj kod se sastoji od jedne petlje koja iterira kroz globalnu listu otvorenih fajlove i proverava da li su konkretne datoteke otvorene ili ne.



Slika 4. Polja za unos testova

Ukoliko to jeste slučaj, ispisuje se odgovarajuća poruka na standardni izlaz.

Nakon ove provere, kod za testiranje se dodaje studentskom kodu, bio on dopunjen kodom iz prethodnog pasusa ili ne, i upisuje u datoteku sa ekstenzijom koja se koristi za *Python* skripte.

Naredni korak je priprema ulaznih podataka. Ulazni podaci zadaju se u sledećem formatu:

```
// STDIN BEGIN
...
// STDIN END

// COMMAND_LINE_PARAMETERS BEGIN
...
// COMMAND_LINE_PARAMETERS END

// TEXT_FILE textFileName.txt BEGIN
...
// TEXT_FILE textFileName.txt END
```

Pre pokretanja testa, string koji predstavlja ulazne podatke se parsira i iz njega se izdvajaju navedene sekcije. Potom se sadržaj upisuje u odgovarajuće, prethodno kreirane fajlove, a parametri komandne linije i sadržaj standardnog ulaza se prosleđuju funkciji za pokretanje skripte. Očekivani izlazni podaci se zadaju u sledećem formatu:

```
// STDOUT BEGIN
...
// STDOUT END

// TEXT_FILE textFileName.txt BEGIN
...
// TEXT_FILE textFileName.txt END
```

Nakon parsiranja očekivanih izlaznih podataka, skripta sa studentskim kodom se pokreće kao bilo koja druga *Python* skripta. Po završetku izvršavanja skripte vrši se provera da li sve datoteke navedene u očekivanim podacima postoje. Ukoliko to jeste slučaj, njihov sadržaj se, zajedno sa podacima koje je skripta ispisala na standardni izlaz, upoređuju sa očekivanim izlaznim podacima. Podaci se upoređuju na potpuno poklapanje, liniju po liniju.

Nakon izvršavanja testa, dobijeni rezultati se pamte i brišu se sve kreirane datoteke, uključujući i onu sa studentskim kodom. Ceo postupak se ponavlja za svaki navedeni test primer.

3.2.3 FORMIRANJE TABELE SA REZULTATIMA

Tabela sa rezultatima se formira tako što skripta za ocenjivanje ispisuje JSON objekat na standardni izlaz koji *CodeRunner* dodatak pretvara u HTML tabelu. Sadržaj JSON objekta je definisan u dokumentaciji *CodeRunner* dodatka [9] i neće biti pokriven ovim radom. Tabela sa rezultatima sadrži sledeće kolone: *Test code*, *Input*, *Expected*, *Got*, *File open*, *Comment* i *Score*.

Kolona *Test code* sadrži kod kojim se proverava korektnost studentskog koda. Kolona *Input* predstavlja ulazne podatke. Kolona *Expected* predstavlja očekivane izlazne podatke. Kolona *Got* sadrži izlazne podatke nastale izvršavanjem studentskog koda. Ovi podaci se upoređuju sa očekivanim izlaznim podacima. U pitanju je tekstualna provera jednakosti. Ukoliko dođe do greške prilikom izvršavanja, odgovarajuća poruka o grešci biće navedena u ovoj koloni.

Kolona *File open* postoji isključivo ukoliko izvršavanje studentskog koda alocira računarske resurse bez njihovog oslobađanja. U tom slučaju u ovoj koloni postoji informacija o tome da li se tokom izvršavanja test primera korektno upravljalo resursima. Kolona *Comment* sadrži komentar za dati test primer. Ukoliko se primer izvršio bez grešaka, u ovoj koloni će se naći informacija o tome koji deo izlaznih podataka se ne poklapa sa očekivanim izlaznim podacima. Ukoliko je došlo do greške, ova kolona sadrži informacije o grešci koja se dogodila. Kolona *Score* sadrži rezultat za dati test primer.

S obzirom na to da se izlazni podaci mogu naći na više mesta, bodovno ocenjivanje rešenja vrši se tako što se svaka lokacija ocenjuje zasebno, a zatim se računa konačan rezultat. Informacija o tome koliko poena vredi koji deo izlaznih podataka, koji ujedno predstavljaju produkte različitih zahteva specifikacije, zadaje se putem globalne liste torki. Svaka torka odgovara jednoj lokaciji. Torke imaju dva elementa. Prvi je relativan odnos lokacija, odnosno koliki udeo lokacije imaju u rezultatu za dati test primer. Pored toga, moguće je zadati i udeo koje određene linije izlaznih podataka imaju u rezultatu za datu lokaciju. Konačan rezultat za celo pitanje se računa korišćenjem vrednosti koje su unete u polje *Mark* forme za kreiranje pitanja kojim se definiše koliki udeo dati test primer ima u konačnoj oceni.

Pored navednih polja, JSON objekat može imati dva specijalna polja. Prvim poljem se dati red tabele rezultat krije od studenata i koristi se ukoliko postoje tajni testovi koje studenti ne treba da vide. Drugim poljem se red označava kao tačan ili netačan.

4. ZAKLJUČAK

Osnovni preduslov za uvođenje automatizacije u ocenjivanju bilo je podizanje kvaliteta programerskih veština studenata koji pohađaju kurseve programiranja. To je omogućeno prethodnom reformom načina izvođenja nastave (predavanja i vežbi), koja je sprovedena uvođenjem praktične i interaktivne nastave u računarskim laboratorijama. Reforma nastave i njeni rezultati nisu predmet ovog rada i oni su detaljno opisani u radovima [10, 11, 12]. Za interaktivan rad sa studentima intenzivno je korišćena platforma za elektronsko učenje *Moodle*, sa kojom su predmetni nastavnici i saradnici već imali višegodišnje iskustvo. Imajući to u vidu, nametnulo se korišćenje popularnog dodatka *CodeRunner* za *Moodle* platformu koji se može parametrizovati skriptom radi fleksibilnijeg načina ocenjivanja.

Postoji nekoliko razloga za uvođenje procesa automatizacije ocenjivanja programskih zadataka na kursevima programiranja. Jedan razlog je eliminisanje subjektivnog udela pregledača prilikom ocenjivanja velikog broja studentskih radova od strane više saradnika. Automatsko pregledanje objektivnije tretira rešenja koja su konceptualno dobra, ali nisu u skladu sa specifikacijom ili sintaksom jezika, kao i rešenja koja su korektna za određeni podskup domena problema, ali ne rešavaju problem u opštem slučaju. Drugi razlog je demotivisanje studenata za pisanje velike količine šablonskog koda koji

nije specificiran postavkom problema, a koji studenti pišu u cilju dobijanja određenog broja poena sa idejom da pokažu određeno poznavanje gradiva. Treći razlog je mogućnost da studenti u svakom trenutku provere svoje rešenje, da ga inkrementalno razvijaju i verifikuju i na taj način dobiju povratnu informaciju o napisanom rešenju. Na kraju, jedan od razloga je i oslobađanje predmetnih nastavnika od relativno monotonog posla pregledanja velikog broja radova i mogućnost da svoje vremenske resurse preusmere na dalje unapređenje kursa.

Predmetni nastavnici blizu dve godine razvijaju skriptu za automatsko ocenjivanje zadataka na kursevima programiranja. Veličina napisane skripte varira od kursa programiranja na kojem se primenjuje i zahtevima kojima treba da odgovori u zavisnosti od koncepata dostupnih na odgovarajućem programskom jeziku i iznosi između 500 i 1500 linija koda. Veličina *Python* skripte u svom osnovnom obliku iznosi približno 500 linija koda i može se uvećati dopunjavanjem sekcija zahtevanog, zabranjenog ili predefinisanog koda. Stavke zadatka koje zavise od prethodno realizovanih stavki utiču na povećanje broja linija skripte, upravo zbog potrebe za navođenjem korektnog izvornog koda stavki od kojih zavise u sekciji predefinisanog koda. Sam *CodeRunner* dodatak podržava veliki broj popularnih programskih jezika, kao što su *Python*, *Java*, *C*, *C++*, *PHP* itd. Ideja je da se u budućnosti skripta prilagodi i za automatizovano ocenjivanje programa na simboličkom mašinskom jeziku za računar *picoComputer*, koji predstavlja *in-house* projekat. U svrhu poboljšanja studentskih veština na simboličkom mašinskom jeziku za ovaj računar već su razvijeni integrisano razvojno okruženje *MessyLab* [13] i veb okruženje *picosim.app* [14].

NAPOMENA (ZAHVALNICA)

Rad na ovom istraživanju je podržan od strane naučno-istraživačkog projekta Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije pod oznakom TR-32047. Autori zahvaljuju na finansijskoj podršci. Takođe, autori ovog rada žele da iskažu posebnu zahvalnost studentima-demonstratorima na kursevima programiranja, koji dugi niz godina uspešno učestvuju u interaktivnom radu sa studentima, usavršavanju njihovih veština, njihovom ispitivanju i davanju konstruktivnih predloga za unapređenje kursa i na taj način u velikoj meri pomažu redovnom izvođenju predmetnih aktivnosti.

LITERATURA

[1] S. Wasik, M. Antczak, J. Badura, A. Laskowski and T. Sternal, "A Survey on Online Judge Systems and Their Applications," *ACM Computing Surveys,* vol. 1, no. 1, pp. 1-34, 2018.

[2] I. Mekterović, L. Brkić, B. Milasinović and M. Baranović, "Building a Comprehensive Automated Programming Assessment System," *IEEE Access,* vol. 8, no. 1, pp. 81154-81172, 2020.

[3] T. R. Naidu, M. Verma, V. Choppella and G. Chalapakay, "Synthesizing customizable learning environments," in *2010 International Conference on Technology for Education*, Mumbai, India, 2010.

[4] M. Dougiamas, "Moodle," Moodle HQ; Moodle Community, 02 03 2021. [Online]. Available: https://moodle.org/. [Accessed 02 03 2021].

[5] R. Lobb and J. Harlow, "Coderunner: a tool for assessing computer programming skills," *ACM Inroads,* vol. 7, no. 1, pp. 47-51, 2016.

[6] M. Soll, L. Kobras, M. Johannsen and C. Biemann, "Enhancing a Theory-Focused Course Through the Introduction of Automatically Assessed Programming Exercises - Lessons Learned," in *Proceedings of the Impact Papers at EC-TEL 2020, co-located with the 15th European Conference on Technology-Enhanced Learning Addressing global challenges and quality education*, Virtual, 2020.

[7] D. Croft and M. Devlin, "Computing with CodeRunner at Coventry University: Automated summative assessment of Python and C++ code," in *CEP 2020: Computing Education Practice 2020*, Durham, UK, 2020.

[8] V. Bralić, K. Kavran and B. Valić, "Automatic Programming Task Grading – A Case Study in CodeRunner use at the University of Applied Sciences Velika Gorica," in *CIET 2020 Conference Proceedings*, Virtual, 2020.

[9] T. H. Richard Lobb, "CODE RUNNER," Github, 04 03 2021. [Online]. Available: https://github.com/trampgeek/moodle-qtype_coderunner#code-runner. [Accessed 04 03 2021].

[10] V. Jocović, J. Đukić and M. Mišić, "First Experiences with Moodle and Coderunner Platforms in Programming Course," in *Proceedings of the Tenth International Conference on e-Learning, Belgrade Metropolitan University*, Belgrade, 2019.

[11] M. Mišić, V. Jocović, J. Đukić, M. Prodanov, A. Srbljanović and M. Obradović, "Sprovođenje praktične nastave programiranja na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu u online okruženju," 27. skup TRENDOVI RAZVOJA: "On-line nastava na univerzitetima", pp. 379 - 382, Feb 2021.

[12] M. Mišić, V. Jocović, J. Đukić, M. Prodanov, A. Srbljanović, M. Obradović and J. Protić, "Programski jezik Python u nastavi programiranja na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu - izazovi i rešenja," 27. skup TRENDOVI RAZVOJA: "On-line nastava na univerzitetima", pp. 245-248, Feb 2021.

[13] M. Anđelković, "Messy Lab," 2010. [Online]. Available: http://messylab.com/. [Accessed 15 4 2021].

[14] "picoComputer Web IDE," [Online]. Available: picosim.app. [Accessed 15 4 2021].

UPOREDNI PRIKAZ ALGORITAMA MAŠINSKOG UČENJA U PREDVIĐANJU USPEHA STUDENATA RAČUNARSKIH ODSEKA ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA

A REVIEW OF MACHINE LEARNING ALGORITHMS IN PREDICTING THE SUCCESS OF STUDENTS AT THE DEPARTMENT OF COMPUTER ENGINEERING AT THE SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING

Milica Batinić[1], Dražen Drašković[1]
Univerzitet u Beogradu - Elektrotehnički fakultet[1]

Sadržaj *- Tema ovog rada je korišćenje metoda mašinskog učenja u cilju predviđanja uspeha studenata osnovnih akademskih studija na Odseku za računarsku tehniku i informatiku i Odseku za softversko inženjerstvo Elektrotehničkog fakulteta. Za pokazatelje uspeha na osnovnim studijama uzeti su prosek na kraju studija, trajanje studija, kao i ocene na predmetima. Cilj rada je kreiranje modela mašinskog učenja koji imaju visoku pouzdanost predviđanja gorepomenutih pokazatelja uspeha, kao i uporedni prikaz algoritama mašinskog učenja korišćenih u realizaciji modela.*

Abstract *- The subject of this paper is the utilization of machine learning algorithms in the prediction of the success of students at the Computer Engineering and Information Theory module, as well as the Software Engineering module at the School of Electrical Engineering. The chosen indicators of success are grade point average at the end of studies, the duration of studies as well as course grades. The goal is to create models which perform well in the prediction of indicators and present a review of the results.*

1. UVOD

Mašinsko učenje je oblast računarstva koja je poslednjih godina dobila na značaju. Sam termin mašinsko učenje se odnosi na primenu algoritama mašinskog učenja u kreiranju modela koji vrše predviđanje zadatih veličina. Imajući u vidu da je mašinsko učenje tema kojom se mnoštvo naučnika i istraživača bavi, veliki napredak je napravljen u poslednjih par godina. Taj napredak se ogleda u mogućnosti kreiranja modela mašinskog učenja sa velikom preciznošću pri predviđanju izlaznih veličina. Mogućnost kreiranja modela sa velikom preciznošću pri predviđanju izlaznih veličina čini njihov potencijal velikim.

Edukacija ljudi je oblast delovanja koja je krucijalna u oblikovanju budućnosti. Zbog toga je bitno da ide u korak sa vremenom i okolnostima u kojima se odvija. Analiza podataka o studentima i pokušaj predviđanja njihovog uspeha predstavlja moćan alat za unapređivanje edukacije i održavanje njene relevantnosti u modernom životu. Uočavanje bitnih faktora u predviđanju uspeha studenata pruža uvid u oblasti edukacije sa potencijalom za promenu i dalje usavršavanje.

Dosadašnji radovi bavili su se istraživanjem istorije uspeha studenata u obrazovnom sistemu (uspeh u srednjoj školi, broj poena na prijemnim ispitima, uspeh na priznatim takmičenjima) i uticaja socio-ekonomskih faktora na uspeh studenata. Radovi za indikatore uspeha uzimaju ocene na predmetima [1][2] ili uspeh studenata u izradi zadataka [3]. Pristupi rešavanju problema se razlikuju, od primene metoda dubokog učenja korišćenjem neuralnih mreža [1] do primene sistema za preporučivanje [3]. Cilj ovog rada je da prikaže kako algoritmi mašinskog učenja bazirani na regresiji, potpornim vektorima i stablima odlučivanja predviđaju uspeh studenata na osnovnim studijama Elektrotehničkog fakulteta, koristeći samo podatke koji su povezani sa obrazovnim sistemom (broj poena iz srednje škole, broj poena na prijemnom ispitu, uspeh na priznatim takmičenjima).

2. OPIS PROBLEMA

Problem kojim se ovaj rad bavi jeste problem predviđanja uspeha potencijalnih studenata Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu prilikom upisa, predviđanja ocena iz pojedinih predmeta, kao i problem predviđanja proseka i trajanja studija aktuelnih studenata fakulteta po završetku studija, i predstavlja nastavak prethodnog istraživanja [4].

Prilikom rešavanja problema korišćeni su podaci koji pružaju uvid u postignuća studenata Elektrotehničkog fakulteta kako prilikom upisa, tako i tokom studiranja. Prilikom upisa novih studenata, Fakultet vodi evidenciju o ostvarenom uspehu na kraju srednje škole, osvojenim nagradama na takmičenjima iz matematike, fizike i informatike, kao i poenima osvojenim na prijemnim ispitima iz matematike i fizike. Kandidati za upis na Elektrotehnički fakultet izjašnjavaju svoje želje po pitanju studijskog programa koji žele da upišu, što predstavlja još jednu veličinu koja se koristi u treniranju modela. Nakon što određeni broj kandidata promeni svoj status upisom na Fakultet i postanu aktuelni studenti, Fakultet o njima počinje da vodi dodatnu evidenciju, potrebnu za izračunavanje standardnih mera performansi studenta na osnovnim akademskim studijama. Pored standardnih veličina kao što su ocene na ispitima i ESPB (evropski sistem prenosa bodova) osvojeni polaganjem istih, Fakultet evidentira u okviru fakultetskog informacionog sistema (FIS) i svaki neuspešni izlazak na ispit, kao i poništenu ocenu. Od navedenih veličina, broj izlazaka na ispite, kao i konačni prosek studenata koji su diplomirali se koriste za treniranje modela, a samim tim i predviđanje izlaznih veličina.

U skladu sa aktuelnim zakonima o zaštiti ličnih podataka, svi podaci o studentima su prethodno šifrovani od strane nadležne osobe na Fakultetu. Kako autori ovog rada nisu imali uvid u način šifrovanja i dešifrovanja, ne postoji način na koji bi imali uvid u originalne podatke.

U tabeli 1 prikazani su ulazni parametri koji se koriste pri kreiranju modela za predviđanje veličina kao što je rang pri upisu, upisani smer ili status finansiranja pri upisu Elektrotehničkog fakulteta. Pored ovih veličina, za predviđanje ocena na predmetima koriste se i ocene studenata koje su dostavljene autorima od strane zaduženih osoba na Fakultetu.

Tabela 1: Pregled ulaznih parametara i njihovih mogućih vrednosti

Ulazni parametar	Moguće vrednosti
Poeni iz srednje škole	[16, 40]
Informacija o osvajanju nagrade na priznatim takmičenjima iz matematike, fizike i/ili informatike	Da / Ne
Poeni osvojeni na prijemnom ispitu iz matematike/fizike	[0, 100]
Prosečan broj izlazaka na ispite	>= 1
Željeni stud. program	ER / SI
Status finansiranja	Samofinansiranje/Finansiranje iz budžeta

U tabeli 2 prikazani su izlazni parametri za čije predviđanje se treniraju modeli mašinskog učenja. Prilikom predviđanja izlaznih veličina koriste se različiti podskupovi ulaznih parametara navedenih u Tabeli 1.

Tabela 2: Pregled izlaznih podataka i njihovih mogućih vrednosti

Izlazni parametar	Moguće vrednosti
Rang na listi prilikom upisa	>= 1
Studijski program koji će student upisati	ER / SI
Status finansiranja	Samofinansiranje/Finansiranje iz budžeta
Trajanje studija	U roku / Van roka
Prosek na kraju studija	[6,00; 10,00]
Ocena na predmetu	[5, 10]

3. PRETPROCESIRANJE I ALGORITMI MAŠINSKOG UČENJA

U ovom odeljku će biti opisane metode preprocesiranja korišćenih podataka, kao i upotrebljene tehnike mašinskog učenja.

A. Metode pretprocesiranja ulaznih podataka

Algoritmi mašinskog učenja za ulazne parametre uzimaju isključivo brojčane vrednosti. Posmatrajući podatke navedene u tabelama 1 i 2, jednostavno je zaključiti da određeni parametri ne zadovoljavaju taj kriterijum i da je nad njima potrebno odraditi nekakvo pretprocesiranje. Pored potreba algoritama po pitanju prirode ulaznih podataka, potreba za pretprocesiranjem podataka se javlja i zbog želje za dobijanjem što veće preciznosti prilikom predviđanja željenih veličina.

Pretprocesiranje podataka čije vrednosti ne predstavljaju celobrojne veličine uključuje konverziju necelobrojnih veličina u celobrojne. Takve veličine su željeni smer studenta, pri čemu se vrednosti ER i SI konvertuju u 0 ili 1, upisani smer koji se konvertuje na isti način, i status upisa studenta - finansiranje iz budžeta Republike Srbije se konvertuje u vrednost 0, dok je samofinansiranje predstavljeno vrednošću 1.

Dostupne tehnike pretprocesiranja podataka koje se primenjuju u cilju dobijanja što veće preciznosti modela pri predviđanju izlaznih veličina su:

- deljenje ulaznog skupa podataka na skup za treniranje, validaciju i testiranje modela mašinskog učenja;
- određivanje procenta ulaznih podataka koji se koristi za validaciju;
- određivanje procenta ulaznih podataka koji se koristi za testiranje;
- mešanje podataka pre podele na skupove za treniranje, validaciju i testiranje;
- standardizacija podataka - u cilju dobijanja nulte prosečne vrednosti μ i jedinične standardne devijacije σ;
- normalizacija podataka - u cilju promene svih podataka tako da imaju vrednosti u opsegu [0, 1] ili [-1, 1].

Podela podataka na skupove za treniranje, validaciju i testiranje za cilj ima izbegavanje čestog problema u mašinskom učenju - preobučavanja (engl. *overfitting*). Preobučavanje je problem koji nastaje kada se model prilagođava nasumičnim šumovima u podacima za treniranje, kako bi se dobila što bolja preciznost. Model previše dobro nauči skup za treniranje zajedno sa njegovim šumovima i zbog toga ne uspeva dobro da generalizuje - da vrši predikcije na prethodno neviđenom skupu podataka koji ne sadrži šumove ili sadrži šumove na drugačijim mestima ili u drugačijim oblicima. Podelom dostupnih podataka se algoritmu za učenje daje podskup podataka za izgradnju modela, dok se dobijeni modeli evaluiraju nad skupom za validaciju. Ako model pokazuje dobre performanse i nad skupom za validaciju, to znači da je izveo relevantne zaključke iz podataka za treniranje i da nije previše važnosti pridodao nasumičnim šumovima. Krajnje testiranje modela nad skupom za testiranje govori koliko je stvarno model pouzdan.

Mešanje podataka pre podele na skupove za treniranje, validaciju i testiranje omogućava da svaki ulazni red ima nezavisan uticaj na model. Tako se takođe doprinosi sposobnosti generalizacije modela i sprečava preobučavanja.

Standardizacija i normalizacija podataka se koriste kako bi se veličine koje su na različitim skalama i opsezima translirale na uporedive skale. Problem sa neuporedivim skalama se sastoji u tome što veličine na većim skalama zbog svoje prirode utiču na model u većoj meri nego one na manjim, iako ne mora nužno da znači da su one bitnije u procesu donošenja odluka. Skaliranjem se sve veličine dovode na istu skalu, i u procesu učenja sve imaju istu početnu važnost, a kako učenje odmačinje, model shvata koje od ulaznih veličina su bitnije, a koje su manje bitne.

B. Korišćeni algoritmi mašinskog učenja

Problemi koje je potrebno rešiti u cilju dobijanja izlaznih veličina koje nudi softverski sistem u sklopu ovog rada su problemi i klasifikacije i regresije. Predviđanje upisanog smera, statusa finansiranja studenta, kao i da li će student završiti studije u roku jesu problemi klasifikacije, zbog toga što je izlazna veličina diskretna, odnosno postoje dve vrednosti koje izlaz može imati i to su ER/SI u slučaju odabranog studijskog programa, budžet/samofinansiranje u slučaju statusa finansiranja i u roku/sa zakašnjenjem u slučaju trajanja studija. Sa druge strane, predviđanje ranga na listi pri upisu Elektrotehničkog fakulteta, kao i predviđanje proseka studenta na kraju osnovnih studija predstavlja problem regresije, jer je izlazna veličina kontinualna.

U ovom radu je za rešavanje gorepomenutih problema korišćeno tri različite grupe algoritama:

- Analiza regresijom (engl. *Regression analysis*),
- Metod potpornih vektora (engl. *Support Vector Machine*),
- Metod nasumične šume (engl. *Random Forest*).

I. Analiza regresijom

Analiza regresijom jeste porodica algoritama mašinskog učenja koja probleme pokušava da reši pronalaskom najbolje krive koja opisuje dostupne podatke. Ovi algoritmi se zasnivaju na postojanju funkcionalne zavisnosti između takozvanih prediktora tj. ulaznih veličina na osnovu kojih se vrši predviđanje i izlazne veličine tj. one koja se predviđa.

Problem predviđanja kontinualne veličine se rešava algoritmima linearne regresije. Linearna regresija pokušava da reši zadati problem pronalaskom linearne jednačine koja najbolje opisuje dostupne podatke. U zavisnosti od broja ulaznih veličina, linearna regresija može biti jednostruka i višestruka. Takođe, u zavisnosti od broja izlaznih promenljivih, može biti univarijantna (engl. *univariate*) i multivarijantna (engl. *multivariate*). Hipoteza linearne regresije, sa više ulaznih veličina, svakoj od ulaznih veličina pridodaje faktor težine (važnost ulazne veličine) θ koji se tokom učenja podešava. Linearna regresija funkcioniše tako što se tokom nekoliko iteracija podešavanjem težinskih faktora ulaznih veličina funkcija greške pokušava spustiti na minimum. Drugim rečima, obučavanje modela se svodi na odabir optimalnih vrednosti težinskih faktora tako da funkcija greške bude minimalna za parove ulaznih i izlaznih veličina. Modifikacija linearne regresije za koju se, eksperimentalnim putem, pokazalo da ima bolju preciznost nad datim skupom podataka jeste polinomijalna regresija. Hipoteza polinomijalne regresije u odnosu na hipotezu linearne regresije se razlikuje u tome što se osim ulaznih veličina u njihovom originalnom stanju koriste i promenljive dobijene dizanjem jedne od ulaznih veličina na određeni stepen.

Porodica algoritama analize regresijom kao rešenje problema klasifikacije nudi algoritam logističke regresije. Logistička regresija pri kreiranju modela za opis binarne izlazne veličine koristi logističku (sigmoidnu) funkciju koja se koristi u hipotezi. Logistička regresija, za razliku od linearne regresije, za izlaz ima verovatnoću pripadanja „pozitivnoj“ klasi. To je moguće upravo zbog korišćenja sigmoidne funkcije, koja za osobinu ima da beskonačni interval skalira na interval [0, 1]. Pripadanje pozitivnoj klasi se predviđa dobijanjem izlazne vrednosti hipoteze veće od 0.5. I linearna i logistička regresija su algoritmi kod kojih se u procesu učenja teži ka minimizaciji funkcije greške. Pri toj minimizaciji, linearna regresija mora voditi računa i o problemu preobučavanja. Kako bi se sprečilo preobučavanje, u linearnoj regresiji se koristi regularizacija, procedura koja težinskim faktorima dodaje značaj kako ne bi postali previše mali i kako model ne bi previše dobro naučio skup podataka za treniranje. Jačina regularizacije se podešava parametrom α. Ako je parametar α veći, to je regularizacija jača. Pored ovog parametra, parametar koji je moguće podesiti u okviru ovih algoritama jeste maksimalni broj iteracija za koji algoritam može postići minimalnu vrednost funkcije greške.

II. Metod potpornih vektora

Metoda potpornih vektora funkcioniše tako što traži hiperravan razdvajanja koja u zavisnosti od problema koji se rešava može imati jednu od dve funkcije: u slučaju rešavanja problema regresije, hiperravan na najbolji način minimizuje vrednost funkcije greške, dok kod problema klasifikacije ona na najbolji način razvrstava skup podataka za treniranje po klasama. Problem predviđanja kontinualne veličine se rešava metodom regresije korišćenjem potpornih vektora. U procesu optimizacije se za izračunavanje funkcije gubitka uzimaju u obzir samo tačke koje predstavljaju ulazne podatke i koje su najbliže hiperravni na kojoj je funkcija gubitka minimalna. Ulazni podaci na zadatoj, minimalnoj i nenultoj udaljenosti od hiperravni na kojoj je funkcija gubitka minimalna zovu se potporni vektori. Predviđena vrednost nalaziće se na ovako izabranoj hiperravni. U cilju modelovanja kompleksnih ravni, i dobijanja preciznijih prediktora, umesto korišćenja proste transformacije ulaznih podataka njihovim podizanjem na veći stepen, metod potpornih vektora računa sličnost ulaznih primeraka sa takozvanim orijentirima, i za to računanje sličnosti koristi gorepomenute kernel funkcije. Nakon primene kernel funkcije se umesto ulaznog vektora podataka koristi vektor kojim je opisana njegova sličnost sa svakim od orijentira.

U odnosu na metodu regresije korišćenjem potpornih vektora, kod metode klasifikacije se za potporne vektore koriste podaci koji su najbliži hiperravnima koje razdvajaju klase i između kojih se ne nalazi ni jedan podatak.

Radi praktičnosti izračunavanja, umesto dve ravni se koristi jedna, koja se nalazi na podjednakom rastojanju od obe zamišljene ravni koje predstavljaju klase. Cilj procesa učenja kod klasifikacije metodom potpornih vektora jeste

pronalaženje hiperravni koja je na maksimalnoj mogućoj udaljenosti od obe zamišljene hiperravni koje predstavljaju klase. Ta udaljenost se naziva još i margina, pa se i proces učenja ponegde naziva i procesom maksimizacije margine, metoda klasifikacije metodom velike margine.
Kernel funkcija koju koristi algoritam za učenje koji je deo ovog rada jeste funkcija sa radijalnom osnovom. Parametar γ je jedan od parametara funkcije i utiče na to koliki je uticaj na model jednog ulaznog podatka, sa malim vrednostima koje označavaju veliki uticaj, a velikim koje označavaju mali uticaj. Drugi parametar, jeste 'C'. 'C' je parametar kojim se podešava balans između mogućnosti ispravne klasifikacije i maksimizacije margine hiperravni, zbog toga što te dve veličine jedna drugu isključuju. U slučaju velike margine, hiperravan koju algoritam stvori je jednostavnija i samim tim manje precizna pri donošenju odluka. Za veću vrednost parametra 'C' vezuje se manja margina, ali i veća preciznost pri donošenju odluka o skupu za treniranje. Epsilon, treći parametar, predstavlja širinu margine u okviru koje algoritam teži da smesti što veći broj ulaznih primeraka. Ovaj parametar je povezan sa tačnošću sa kojom želimo da kreiramo model i vršimo predviđanje. Predstavlja širinu između hiperravni razdvajanja i hiperravni koje određuju marginu, a koje određuju potporni vektori.

III. Metod nasumične šume

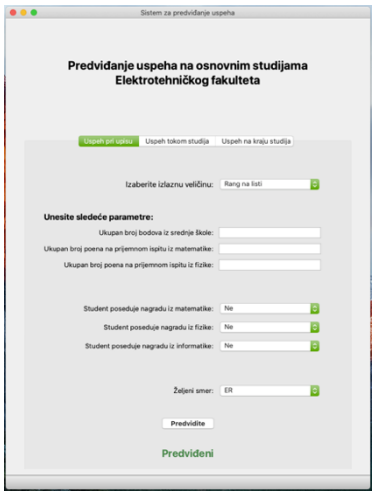
Algoritam nasumične šume je algoritam u čijoj osnovi se kreira B stabala odlučivanja (B > 1). Za svako stablo se izabere nasumično izabran podskup ulaznog skupa podataka od kojeg će biti kreirano, pri čemu podskupovi od kojih se kreiraju stabla imaju približno istu raspodelu izlaznih atributa. Broj stabala koji se kreira je jedan od parametara modela.
Svaki od čvorova stabala ispituje po jedan atribut ulaznog podatka i u zavisnosti od njegove vrednosti prosleđuje podatak u odgovarajuće podstablo. Postupak se ponavlja u svakom od stabala koje čine šumu. Rezultat predikcije se dobija iz kreiranih stabala odlučivanja tako što se izabere najčešće pojavljivana predviđena klasa u problemima klasifikacije ili srednja vrednost predviđenih izlaza u problemima regresije.
Parametar koji se može podesiti, i čijim se podešavanjem pokušava dobiti najbolja moguća preciznost modela u izradi softverskog sistema koji je deo ovog rada jeste broj stabala odlučivanja u šumi. Intuitivno je jasno da je preciznost modela direktno srazmerna broju stabala, ali se pri određivanju tog parametra mora uzeti u obzir i činjenica da svako od stabala zauzima određen (ne mali) memorijski prostor, i upotrebljava značajne procesorske resurse računara.

4. OPIS RADA SISTEMA

Pri realizaciji ovog istraživanja realizovan je softverski sistem za predviđanje uspeha studenata računarskih modula Elektrotehničkog fakulteta, kroz koji je dat uporedni prikaz performansi modela dobijenih različitim algoritmima mašinskog učenja.

A. Načini predviđanja uspeha studenata

Predviđanje uspeha studenata na osnovnim studijama započinje odabirom opcije „Predviđanje uspeha" i pritiskom na dugme „Započni" na početnom prozoru aplikacije. Kako studije imaju tri različite etape tokom kojih student ostvaruje određeni uspeh, tako je i predviđanje istog odvojeno u tri različita dela u okviru samog sistema. Delovi sistema koji se bave predviđanjem izlaznih veličina su uniformno realizovani i njihovo korišćenje se sastoji iz tri osnovna koraka: odabir izlazne veličine, unos ulaznih parametara potrebnih da se željeno predviđanje obavi i pritisak na dugme „Predvidite". Bitno je naglasiti i da se za predviđanje izlaznih veličina koristi model mašinskog učenja koji je u procesu učenja dao najbolju preciznost.
Pri predviđanju uspeha studenta pri upisu Elektrotehničkog fakulteta, neophodno je i da korisnik unese ukupan broj bodova iz srednje škole, ukupan broj poena ostvarenih na prijemnom ispitu iz matematike, kao i broj poena na prijemnom ispitu iz fizike, ukoliko ga je kandidat radio. Format unosa ulaznih veličina treba da bude u saglasnosti sa opsezima iz Tabele 1. Ako je korisnik dobitnik nagrade iz matematike, u polje koje se odnosi na broj poena na prijemnom ispitu iz matematike unosi NM, dok ako je dobitnik nagrade iz informatike unosi NI. Ako je korisnik dobitnik nagrade iz fizike u polje za broj poena na prijemnom iz fizike unosi NF, dok ako nije radio prijemni iz fizike unosi N. Nakon unosa broja poena, korisnik mora uneti indikatore nagrada iz matematike, fizike i informatike, kao i željeni smer. Ponuđene izlazne veličine su rang na listi željenog studijskog programa, upisani program i status finansiranja nakon uspešnog upisa osnovnih studija.
Pri predviđanju ocena na predmetima, korisnik mora uneti ocene iz predmeta koji prethode predmetu čija se ocena predviđa.



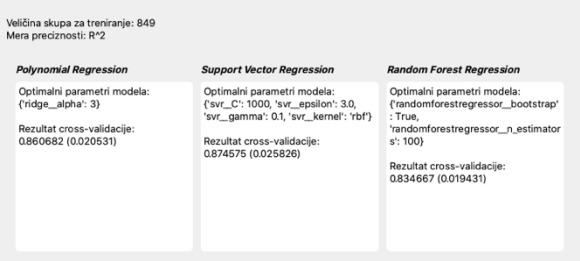
Slika 1. Prozor za predviđanje uspeha pri upisu osnovnih studija

Pri predviđanju uspeha studenta na kraju studija, neophodno je da korisnik unese ukupan broj ostvarenih poena kroz uspeh iz srednje škole, ukupan broj poena na prijemnom ispitu iz matematike, kao i prosečan broj izlazaka na ispite tokom studiranja. Ako je korisnik

dobitnik nagrade iz matematike, u polje koje se odnosi na broj poena na prijemnom ispitu iz matematike unosi NM, dok ako je dobitnik nagrade iz informatike unosi NI. Nakon unosa broja poena i prosečnog broja izlazaka na ispite, korisnik mora uneti indikatore nagrada iz matematike, fizike i informatike, kao i status finansiranja prilikom upisa osnovnih studija. Za izlaznu veličinu korisnik može odabrati između predviđanja proseka ocena na kraju studija ili trajanja studija.

B. Uporedni pregled realizovanih modela

Softverski sistem je tako osmišljen da se u pozadini, pre bilo kog predviđanja, odvija treniranje tri različita algoritma mašinskog učenja nad istim podacima za treniranje i za rešavanje istog problema, i onda se od tako istreniranih modela za predviđanje koristi onaj sa najvećom preciznošću. Pri treniranju modela se traže i parametri koji pružaju najbolji performans modela za dati problem i radi se njihova evaluacija u procesu unakrsne validacije. U ovom slučaju korišćenja sistema, korisniku se pruža mogućnost uvida u pojedinosti algoritama istreniranih za rešavanje problema koje njih interesuju, a koji su u okviru ovog sistema. Svaki uporedni prikaz modela daje informacije o veličini skupa za treniranje modela mašinskog učenja, kao i meri preciznosti korišćenoj u njihovoj evaluaciji. Nakon toga, u tri različita prozora se prikazuju algoritmi korišćeni za rešavanje konkretnih problema. Za svaki od algoritama su date informacije o vrednostima parametara koji daju optimalan performans modela, kao i rezultati unakrsne validacije.

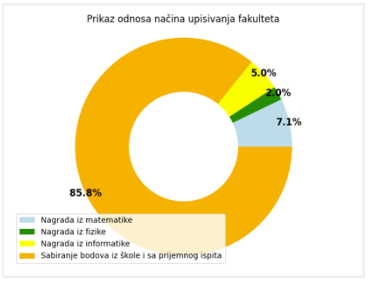


Slika 2. Uporedni prikaz modela mašinskog učenja

C. Prikaz statističkih odlika podataka

Vizuelizacija podataka korišćenih za treniranje modela mašinskog učenja započinje odabirom opcije „Vizuelizacija podataka za treniranje" i pritiskom na dugme „Započni" u početnom prozoru aplikacije. Odabirom iz padajućeg menija korisniku se prikazuje jedan od sledećih grafika:

- Histogram bodova osvojenih u srednjoj školi
- Histogram poena na prijemnom ispitu iz matematike
- Histogram poena na prijemnom ispitu iz fizike
- Pregled odnosa upisanih na smer koji su želeli i onih koji nisu
- Pregled odnosa upisanih osvajanjem nagrade i onih koji su radili prijemni ispit
- Histogram proseka na kraju studija



Slika 3. Pregled odnosa upisanih osvajanjem nagrade i onih koji su radili prijemni ispit

5. PREGLED DOBIJENIH REZULTATA

Centralni deo ovog rada čini istraživanje grupa algoritama mašinskog učenja i korišćenje njihovih predstavnika u svrhu predviđanja uspeha studenata na osnovnim studijama Elektrotehničkog fakulteta. U nastavku su uporedno predstavljene performanse predstavnika svake od grupa algoritama pri rešavanju različitih problema.
Performanse modela se mere različito u zavisnosti od prirode problema koji pokušavaju da reše. U slučaju predviđanja kontinualne vrednosti, za meru performanse modela uzet je koeficijent determinacije R^2. Koeficijentom determinacije se opisuje koliku varijabilnost predviđenih vrednosti uspeva da opiše kreirani model. Sa druge strane, za meru performanse klasifikacije koristi se F1 skor.

Tabela 3. Pregled performansi modela pri predviđanju ranga

Grupa algoritama	**Konkretan algoritam učenja**	***R^2* skor pri predviđanju ranga za ER**	***R^2* skor pri predviđanju ranga za SI**
Analiza regresijom	Polinomijalna regresija	86.068%	78.263%
Metoda potpornih vektora	Regresija metodom potpornih vektora	87.457%	78.846%
Metod nasumične šume	Regresija metodom nasumične šume	83.466%	75.273%

Gledajući u tabelu 3 može se zaključiti da i pri predviđanju ranga na listi programa ER i na listi programa SI najbolju preciznost daju modeli kreirani metodom potpornih vektora. Interesantno je i uočiti kako regresija metodom nasumične šume u oba slučaja ima najmanju preciznost, što se može pripisati činjenici da je primarna upotreba algoritama iz te grupe klasifikacija.

Iz tabele 4 se može zaključiti da svi algoritmi učenja pri rešavanju ovog problema klasifikacije kreiraju modele sa skoro savršenom preciznošću.

Tabela 4. Pregled performansi modela pri predviđanju upisanog smera

Grupa algoritama	Konkretan algoritam učenja	*F1* skor pri predviđanju upisanog smera
Analiza regresijom	Logistička regresija	99.585%
Metoda potpornih vektora	Klasifikacija metodom potpornih vektora	99.526%
Metod nasumične šume	Klasifikacija metodom nasumične šume	99.526%

Iako balans upisanih sa statusom finansiranja iz budžeta Republike Srbije i upisanih sa samofinansirajućim statusom nije 50:50, odnos je dovoljan da algoritmima predstavi izazov pri kreiranju modela. U tabeli 5 može se videti sa kakvom preciznošću predviđaju status modeli kreirani od strane različitih algoritama.

Tabela 5. Pregled performansi modela pri predviđanju statusa finansiranja

Grupa algoritama	Konkretan algoritam učenja	*F1* skor pri predviđanju statusa finansiranja
Analiza regresijom	Logistička regresija	96.489%
Metoda potpornih vektora	Klasifikacija metodom potpornih vektora	96.477%
Metod nasumične šume	Klasifikacija metodom nasumične šume	95.859%

Tabela 6. Pregled performansi modela pri predviđanju proseka

Grupa algoritama	Konkretan algoritam učenja	*R^2* skor pri predviđanju proseka
Analiza regresijom	Polinomijalna regresija	70.448%
Metoda potpornih vektora	Regresija metodom potpornih vektora	70.561%
Metoda nasumične šume	Regresija metodom nasumične šume	63.460%

Tabela 6 ne pruža puno poverenja po pitanju tačnosti predviđene vrednosti proseka na kraju studiranja. To se može pripisati maloj brojnosti podataka za treniranje modela, kao i neiskustvu autora ovog rada. Kao i kod problema predviđanja ranga na listi pri upisu, i ovde se uočava neznatno veća preciznost koju ima model stvoren metodom potpornih vektora.

Pogledom na preciznosti modela za predviđanje trajanja osnovnih studija prikazanih u tabeli 7 može se zaključiti da najoptimalniji model za predviđanje trajanja studija daje algoritam logističke regresije. Bitno je još jednom napomenuti da se u rešavanju ovog problema koriste algoritmi klasifikacije zbog toga što izlazna veličina može imati jednu od dve vrednosti: 4 godine ili više od 4 godine.

Tabela 7. Pregled performansi modela pri predviđanju trajanja osnovnih studija

Grupa algoritama	Konkretan algoritam učenja	*F1* skor pri predviđanju trajanja studija
Analiza regresijom	Logistička regresija	87.888%
Metoda potpornih vektora	Klasifikacija metodom potpornih vektora	86.039%
Metoda nasumične šume	Klasifikacija metodom nasumične šume	84.732%

6. ZAKLJUČAK

Glavni rezultati ovog istraživanja predstavljaju modeli mašinskog učenja, kojima se vrše predviđanja uspeha studenata, razvijeni u okviru jednog softverskog sistema sa intuitivnim korisničkim interfejsom. U zavisnosti od problema koji se rešava modelom, preciznosti variraju. Rezultat treniranja algoritama za predviđanje trajanja studija jeste model sa preciznošću 87.9%, dok je preciznost najboljeg algoritma za predviđanje proseka na kraju studija 70.56%. Predstavljene cifre ukazuju na potencijal i neophodnost daljeg rada na usavršavanju algoritama – bilo prikupljanjem dodatnih podataka, dodatnim podešavanjem parametara ili dodavanjem novih atributa podacima. Pored modela, sistem daje prilično detaljan uvid u dobijene modele, omogućavanjem uporednog pregleda modela i vizuelizacijom statističkih odlika podataka korišćenih u procesu treniranja algoritama.

Trenutna postavka rešenja nudi mogućnosti poboljšanja preciznosti modela koji se koriste za predviđanje dodatnim preprocesiranjem podataka, kao i promenom parametara modela. Moguće je dodati i vizuelizacije za dublji pregled skupa podataka. Najbitniji potencijal koji trenutno rešenje ima jeste mogućnost dodavanja novih algoritama.

ZAHVALNICA

Autori se zahvaljuju kolegama programerima iz Računskog centra, kao i Upravi fakulteta, koja je dozvolila korišćenje depersonalizovanih podataka iz Fakultetskog informacionog sistema u ovom istraživanju.

LITERATURA

[1] Osmanbegovic, E. and M. Suljic, „Data mining approach for predicting student performance,“ *Economic Review: Journal of Economics*, 2012.

[2] Ramesh, V., Parkavi P. and K. Ramar, “Predicting Student Performance: A Statistical and Data Mining Approach,” *International Journal of Computer Applications*, 2013.

[3] Thai-Nghe, N., Drumond L., Krohn-Grimberghe A., L. Schmidt-Thieme, “*Recommender system for predicting student performance*,” Procedia Computer Science, 2010.

[4] Drašković, D., Cincović, J., Mijailović, D., „Predviđanje uspeha studenata studijskog programa Softversko inženjerstvo tehnikama mašinskog učenja,“ Zbornik radova konferencije „YU info 2020“, pp. 219-224, Informaciono društvo Srbije, Kopaonik, 2020.

REŠAVANJE PROBLEMA PRONALAŽENJA POTPUNOG PODGRAFA

SOLVING THE PROBLEM OF FINDING A COMPLETE SUBGRAPH

Balša Knežević, Maja Vukasović, Dražen Drašković,
Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet

Sadržaj – *U grafovskim strukturama, čest je problem pronalaženja potpunog podgrafa – klike. Varijacija ovog problema, „Da li graf sadrži kliku veličine K“ pripada skupu 21 Karpovih NP kompletnih problema. Većina varijacija ovog problema pripada skupu NP teških problema. U ovom radu su predstavljeni osnovni algoritmi rešavanja pronalaženja potpunog podgrafa kao i prihvatljivo rešenje za specijalne grafove – planarne grafove. U istraživanju su prikazani rezultati koji rešavaju pomenuti problem i analizirane su raznolike primene ovog problema.*

Abstract – *In graph structures, a common problem is the clique problem. The variation of this problem is the clique decision problem which is one of Karp's 21 NP-complete problems. Most versions of this problem belong to NP-hard problems. In this paper, there are represented basic algorithms for solving clique problems as well as an acceptable solution for special graphs – planar graphs. The research presents the results that solve the mentioned problem and analyzes various applications of this problem.*

Ključne reči - *potpun podgraf, NP kompletan problem, planarni grafovi*

1. UVOD

Potpun podgraf se u literaturi naziva klika. U računarstvu, problem pronalaženja klike pripada grupi NP – kompletnih problema iz teorije grafova. Ovo je jedan od Karpovih 21 NP – kompletnih problema. Klika predstavlja podskup susednih čvorova u grafu (potpun podgraf). Postoje različite formulacije problema u zavisnosti od toga kakve klike je potrebno da pronađemo. Česte formulacije problema klike su: nalaženje maksimum klike (klika sa najvećim mogućim brojem čvorova, eng. *Maximum clique problem*), izlistavanje svih neproširivih klika (eng. *Listing all maximal cliques*), da li graf sadrži kliku veličine K, itd.

Problem klike se često pojavljuje u realnom svetu. Posmatrajmo društvenu mrežu, gde čvorovi grafa predstavljaju ljude, a veze između čvorova predstavljaju međusobno poznavanje. Tada, kliku predstavlja podskup ljudi koji se međusobno poznaju. Algoritam za otkrivanje klike može se koristiti za pronalaženje grupe zajedničkih prijatelja, u kojoj svako poznaje svakog. Pored primene u društvenim mrežama, problem klike se pojavljuje u bioinformatici i računarskoj hemiji.

U poglavlju 2 biće opisana definicija problema kao i njegove varijacije. U poglavlju 3 biće detaljno svaki od problema, kao i njegova rešenja. U ovom poglavlju će biti prikazan pseudokod za svaki algoritam, kao i simulacija na konkretnim primerima. Na kraju rada, dat je zaključak u kome je napisan rezime rada.

2. OPIS POJMOVA

Neusmeren graf je sačinjen od konačnog broja čvorova i grana koje povezuju čvorove. U ovom radu, broj čvorova u grafu biće označeni sa n, a broj grana u grafu biće označeni sa sa m. Klika u grafu G predstavlja potpun podgraf grafa G. Drugim rečima, to je podskup čvorova K, tako da su svaka dva čvora u podskupu K povezana granom grafa G. Vrste klika koje se analiziraju u ovom radu [1]:

- Neproširiva klika (eng. *Maximal clique*) je klika kojoj se ne mogu dodati novi čvorovi. Za svaki čvor v, koji nije član klike, mora postojati čvor w koji pripada klici i nije povezan sa čvorom v.
- Maksimalna klika (eng. *Maximum clique*) je klika koja sadrži najveći mogući broj čvorova. Broj čvorova u maksimalnoj klici grafa G, biće označeno w(G).

Izazovi koji su rešavani u radu su:

- Problem maksimalne klike – Na ulazu se dobija neusmeren graf. Potrebno je ispisati maksimalnu kliku u grafu. Ukoliko postoji više maksimalnih klika, ispisati bilo koju.
- Problem nalaženja svih neproširivih klika u grafu – na ulazu se dobija neusmeren graf. Potrebno je izlistati na izlazu sve neproširive klike u grafu.
- Problem nalaženja klike veličine K – na ulazu se dobija neusmeren graf i broj K. Na izlazu je potrebno ispisati kliku veličine K, ukoliko takva klika postoji. U zavisnosti od postavke problema, ako postoji više klika veličine K, potrebno je ispisati sve.

3. OPIS ALGORITAMA

Neproširiva klika je klika koja ne pripada nijednoj većoj klici. Svaka klika se sadrži u nekoj neproširivoj klici. Neproširiva klika može biti jako male veličine.

Graf može sadržati proširivu kliku sa mnogo čvorova, a ipak neproširivu kliku sa samo 2 čvora. Maksimalna klika je uvek neproširiva, dok sa druge strane, neproširiva klika ne mora da bude maksimalna.

Pronalaženje jedne neproširive klike u grafu se može rešiti *greedy* algoritmom. Za početak, se uzima jedan čvor i dodaje se u skup čvorova koji će na kraju predstavljati neproširivu kliku. Formira se još jedan skup, skup kandidata koji se mogu dodati u skup klike, tako da se osobine klike ne naruše. Za početak, skup kandidata će predstavljati susede jedinog čvora u skupu klike. Nasumično se odabira čvor iz skupa kandidata, uklanja se iz skupa kandidata i dodaje se u skup klike. Nakon toga, iz skupa kandidata brišu se svi čvorovi v, koji nisu susedi sa poslednje dodatim čvorom u skup klike. Ovaj proces se ponavlja, dok skup kandidata ne postane prazan skup. Čvorovi u skupu klike predstavljaju jednu neproširivu kliku. Računarska složenost algoritma je linearna [2][3].

Problem pronalaženja klike veličine K pripada skupu NP – kompletnih problema. Pretražuje se svaki podgraf početnog grafa i proverava se da li je on kompletan. Ovaj algoritam ima nepolinomijalnu složenost $O(n^k * k^2)$, gde je n – broj čvorova, a k – veličina klike koju tražimo. Postoji $O(n^k)$ podgrafova koje je potrebno proveriti i za svaki podgraf je potrebno $O(k^2)$ da se proveri da li je podgraf klika [4].

Veoma čest slučaj je kada je parametar K jednak 3. Složenost u tom slučaju bi bila $O(n^3)$. Međutim, postoje algoritmi čija složenost ne zavisi od broja čvorova, već od broja grana. Složenost jednog takvog algoritma je $O((n+m) * \sqrt{m})$, gde je m – broj grana u grafu. U kompletnom grafu, važi jednakost: $m = \frac{n*(n-1)}{2}$. U tom slučaju sledeći algoritam ima istu složenost $O(n^3)$ kao prethodni algoritam, ali u mnogim slučajevima grafovi koji se posmatraju imaju dosta manje grana od kompletnog grafa, pa je ovaj algoritam znatno bolji. Grafovi koji nemaju klike veličine 3 se često u literaturi nazivaju *Triangle-free graph* [5].

Na ulazu algoritma se dobija graf povezanosti. Grane grafa se čuvaju isključivo u jednom od čvorova koje povezuju i to u čvoru koji ima manji stepen. Veličine ovih vektora koji su označeni sa g ne mogu biti veće od $O(\sqrt{m})$.

Postoje 3 slučaja:

a) Grana povezuje čvorove čiji su stepeni manji od $\sqrt{m}$

Ukoliko su stepeni čvorova manji od $\sqrt{m}$, onda ne mogu ni veličine vektora g za ta dva čvora da budu veće od $\sqrt{m}$. Bitno je napomenuti da važi jednakost $g_i \leq deg(i)$, gde je g_i oznaka vektora i-tog čvora.

b) Grana povezuje čvorove od kojih samo jedan ima veći stepen od $\sqrt{m}$

Neka čvor A ima stepen (broj grana) manji od $\sqrt{m}$, a čvor B, stepen veći od $\sqrt{m}$. Kao u prvom slučaju, kako čvor A nema više od $\sqrt{m}$ grana, ni njemu odgovarajući vektor g_A, ne može biti veći od $\sqrt{m}$. Pitanje je šta se dešava sa čvorom B. Biće razmotrene dve grupe grana čvora B: grane koje povezuju B sa čvorovima čiji je stepen manji od $\sqrt{m}$ i grane koje povezuju B sa čvorovima čiji je stepen veći od $\sqrt{m}$. Kako je stepen čvora B veći od $\sqrt{m}$, u njemu odgovarajućem vektoru g_B, neće se čuvati grane iz prve grupe, pa dolaze u obzir samo grane iz druge grupe. Veličina vektora g_B će biti najveća ukoliko se sve grane iz druge grupe čuvaju u g_B. Svaka grana koja će se čuvati u vektoru g_B, povezivaće čvor B i neki čvor X. Stepen čvora X mora biti veći od $\sqrt{m}$, jer bi u suprotnom grana bila sačuvana u čvoru X. Kako je ukupan broj grana u grafu m, onda je broj čvorova sa stepenom većim od $\sqrt{m}$, jednak $\frac{m}{\sqrt{m}} = \sqrt{m}$. Zaključak je da je veličina vektora g_B najviše $\sqrt{m}$.

c) Grana povezuje čvorove čiji je stepen veći od $\sqrt{m}$.

Ovaj slučaj je razrađen u okviru prethodnog kada je dokazivana veličina vektora B. Ovakvih grana ne postoji više od $\sqrt{m}$, pa zato i veličina vektora g, ne može biti veća od $\sqrt{m}$.

Nakon inicijalizacije vektora g, posećuju se svi čvorovi. Za svaki čvor se traže druga dva čvora za formiranje trougla. Iteracije će se vršiti po vektoru g_i, kao što je prikazano na slici 1.

Algorithm 3: Problem klike veličine 3

Ulaz: Graf G
Izlaz: Trouglovi u grafu

```
1  triangles ← ∅
2  n ← numberOfNodes(G)
3  m ← numberOfEdges(G)
     // Svaku granu ćemo pamtiti u vektoru jednog čvora i to u onom koji ima
     manje grana.
4  for i = 1 to n do
5      for j : node_i do
6          if i < j then
7              if (|node_i|, node_i) < (|node_j|, node_j) then
8                  g_i.add(j)
9              else
10                 g_j.add(i)
11 for i = 1 to n do
12     for j : g_i do
13         exist[] ←false
14         for k : g_i do
15             exist[k] ← true
16         for k : g_j do
17             if exist[k] then
18                 triangles.add(i, j, k)
19 return triangles
```

Slika 1 - Algoritam pronalaženja trouglova u grafu

Iteriranjem prve dve petlje, složenost je $O(n+m)$, jer se na ovaj način kroz svaku granu prolazi tačno jednom. Za svaki par čvorova i i j, se nalaze svi čvorovi koji mogu da naprave trougao. Obeležavaju se čvorovi koji su povezani sa čvorom i, a zatim se iterira po svim granama u vektoru g, čvora j. Ukoliko postoji veza između novog čvora i čvora i, može se formirati trougao. Svaki trougao se broji tačno jednom. Kako je relacija u prvom delu koja je napravljena relacija poretka, jedan čvor će sadržati dve grane trougla, jedan čvor će sadržati jednu granu, dok poslednji neće imati grane trougla. Ukoliko čvorovi A,

B i C grade trougao i važi $deg(A) < deg(B) < deg(C)$ tada će se grana A – B pamtiti u vektoru g_A, grana A – C će se pamtiti u vektoru g_A, a grana B – C će se pamtiti u vektoru g_B. Vektor čvora koji ima najveći stepen u trouglu neće sadržati nijednu granu trougla.

Čvor i (iz algoritma sa slike 1) će imati najmanji stepen u trouglu, jer posmatramo dve njegove grane: granu povezanu sa čvorom j i granu povezanu sa čvorom k. Za čvor j, se posmatra jedna grana i to sa čvorom k. Ovim načinom se obezbeđuje da se svaki trougao izbroji tačno jednom. Ukupna vremenska složenost algoritma je $O((n+m)*\sqrt{m})$.

Pronalaženje svih klika u grafu se može rešiti rekurzivnim algoritmom. Algoritam koji se opisuje u daljem tekstu radi u nepolinomijalnoj složenosti, odnosno ukoliko bi se pronašao algoritam koji radi u polinomijalnoj složenosti, rešen bi bio jedan od milenijumskih problema i važilo bi P = NP. Međutim, posmatrajući broj klika, ovaj algoritam radi u polinomijalnoj složenosti po broju klika. Ukoliko graf nema mnogo klika, algoritam će raditi u konačnom vremenu. U svakom grafu, broj klika može da bude najviše $2^n - 1$ (broj svih podskupova grafa, nebrojeći prazan skup).

Algoritam je baziran na sledećim obzervacijama. Posmatra se odnos neproširivih klika u grafu G i u grafu $G \setminus v$ (dobijen izbacivanjem nasumičnog čvora v iz grafa G). Za svaku neproširivu kliku K u grafu $G \setminus v$ važi: K će biti neproširiva klika u grafu G ili će $K \bigcup \{v\}$ biti neproširiva klika u grafu G. Svaka neproširiva klika K, u grafu G, kojoj ne pripada čvor v, je neproširiva klika u grafu $G \setminus v$. Svaka neproširiva klika K, u grafu G, koja sadrži čvor v, se može dobiti od klike R, grafa $G \setminus v$, dodavanjem čvora v i brisanjem nesusednih čvorova v iz klike R [6].

Algoritam za pronalaženje svih neproširivih klika, prikazan na slici 2, radi rekurzivno pozivanjem funkcije *ListAllMaximalCliques(C, P)*. Skup C predstavlja trenutni skup klike, dok skup P predstavlja skup kandidata čvorova koji se mogu dodati u skup C tako da se ne naruše osobine klike. U prvom pozivu se počinje sa praznim skupom $C = \emptyset$ i skupom kandidata za trenutnu kliku $P = V$, gde V predstavlja skup čvorova datog grafa. Postoji globalna promenljiva *maximalCliques* koja predstavlja skup svih neproširivih klika u grafu. U funkciji *ListAllMaximalCliques*, ukoliko je skup P prazan skup, to znači da ne postoji nijedan čvor u grafu koji možemo dodati u trenutni skup klike C. Odnosno, to znači da je trenutna klika C neproširiva klika. Ukoliko skup P nije prazan, tj. postoji čvor koji se može dodati u skup klike tako da se ne naruše njene osobine, iterira se po skupu P, izbacuje čvor i poziva rekurzivno funkcija za dva nova skupa C' i P'. Označava se p čvor koji trenutno izbacujemo iz skupa P. Skup C' se dobija kada se na skup C doda p, a skup P' kada se iz skupa P izbace svi čvorovi koji nisu susedni čvoru p. Na taj način su ostavljeni samo kandidati čvorovi za trenutnu kliku C'. Vremenska složenost algoritma je $O(q*n*m)$, gde q predstavlja broj klika u grafu, n broj čvorova u grafu, m broj grana u grafu [3].

Algorithm 4: Problem pronalaženja svih neproširivih klika

Ulaz: Graf G
Izlaz: Lista neproširivih klika

```
1
2  Function Main():
3      maximalCliques ← ∅
4      ListAllMaximalCliques(∅, V)
                                  // skup V označava skup čvorova u grafu
5      return maximalCliques      // Na kraju programa vračamo listu
         neproširivih klika
6
7  Function ListAllMaximalCliques(set C, set P):
8      if P is empty then
9          maximalCliques.append(C)
               // Ukoliko je skup kandidata prazan skup, to nam govori da je
             trenutna klika neproširiva.
10     else
11         for p : P do
12             P ←P \ {p}
13             C' ←C ∪ {p}
14             P' ←P ∩ N(p)
                  // Iz skupa kandidata izbacujemo čvor p koji ćemo ubaciti u
                 novu kliku.  Skup C' predstavlja trenutnu kliku proširenu za
                 čvor p.  Skup P' predstavlja skup kandidata za novu kliku, pa
                 zato u skupu kandidata moraju da ostanu čvorovi koji su
                 susedni čvoru p.  Skup N(p) predstavlja skup susednih čvorova
                 čvora p.
15             ListAllMaximalCliques(C', P')
16     return
```

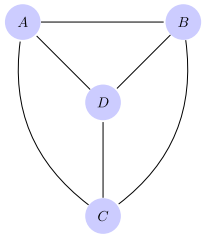
Slika 2 - Algoritam za pronalaženje svih neproširivih klika

Za problem pronalaženja najveće klike u grafu se može iskoristiti prethodni algoritam, pri čemu se ne pamte sve neproširive klike u grafu, već samo najveća. Ukoliko je skup kandidata prazan, znači da je pronađena jedna neproširiva klika. Za tu kliku potrebno je proveriti njenu veličinu i ako je najveća, zapamtiti je [5][7].

Planarni grafovi su grafovi koji se mogu predstaviti u ravni, tako da se grane ne seku. Drugim rečima, zajednička tačka dve grane može biti samo čvor koji predstavlja krajnju tačku tih grana. Graf predstavljen u ravni se može definisati kao preslikavanje čvorova i grana u tačke i krive u ravni, redom, tako da presek bilo koje dve krive bude prazan skup, osim njihovih krajnjih tačaka (čvorova).

Svako stablo je planarno, odnosno može se predstaviti u ravni. Svaki ciklus C_n je planaran, a nije moguće napraviti kompletan graf veličine veće od 4. U daljem tekstu će biti dokazano da K_5 nije planaran graf, ali pre toga treba da se pokažu neke osobine planarnih grafova [8][9].

Uvodi se pojam oblast grafa (eng. *Face*). Svaki planarni graf, koji je predstavljen u ravni na opisan način, deli ravan na više konačnih zatvorenih oblasti i jednu beskonačnu oblast. Planarni graf sa slike 3 ima 3 konačne zatvorene oblasti i jednu beskonačnu oblast, ukupno 4 oblasti. Oblast grafa se obeležava sa f.



Slika 3 - Primer planarnog grafa

Biće predstavljene 4 teoreme o planarnim grafovima:

a) Ojlerova teorema o planarnim povezanim grafovima kaže da za svaki planaran graf važi:

$$n - m + f = 2$$

n – broj čvorova u grafu
m – broj grana u grafu
f – broj oblasti u grafu

Ukoliko je graf acikličan, onda je $f = 1$ i teorema važi jer je povezan graf acikličan samo kada predstavlja stablo, odnosno $m = n - 1$.
Uvodi se pretpostavka da graf ima n čvorova, m grana i f oblasti. Ukoliko se doda nova grana, ta nova grana mora da učestvovati u ciklusu, što dalje znači da će podeliti jednu oblast na dve nove. Po indukciji važi: $n - (m + 1) + (f + 1) = 2$, odnosno $n - m + f = 2$.

b) Ukoliko je graf planaran i povezan i $n > 2$, važi:

$$m \leq 3 * n - 6$$

Ukoliko je $m \leq 3$, nejednakost je tačna, jer je sa desne strane nejednakosti broj koji je veći ili jednak od 3. Svaka oblast je ograničena sa najmanje 3 grane. Tako da postoji bar $3 * f$ granica između oblasti. Odnosno bar $\frac{3*f}{2}$ grana, jer svaka grana može da bude granica između dve oblasti, što znači da je $m \geq (3 * f)/2$. Kada se ova nejednakost uvrsti u jednačinu $n - m + f = 2$, dobija se $m \leq 3 * n - 6$.

c) Graf K_5 (kompletan graf sa 5 čvorova) nije planaran.

Uvodi se pretpostavka da je K_5 planaran graf. Po Ojlerovoj formuli koja je gore pokazana, važi da je $n - m + f = 2$, gde je $n = 5$, $m = 10$, pa je onda po formuli $f = 7$.
U prethodnoj teoremi je pokazano da važi nejednakost $m \geq \frac{3*f}{2}$, što bi značilo da važi $m \geq 10.5$, odnosno da broj grana mora biti barem 11. U K_5 postoji 10 grana, tako da je došlo do kontradikcije polazne pretpostavke.

d) U planarnom grafu postoji bar jedan čvor koji ima stepen manji od 6 ($deg(v) < 6$).

Uvodi se pretpostavka da svaki čvor u planarnom grafu ima stepen najmanje 6. Tada važi da je broj grana $m \geq n * \frac{6}{2}$, odnosno $m \geq 3 * n$. Međutim po teoremi b), za svaki planaran graf važi $m \leq 3 * n - 6$. Ukoliko se posmatraju obe formule, dobija se nejednakost $3 * n \leq 3 * n - 6$, tj. $0 \leq -6$ što predstavlja kontradikciju.

Pokazano je da u planarnom grafu može postojati klika veličine najviše 4. Zahvaljujući ovoj osobini postoji algoritam koji nalazi sve klike u planarnom grafu u linearnoj složenosti. Kao što je pokazano, u svakom planarnom grafu postoji čvor v čiji je stepen najviše 5. Posmatra se čvor v i njegovi susedi (kojih ima najviše 5). Potrebno je da se pronađu sve klike u kojima učestvuje čvor v. U ovom skupu od najviše 6 čvorova iterira se kroz sve podskupove koji sadrže čvor v i proverava se da li oni predstavljaju kliku. Nakon toga, izbacuje se čvor v i njegove grane. Ostaje planaran graf sa $n - 1$ čvorom za koji se ponavlja postupak. Postupak se ponavlja dok postoje čvorovi. Vremenska složenost ovog algoritma je $O(n)$.

Ovaj algoritam se može iskoristiti za rešavanje više različitih problema, kao što su: izlistavanje svih klika, nalaženje najveće klike u grafu, nalaženje klike veličine K, nalaženje svih neproširivih klika, itd. Potrebno je samo da se određenom problemu prilagodi sledeći programski kod, prikazan na slici 4.

Algorithm 6: Problem klike u planarnim grafovima

Ulaz: Graf G
Izlaz: Klike u grafu

```
1
2  cliques ← {∅}
3  n ← numberOfNodes(G)
4
5  while n > 0 do
6      node = getNodeWithMinDeg()
           // Dohvatamo čvor sa najmanjim stepenom.  Primetimo da u planarnim
       grafovima stepen takvog čvora mora biti manji od 6.
7      nodes = { node }
8
9      for i : neighbours(node) do
10         nodes.add(i)
11
           // Veličina skupa nodes je najviše 6, tako da za izlistavanje svih
       klika u ovom skupu možemo iskoristiti bilo koji algoritam za
       izlistavanje svih klika.
12     cliques.add(getCliques(nodes))
13     removeNode(node)
14     n ← n − 1
15
16 return cliques
```

Slika 4 - Algoritam za pronalaženje klika u planarnom grafu

4. REZULTATI I MERENJA

Izvršena su merenja performansi algoritma koji računa broj trouglova u grafu. Graf je izgenerisan na osnovu parametara n – broj čvorova, m – broj grana. U tabeli 1 je prikazano vreme (u sekundama) algoritma u programskom jeziku *C++*. Kod je izvršen na procesoru *Intel(R) Core(TM) i7-5650U CPU @ 2.20GHz.*

Tabela 1 - Vreme izvršavanja algoritma pronalaženja broja trouglova u grafu

$n \backslash m$	10^3	10^4	10^5	10^6	$5 * 10^6$	10^7
10^3	*0.000103*	*0.000862*	*0.016288*	-	-	-
10^4	-	*0.00105*	*0.009997*	*0.203612*	-	-
10^5	-	-	*0.016813*	*0.199451*	*1.41433*	*4.3164*
10^6	-	-	-	*0.305073*	*1.59093*	*3.10261*

U tabeli 2 je prikazan broj trouglova u slučajno generisanom grafu sa parametrima n – broj čvorova, m – broj grana. Očekivan broj trouglova u nasumično generisanom grafu sa parametrima n i m je $E \sim \frac{4m^3}{3n^3}$. Dobijeni rezultati su srazmerni očekivanim rezultatima.

Tabela 2 - Broj trouglova u nasumičnom grafu sa parametrima n i m

$n \backslash m$	10^3	10^4	10^5	10^6	$5 * 10^6$	10^7
10^3	*1*	*1402*	*1332874*	-	-	-
10^4	-	*0*	*1386*	*1335860*	-	-
10^5	-	-	*3*	*1308*	*166502*	*1332716*
10^6	-	-	-	*0*	*166*	*1371*

Vremenska složenost algoritma koji računa broj trouglova u grafu je $O((n+m) * \sqrt{m})$, gde n predstavlja broj čvorova, a m broj grana u grafu. U tabeli 1 su dobijeni rezultati vremena izvršavanja algoritma koji odgovaraju očekivanom.

5. PRIMENA NALAŽENJA POTPUNOG PODGRAFA

Mnogi važni problemi koji se javljaju u računarskoj biohemiji i genomici formulisani su u smislu osnovnih kombinatornih modela optimizacije. Naročito je jedan broj formulisan kao model za pronalaženje klike. Određeni problemi u biohemiji i genomici, koji se mogu predstaviti modelom detekcije klike, uključuju integraciju podataka mapiranja genoma, lokalno poravnanje koje se ne preklapa, podudaranje i upoređivanje molekularnih struktura i pristajanje proteina [10]. Algoritmi za pronalaženje klike korišćeni su u hemiji za pronalaženje hemikalija koje odgovaraju ciljanoj strukturi [11] i mesta vezivanja hemijskih reakcija [12]. Takođe se mogu koristiti za pronalaženje sličnih struktura unutar različitih molekula [13]. Graf se može konstruisati na osnovu atoma koji predstavljaju čvorove i međusobnih grana.

Još jedan primer proizlazi iz teorije kodiranja gde je potrebno naći što veći binarni kod, koji može da ispravi unapred određeni broj grešaka. Problem se može rešiti rešavanjem problema maksimalne klike u odgovarajućem grafu [13].

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu su predstavljene varijacije problema pronalaženja potpunog podgrafa, kao i neka od poznatih rešenja. Iako je ovo NP – problem, u nekim specijalnim slučajevima možemo naći rešenje u polinomijalnom vremenu (ukoliko su potrebne klike konstantne veličine ili se problem obrađuje na specijalnim grafovima, npr. planarnim).

Problem najveće klike i njegove varijacije nalaze primenu u različitim sferama. Mnoge studije se trude da pronađu što bolja rešenja kako bi poboljšali efikasnost. Ukoliko se u budućnosti nađe polinomijalno rešenje za bilo koji NP – težak (eng. *NP – hard*) ili NP – kompletan (eng. *NP – complete*) problem, rešeno je jedno od 7 milenijumskih pitanja u matematici P = NP. U ovom slučaju svaki problem koji pripada skupu NP ili NP – kompletnih problema imaće polinomijalno rešenje, tako da će se problemi deliti na dva skupa NP i P (za sada postoje P, NP, NP – kompletni, NP – teški). Ovo pitanje se smatra jednim od najvažnijih otvorenih pitanja u matematici i teorijskim računarskim naukama, jer ima posledice na probleme u kriptografiji, matematici, biologiji, itd.

7. LITERATURA

[1] Pelillo M. (2008) Heuristics for Maximum Clique and Independent Set. In: Floudas C., Pardalos P. (eds) Encyclopedia of Optimization. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-0-387-74759-0_264

[2] Milo Tomašević (2008). Algoritmi i strukture podataka. 978-86-7466-328-8

[3] Cormen, Thomas & Leiserson, Charles & Rivest, Ronald & Stein, Clifford. (2001). Introduction To Algorithms. 10.2307/2583667.

[4] Vassilevska, Virginia. (2009). Efficient algorithms for clique problems. Inf. Process. Lett.. 109. 254-257. 10.1016/j.ipl.2008.10.014.

[5] Pardalos, Panos & Xue, Jue. (1994). The Maximum Clique Problem. Journal of Global Optimization. 4. 301-328. 10.1007/BF01098364.

[6] Cormen, Thomas H.*;* Leiserson, Charles E.*;* Rivest, Ronald L.*;* Stein, Clifford *(2001), "34.5.1 The clique problem",* Introduction to Algorithms *(2nd ed.), MIT Press and McGraw-Hill, pp. 1003–1006,* ISBN *0-262-03293-7*.

[7] Wu, Qinghua & Hao, Jin-Kao. (2015). A review on algorithms for maximum clique problems. European Journal of Operational Research. 242. 693-709. 10.1016/j.ejor.2014.09.064.

[8] Alcón, Liliana & Gutierrez, Marisa. (2001). Clique Planar Graphs. Electronic Notes in Discrete Mathematics. 7. 126-129. 10.1016/S1571-0653(04)00241-0.

[9] Papadimitriou, Christos H.*;* Yannakakis, Mihalis *(1981), "The clique problem for planar graphs",* Information Processing Letters*, 13 (4–5): 131–133,* doi*:*10.1016/0020-0190(81)90041-7*,* MR 0651460.

[10] Butenko, Sergiy & Wilhelm, Wilbert. (2006). Clique-detection models in computational biochemistry and genomics. European Journal of Operational Research. 173. 1-17. 10.1016/j.ejor.2005.05.026.

[11] Rhodes, Nicholas; Willett, Peter; Calvet, Alain; Dunbar, James B.; Humblet, Christine (2003), "CLIP: similarity searching of 3D databases using clique detection", Journal of Chemical Information and Computer Sciences, 43 (2): 443–448, *doi*:*10.1021/ci025605o*, *PMID 12653507.*

[12] Kuhl, F. S.; Crippen, G. M.; Friesen, D. K. (1983), "A combinatorial algorithm for calculating ligand binding", Journal of Computational Chemistry, 5 (1): 24–34, *doi*:*10.1002/jcc.540050105.*

[13] National Research Council Committee on Mathematical Challenges from Computational Chemistry (1995), *Mathematical Challenges from Theoretical/Computational Chemistry*, National Academies Press, *doi*:*10.17226/4886*, *ISBN 978-0-309-05097-5.*

[14] Bomze I.M., Budinich M., Pardalos P.M., Pelillo M. (1999) The Maximum Clique Problem. In: Du DZ., Pardalos P.M. (eds) Handbook of Combinatorial Optimization. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-3023-4_1.

KREIRANJE APLIKACIJE ZA UČENJE STATISTIČKIH TESTOVA – HI-KVADRAT TEST NORMALNOSTI RASPODELE
CREATING THE APPLICATION FOR LEARNING OF STATISTICAL TESTS - CHI-SQUARE TEST OF NORMALITY

Atif Avdović[1], Safet Purković[2], Vesna Jevremović[3], Edis Mekić[4]
***Državni Univerzitet u Novom Pazaru*[1,2,3,4]**

Sadržaj – *U ovom radu predstavićemo početnu verziju aplikacije za učenje statističkih testova. U postojećim softverima korišćenje statističkih testova je implementirano na način da korisnik mora znati puno o statističkom testu koji primenjuje. Kod nekih softvera je dovoljno poznavati interpretaciju testa iz perspektive primenjene statistike, a kod nekih se čak mora poznavati i opis testa iz perspektive matematičke statistike što značajno otežava istraživanje korisnika. Za početak smo odradili Hi-kvadrat test saglasnosti sa normalnom raspodelom, ali će aplikacija uskoro podržavati mnogo više testova.*

Abstract - *In this paper, we present the initial version of the application for learning statistical tests. In existing software that uses statistical tests, it is implemented in such a way that the user must know a lot about the statistical test that is applied. With some software, it is enough to know the interpretation of the test from the perspective of applied statistics, and with some, you even need to know the description of the test from the perspective of mathematical statistics, which significantly complicates the user's research. To start, we did a Chi-square test of normality, but the application will soon support many more tests.*

1. UVOD

Najveći nedostatak koji smo uočili kod postojećih softvera jeste interakcija između softvera i osobe koja primenjuje određeni test. Ako korisnik pak želi naučiti nešto o statističkom testu, u najboljem ishodu znaće napamet koje komande da pokreće u softveru kako bi dobio željene rezultate, a čitanje i komentar tih rezultata može biti takav problem da i dugogodišnji korisnici softvera prave ozbiljne greške. U našem rešenju korisnika kroz aplikaciju prati niz interaktivnih koraka u kojima se od njega traži unos rezultata odgovarajućeg dela postupka, a zatim se ti rezultati upoređuju sa onim koje je dobio naš softver. Pritom, korisnik dobija odgovor da li je tačno ili netačno dobio rezultate. Takođe, korisnik može izabrati da mu se rešenja odmah prikažu, bez samostalnog računanja. Naša aplikacija nudi i konačan komentar rezultata, tj. da li se nulta hipoteza testa prihvata ili ne.
Aplikacija je online tipa tako da joj može pristupiti bilo ko sa računarom ili pametnim telefonom sa pristupom internetu.

Da bismo dokazali svrsishodnost i potrebu za našom veb aplikacijom u radu ćemo izložiti i istraživanje sa studentima i drugim korisnicima nekih postojećih statističkih sotvera gde će se od njih tražiti da koriste test saglasnosti kako to i inače rade, a zatim korišćenjem naše aplikacije. Nakon toga korisnici treba da odgovore na pitanje da li naša veb aplikacija ima prednosti u odnosu na softver koji inače koriste i to kroz nekoliko stavki – brzina, kvalitet rezultata, lakoća koišćenja, kvantitet i kvalitet naučenih informacija. Time ćemo opravdati kreiranje i unapređivanje naše veb aplikacije.

U implementaciji aplikacije koristili danas veoma poznate RESTApi web servise. Web servise smo implementirali pomoću ASP.NET Core C# tehnologije koja je jedna od najzastupljenijih tehnologija u ovoj oblasti. Na klijentskoj strani smo koristili Angular - JavaScript framework, koji se takođe koristi u velikoj meri. Ovim smo dobili da našu aplikaciju možemo veoma lako nadograditi, ili spojiti sa nekom postojećom implementacijom.

ASP.NET je veoma popularan framework za razvoj web aplikacija na .NET platformi.
Mi smo koristili ASP.NET Core verziju koja je open-source i koja omogućava nezavisnost od operativnog sistema.
Što se tiče performansi, razlog izbora ovog framework-a je taj što je brži od ostalih popularnih web framework-a prema nezavisnim merenjima TechEmpower benchmarks.

Angular nije programski jezik već predstavlja JavaScript framework. Pomoću ovog framework-a smo dobili odličnu interakciju i upravljanje podacima između klijenta sa jedne i naše aplikacije sa druge strane.
Angular je razvijen od strane Google developera Miska Hejverija i Adama Abronsa 2008. godine. Na početku je razvijen tako da se kod piše čisto u JavaScriptu. Nakon toga razvijena je verzija Angular 2 i novije koje su TypeScript. Kod je postao čistiji, lakši za razumevanje i testiranje. Obično se koristi kod Single-Page aplikacija (SPA).

Iako je naša web-aplikacije primenljiva i kod korisnika koji o hi-kvadrat testu i normalnoj raspodeli ne znaju ništa osim što žele rezultat testa, ona je prevashodno namenjena korisnicima koji žele znati nešto više o samom postupku. Naime, glavna svrha aplikacije jeste učenje kompletnog procesa testiranja hipoteze normalnosti primenom hi-kvadrat testa. Stoga ćemo ovde reći i nešto o normalnoj raspodeli i hi-kvadrat testu (χ^2 test).

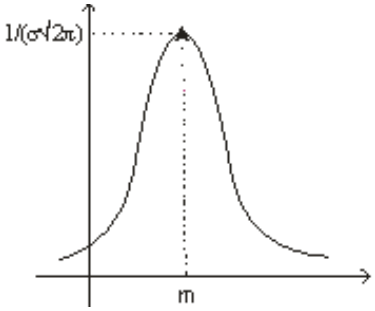
2. NORMALNA RASPODELA

U teoriji verovatnoće i matematičkoj statistici posebno značajno mesto zauzima tzv. normalna ili Gausova raspodela. To je jedna neprekidna raspodela, koja je povezana sa mnogim drugim diskretnim i neprekidnim raspodelama.

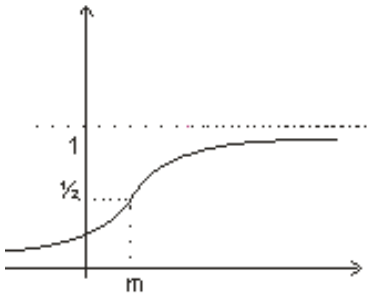
Ako je gustina raspodele slučajne veličine X:

$$g(x)=\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}},\ x\in R,\sigma>0,m\in R,$$

tada se kaže da X ima **normalnu raspodelu sa parametrima m i σ^2** što se označava sa $X{:}N(m,\sigma^2)$.



Slika 1. Grafik gustine normalne raspodele



Slika 2: Grafik funkcije normalne raspodele

Na grafiku gustine raspodele $g(x)$ slučajne veličine koja ima normalnu raspodelu $N(m,\sigma^2)$ uočavaju se:

- lokalni maksimum u tački $x = m$,
- simetrija grafika oko prave $x = m$,
- dve prevojne tačke $x = m \pm \sigma$,
- horizontalna asimptota $y = 0$, i pri $x \to -\infty$, i pri $x \to +\infty$,
- maksimalna vrednost jednaka $1/\left(\sigma\sqrt{2\pi}\right)$.

Funkcija raspodele $F(x)$ slučajne veličine koja ima normalnu raspodelu $N(m,\sigma^2)$ ima prevojnu tačku $x = m$ i njena vrednost u toj tački je jednaka ½, dok su $y = 0$ i $y = 1$ horizontalne asimptote pri $x \to -\infty$, odnosno $x \to +\infty$.

Specijalan slučaj normalne raspodele javlja se kad je $m = 0$ i $\sigma = 1$. Za takvu slučajnu veličinu se kaže da ima **normalnu normiranu raspodelu $N(0,1)$**. Značaj ove raspodele proizilazi iz sledećeg tvrđenja:

Teorema 1.
Ako slučajna veličina X ima $N(m,\sigma^2)$ raspodelu, tada slučajna veličina $Z=\frac{X-m}{\sigma}$ ima $N(0,1)$ raspodelu.

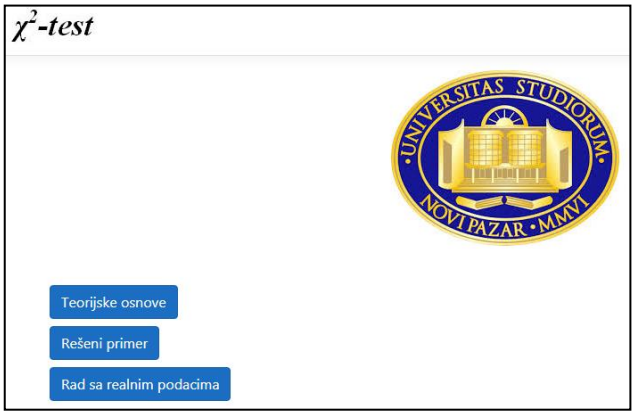
Pošto se vrednost integrala

$$F(x)=\int_{-\infty}^{x}\frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{t^2}{2}}dt$$

ne može dobiti elementarnim putem, odgovarajućom numeričkom metodom su izračunate vrednosti tog integrala tj. vrednosti funkcije raspodele za normalnu normiranu slučajnu veličinu i date su u tablicama. [1]

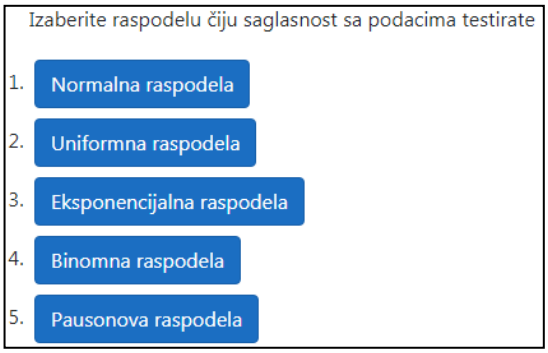
3. HI-KVADRAT TEST I IMPLEMENTACIJA ISTOG U APLIKACIJI

Kako je naša aplikacija razvijena za korišćenje χ^2-testa za testiranje saglasnosti raspodele uzorka sa normalnom raspodelom, mi ćemo se baviti samo tom njegovom varijantom. Uporedo ćemo predstaviti izvođenje testa u aplikaciji, tako da će svaki korak testiranja imati i matematičku, a i interpretaciju u aplikaciji.



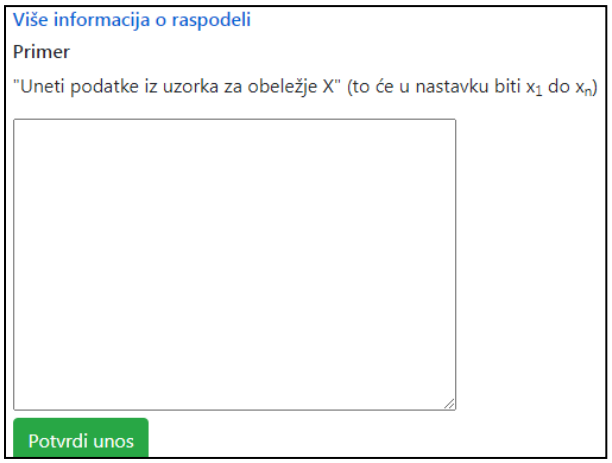
Slika 3. Početna strana veb aplikacije

Na početnoj strani (Slika 3) vidimo da korisnik može pokrenuti jednu od tri opcije: „Teorijske osnove“ čijim izborom dobijamo uvid u teorijske osnove hi-kvadrat testa iz udžbenika [1]; „Rešeni primer“ gde korisnik može videti matematičku interpretaciju χ^2-testa saglasnosti kroz primer; i „Rad sa realnim podacima“ gde korisnik bira opciju koja će mu omogućiti da testira saglasnost raspodele željenog uzorka sa normalnom raspodelom.



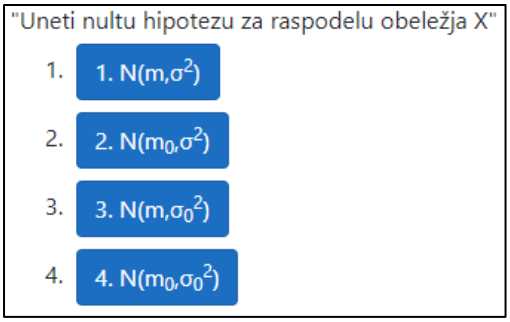
Slika 4. Ponuđeni meni nakon izbora opcije „Rad sa realnim podacima“

Iz menija na slici 4 trenutno je dostupna samo „Normalna raspodela“, tj. testiranje hipoteze normalnosti, što će svakako biti unapređeno i za ostale opcije u budućem radu.



Slika 5. Prozor aplikacije nakon izbora opcije za testiranje hipoteze normalnosti

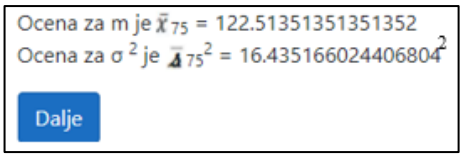
Na slici 5 možemo videti prozor u kojem se korisniku daje mogućnost da unese uzorak za koji će se testirati hipoteza normalnosti raspodele, a iznad je link koji korisnika vodi na stranicu na kojoj može naći više informacija o normalnoj raspodeli.
Pretpostavimo da smo sa tastature uneli uzorak 120, 121, 135, 106, 107, 128, 119, 111,100, 124, 131, 113, 115, 155, 122, 126, 150, 122, 124, 108, 139, 107, 135, 144, 164, 125, 129, 96, 99, 104, 126, 150, 122, 124, 108, 139, 107, 135, 144, 164, 125, 129, 96, 99, 104, 120, 121, 135, 106, 107, 128, 119, 111,100, 124, 131, 113, 115, 155, 122, 126, 150, 122, 124, 108, 139, 107, 135, 144, 164, 125, 129, 96, 99, 104 čiju raspodelu želimo porediti sa normalnom. Nakon toga korisnik izabere opciju „Potvrdi unos“. Time nam aplikacija, otvaranjem sledećeg prozora, daje prikaz minimalne i maksimalne vrednosti uzorka kao i njegovog obima. Pritom, aplikacija nam daje četiri nove opcije za nastavak testiranja.



Slika 6. Zadavanje nulte hipoteze testa

Nulta hipoteza testa normalnosti glasi da raspodela uzorka ne odstupa značajno od normalne raspodele. Međutim, normalna raspodela ima dva parametra i oni pri testiranju, shodno potrebama korisnika, mogu, a i ne moraju biti zadati. Prema tome, mogu nastupiti četiri slučaja, tj. nulta hipoteza može imati četiri varijante date na slici 6. Parametri su, kao što smo rekli, očeivanje m i disperzija σ^2, dok su m_0 i σ_0^2 neke njihove konkretne zadate vrednosti. Izborom, tj. zadavanjem jedne od navedenih varijanti nulte hipoteze, npr. prve, korisnik prelazi na sledeći korak testiranja.

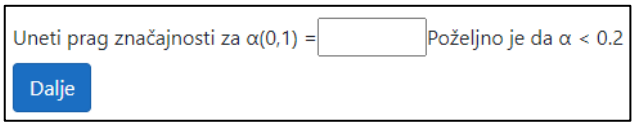
Parametri se ocenjuju na osnovu uzorka, pomoću metode maksimalne verodostojnosti. Metodom maksimalne verodostojnosti utvrđujemo da je uzoračka (aritmetička) sredina $\bar{X}_n$ ocena za očekivanje m, a uzoračka disperzija (varijansa) za parametar σ^2 [1].



Slika 7. Izračunavanje ocena za parametre raspodele

Na slici 7 vidimo da nam nakon zadavanja nulte hipoteze aplikacija za naš uzorak prikazuje izračunate vrednosti uzoračke sredine i disperzije, tj. ocena parametara po metodi maksimalne verodostojnosti.

Prag značajnosti ili verovatnoća greške prve vrste α jeste verovatnoća da se pri tačnoj nultoj hipotezi realizuje slučajni događaj koji odgovara alternativnoj. U našem slučaju to je verovatnoća da ako obeležje iz kojeg smo dobili uzorak ima normalnu raspodelu, raspodela tog uzorka ne bude dovoljno bliska normalnoj. Kako je α verovatnoća, to je u intervalu od 0 do 1, mada su najčešće zadavane vrednosti manje od 0,2, a najčešće birana, koja je za većinu testova uzeta kao standard, je $\alpha = 0{,}05$, tj. 5%.



Slika 8. Polje za unos praga značajnosti

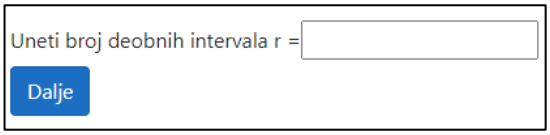
Na slici 8 vidimo polje u koje je neophodno da korisnik unese prag značajnosti, tj. verovatnoću greške s kojom će testirati normalnost raspodele uzorka.

Skup mogućih vrednosti obeležja X se razdvaja na r disjunktnih podskupova $S_1, S_2, \ldots, S_r$.
Kako je obeležju sa normalnom raspodelom ceo skup $\mathbb{R}$ skup mogućih vrednosti to se isti deli u r disjunktnih intervala. Drugim rečima, za potrebe testiranja hi-kvadrat testom poželjno je da se podaci srede u tabelu oblika:

X	$(-\infty, a_2)$	$[a_2, a_3)$	...	$[a_r, +\infty)$
Frekvencija	m_1	m_2	...	m_r

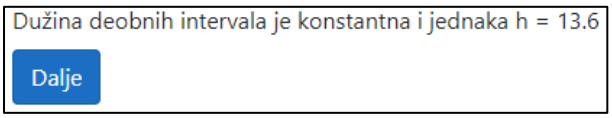
Tabela 1. Razdvajanje skupa $\mathbb{R}$ na disjunktne intervale

U ovom slučaju imamo $S_j = [a_j, a_{j+1}), j = 2, \ldots, r-1$ i $S_1 = (-\infty, a_2)$ i $S_r = [a_r, +\infty)$.

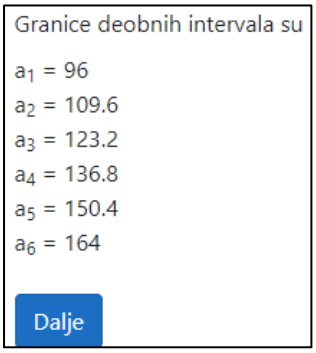


Slika 9. Unošenje broja deobnih intervala skupa $\mathbb{R}$

To u opštem slučaju ne mora važiti ali je za olakšan postupak testiranja poželjno formirati deobne intervale tako da je $a_{j+1} - a_j = h; j = 2, \dots, r$ gde je $h = \frac{x_{\min} - x_{\max}}{r}$. Treba da važi $a_j = x_{\min} + jh, j = 1, \dots r$.

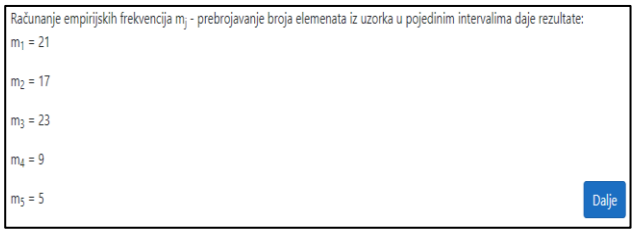


Slika 10. $h = \frac{x_{\min} - x_{\max}}{r} = \frac{164-96}{5} = 13{,}6$



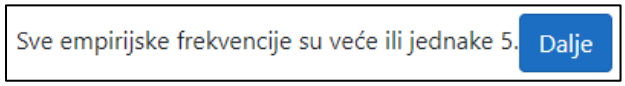
Slika 11. $a_j = x_{\min} + (j-1)h = 96 + (j-1) \cdot 13{,}6;\ j = 2, \dots 5.$

Neka m_j broj elemenata iz uzorka koji su u skupu S_j, j = 1, 2, ..., r. Brojevi m_j su realizovane vrednosti slučajnih veličina M_j, koje, pri nultoj hipotezi, imaju binomnu raspodelu $B(n, p_j)$ ([1], [2]), j = 1, 2, ..., r, gde je $p_j = P_{H_0}\{X \in S_j\}$, a nazivaju se empirijske frekvencije.

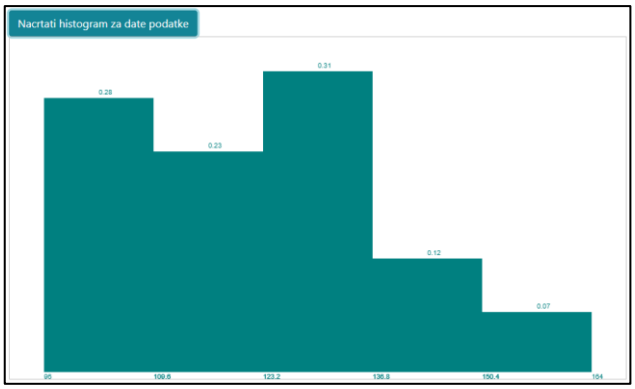


Slika 12. Empirijske frekvencije uzorka

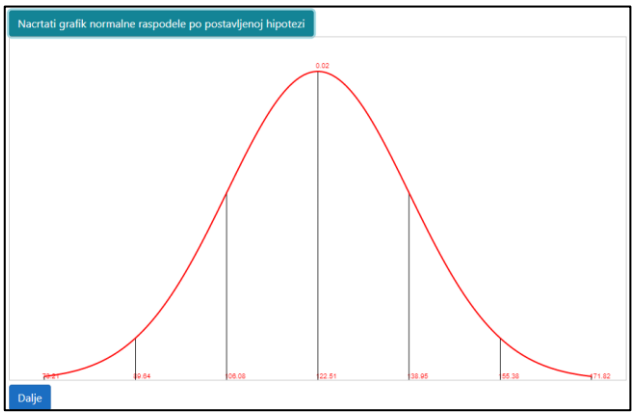
Što je veći broj intervala to je preciznije poređenje raspodele uzorka sa normalnom raspodelom, međutim, ako su vrednosti empirijskih frekvencija za neki interval manji od 5, rezultati testa neće biti pouzdani [3]. Pre prelaska na dalji rad spomenuti uslov se proverava.



Slika 13. Obaveštenje o ispunjenosti uslova za empirijske frekvencije

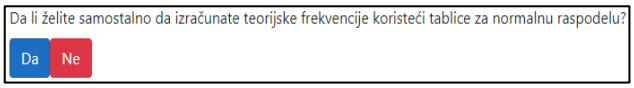


Slika 14. Histogram podataka razdvojenih na pet intervala



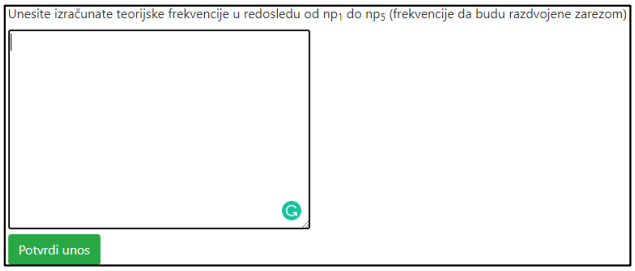
Slika 15. Grafik gustine pretpostavljene raspodele

Aplikacija korisniku nudi prikaz histograma (Slika 14.) podataka podeljenih na izabranih r intervala i grafika gustine normalne raspoodele iz nulte hipoteze (Slika 15.).



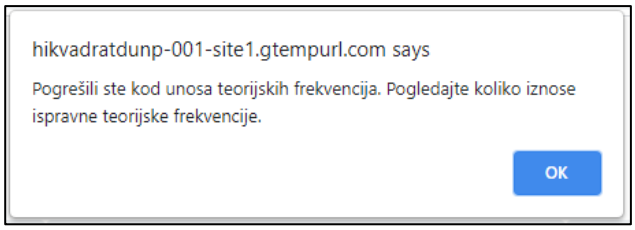
Slika 16. Izbor načina izračunavanja teorijskih frekvencija

Korisnik može izabrati da samostalno izračuna teorijske frekvencija ne bi li proverio kvalitet naučenog (Slika 16).



Slika 17. Prozor za unos samostalno izračunatih teorijskih frekvencija

Ako korisnik izabere da samostalno izračuna teorijske frekvencije otvara mu se prozor gde nakon izračunavanja sa tastature treba da ih unese u polje sa treperećim kursorom (Slika 17.), a svaku (za svaki od intervala podele skupa realnih brojeva) zasebno odvoji zarezom. Zarez za decimalni zapis je tačka sa tastature ili zarez sa numeričkog dela tastature.



Slika 18. Obaveštenje u slučaju unosa pogrešnih vrednosti teorijskih frekvencija

Sledeći korak testiranja jeste izračunavanje:

$$p_j = P_{H_0}(X \in S_j) = P_{H_0}\left(X \in [a_j, a_{j+1})\right)$$
$$= P_{H_0}(X \le a_{j+1}) - P_{H_0}(X \le a_j)$$
$$= P_{H_0}\left(Z \le \frac{a_{j+1} - \bar{x}_n}{\bar{s}_n}\right) - P_{H_0}\left(Z \le \frac{a_j - \bar{x}_n}{\bar{s}_n}\right)$$
$$= F\left(\frac{a_{j+1} - \bar{x}_n}{\bar{s}_n}\right) - F\left(\frac{a_j - \bar{x}_n}{\bar{s}_n}\right) \quad (1)$$

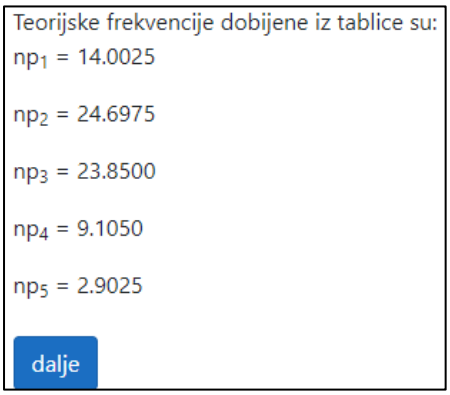
gde je $j = 2, \dots, r-1$. Za prvi i poslednji interval verovatnoće se računaju kao:

$$p_1 = P_{H_0}(X \in S_1) = P_{H_0}(X \in (-\infty, a_2))$$
$$= F\left(\frac{a_2 - \bar{x}_n}{\bar{s}_n}\right) - F(-\infty)$$
$$= F\left(\frac{a_2 - \bar{x}_n}{\bar{s}_n}\right)$$

i

$$p_r = P_{H_0}(X \in S_r) = P_{H_0}(X \in [a_r, +\infty))$$
$$= F(+\infty) - F\left(\frac{a_r - \bar{x}_n}{\bar{s}_n}\right)$$
$$= 1 - F\left(\frac{a_r - \bar{x}_n}{\bar{s}_n}\right)$$

Statistika $Z = \frac{X - \bar{x}_n}{\bar{s}_n}$ na osnovu teoreme 1 ima $N(0,1)$ raspodelu, a u slučaju da je varijanta nulte hipoteze takva da su vrednosti parametara poznate, iste je potrebno ubaciti u jednačinu (1) umesto vrednosti ocena, tj. m_0 sa $\bar{x}_n$, a σ_0 sa $\bar{s}_n$. Zatim se vrednosti $F\left(\frac{a_{j+1} - \bar{x}_n}{\bar{s}_n}\right)$ i $F\left(\frac{a_j - \bar{x}_n}{\bar{s}_n}\right)$ izračunaju pomoću tablice za $N(0,1)$ raspodelu.
Vrednosti $n \cdot p_j, j = 1, \dots, r$ nazivaju se teorijske ili očekivane frekvencije.

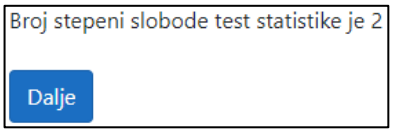


Slika 19. Teorijske frekvencije definisanih intervala

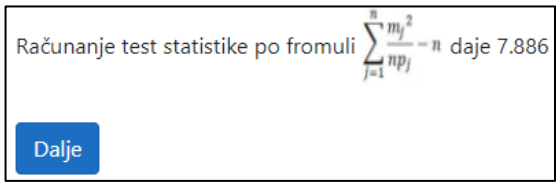
Test statistika χ^2 testa je:

$$\chi_U^2 = \sum_{i=1}^{r} \frac{(m_i - np_i)^2}{np_i} = \sum_{i=1}^{r} \frac{{m_i}^2}{np_i} - n$$

i ima χ^2 raspodelu sa $r - s - 1$ stepeni slobode, gde je r broj deobnih intervala, a s broj nepoznatih parametara raspodele ([1], [2], [4]).

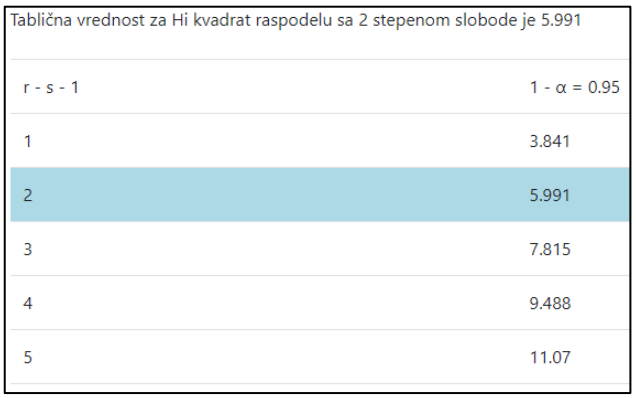


Slika 20. Broj stepeni slobode test statistike zadatog primera ($r - s - 1 = 5 - 2 - 1 = 2$)



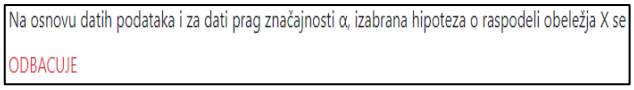
Slika 21. Realizovana vrednost test statistike za zadati primer

Konačno, na kraju testiranja određujemo kritičnu oblast oblika $W = [c, +\infty)$ gde c, na osnovu uslova $P_{H_0}(\chi_U^2 \ge c) = \alpha$ određujemo iz tablica izračunatih vrednosti funkcije χ^2 raspodele.



Slika 22. Kritična vrednost c za zadati primer

Ukoliko je realizovana vrednost test statistike (Slika 21.) veća ili jednaka od kritične vrednosti c, nulta hipoteza, tj. hipoteza normalnosti, se odbacuje.



Slika 23. Konačan zaključak testiranja nulte hipoteze

U našem primeru odbacujemo nultu hipotezu jer je $\chi_u^2 = 7{,}886 > 5{,}991 = c$ (Slika 23.).

4. ANKETA

Sprovedena je anketa sa deset studenata Državnog Univerziteta u Novom Pazaru i gde su oni kroz deset pitanja, vrednostima od 1 do 10, ocenjivali redom brzinu, kvalitet rezultata, lakoću korišćenja, kvantitet i kvalitet naučenih informacija pri testiranju normalnosti raspodele uzorka tehnološkim rešenjem koje inače koriste i našom veb aplikacijom. Softveri koje ispitnici koriste su SPSS,

MS Excel i R; kao i neki programski jezici kao što su, C#, JavaScript i Python.
Anketa je dala sledeće rezultate:

Brzina softvera	Brzina hk aplikacije	Kvalitet rezultata softvera	Kvalitet rezultata hk aplikacije	Lakoća korišćenja softvera	Lakoća korišćenja hk aplikacije
10	9	10	10	10	9
8	10	9	10	6	9
8	10	9	10	9	10
9	10	10	10	9	10
7	10	9	10	8	10
8	9	10	10	9	9
10	10	10	10	10	10
9	10	8	10	8	8
8	9	10	9	7	9
8	9	8	9	9	10

Tabela 2.1. Rezultati ankete

Kvantitet naučenih informacija softverom	Kvantitet naučenih informacija hk aplikacijom	Kvalitet naučenih informacija softverom	Kvalitet naučenih informacija hk aplikacijom
7	10	6	10
5	10	6	10
8	10	8	10
9	10	10	9
8	10	7	9
9	9	9	10
8	8	7	8
8	10	7	10
8	9	8	10
7	8	8	9

Tabela 2.2. Rezultati ankete

Dobili smo da rezultati varijabli (grupe odgovora za sva pitanja) nisu normalno distribuirani, osim za lakoću korišćenja (p-vrednost Kolmogorov-Smirnov testa za jedan uzorak 0,069>0,05) kod softvera i kvalitet naučenog za softver (p=0,2>0,05). Stoga, koristićemo neparametarske metode.

Spirmanov koeficijent korelacije **ne pokazuje značajne povezanosti među varijablama** kako za softver, tako i za našu aplikaciju što ukazuje na **nepristrasnost odgovora**.

Prosečne vrednosti svake od varijabli za **našu aplikaciju** su **veće**, a Vilkoksonov test rangova nam ukazuje da je ta **razlika** u vrednostima **statistički značajna** kod svih varijabli osim kod kvaliteta rezultata gde vrednosti za našu aplikaciju jesu veće, ali ne značajno (p=0,096>0,05). Dakle, korisnici su odgovorili da **naša aplikacija nudi značajno veću brzinu, lakoću korišćenja, kvantitet i kvalitet naučenih informacija**.

5. ZAKLJUČAK

Našom aplikacijom rešili smo dva velika problema postojećih softvera. Prvi da su preteški za korišćenje i njihovo savladavanje zahteva više vremena nego naučiti ručnu primenu testa. Drugi problem je neinteraktivnost tih softvera pa je nemoguće naučiti statistiku njihovim korišćenjem (osim možda tumačenja rezultata analiza).

Aplikaciju smo razvili u dve najmodernije i najkošćenije tehnologije, ali opet nezavisne jedne od druge, tako da možemo bez problema proširiti našu aplikaciju sa servisima koji su odrađeni u nekom drugom okruženju (PHP, Node.js ...). Takođe, možemo naše servise postaviti dostupnim aplikacijama razvijenim u nekim drugim tehnologijama (React.js, Vue.js, ...) i vršiti singeriju sa nekim servisima ili gotovim aplikacijama koje je neko drugi već napravio.

U budućem radu i istraživanju stremićemo ka tome da aplikaciju unapredimo tako da bude moguće testirati saglasnost sa još raspodela i da je prilagodimo potrebama učenja ili nastave, ali i primene u raznim oblastima.

Pristup aplikaciji može se ostvariti klikom na link:
http://hikvadratdunp-001-site1.gtempurl.com/

LITERATURA

[1] V. Jevremović, Verovatnoća i statistika, Matematički fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2014.

[2] B. Popović, B. Blagojević, Matematička statistika sa primenama u hidrotehnici (treće izdanje), Izdavačka jedinica Univerziteta u Nišu, Niš 2003.

[3] William G. Cochran. The χ^2 Test of Goodness of Fit Ann. Math. Statist. 23 (3) 315 - 345, September, 1952.

[4] Dragan Đorić, Jovan Mališić, Vesna Jevremović, Emilija Nikolić Đorić, Atlas raspodela, Univerzitet u Beogradu-Građevinski fakultet, Beograd 2007.

[5] Nahod Vuković, PC Statistika i Verovatnoća, Univerzitet u Beogradu - Fakultet organizacionih nauka, Beograd 1997.

[6] Vesna Jevremović, Jovan Mališić (redakcija), Izabrana poglavlja statistike - Zbornik radova, Državni Univerzitet u Novom Pazaru-Departman za matematičke nauke, Novi Pazar 2018.

[7] Donald E. Knuth, The art of computer programming - Volume 2, Addison-Wesley Professional, Boston 1997.

[8] Gopal K. Kanji, 100 statistical tests, SAGE Publishing, Sheffield Hallam University 2006.

PRIMENA STATISTIKE KOD ANALIZE BIG DATA – NOVI PRISTUP
APPLICATION OF STATISTICS IN ANALYSIS BIG DATA – A NEW APPROACH

Safet Purković[1], Atif Avdović[1], Bratislav Mirić[1], Edis Mekić[1]
Državni univerzitet u Novom Pazaru[1]

Sadržaj *– Tokom poslednjih 30 godina podaci koji su kreirani i kopirani u svetu su se uvećavali u velikim razmerama, što je dovelo do razvoja u oblasti obrade tzv. velikih podataka (eng. Big Data). Manipulacija sa Big Data je našla veliku primenu u polju Internet of Things (IoT), jer deo pomenutih podataka odnosi se na one prikupljene sa senzora. EEG signali, koji su predmet našeg istraživanja, su jedan od primera sinergije ove dve oblasti. Svrsishodnost Big Data metoda, a samim tim i skladištenja ovakvih podataka, uslovljena je njihovom adekvatnom obradom, najčešće zasnovanom na statističkim metodama.*
U ovom radu bavimo se istraživanjem kako se statističke metode mogu primeniti na analizu i obradu EEG signala, koji su jedna vrsta Big Data podataka.

Abstract *- Over the last 30 years, the data created and copied worldwide has increased exponentially dimensions, which led to developments in the field of processing the so-called. big data. Manipulation of Big Data has found great application in the field of the Internet of Things (IoT), as part of it the mentioned data refer to those collected from the sensors. EEG signals, which are the subject of our research, are one example of the synergy of these two areas. The expediency of the Big Data method, a therefore, the storage of such data is conditioned by their adequate processing, most often based on statistical methods.*
In this paper, we investigate how statistical methods can be applied to the analysis and processing EEG signals, which are a type of Big Data data.

1. UVOD

Tokom poslednjih 30 godina podaci su se uvećavali u velikim razmerama. Usled ovakvog uvećanja podataka na globalnom nivou termin "Big Data" (srp. veliki podaci) korišćen je da opiše velike skupove podataka. Međutim taj termin obuhvata mnogo veću definiciju od toga.

U poređenju sa klasičnim skupovima podataka, pod pojmom "Big Data" podrazumeva se puno više nestrukturiranih podataka za koje je potrebno puno vremena za analizu. Uz to Big Data nam donosi nove mogućnosti za otkrivanje novih vrednosti, pomaže nam da damo dubinsko objašnjenje skrivenih vrednosti, ali takođe i postavlja nove izazove kao na primer kako da efikasno organizujemo i upravljamo takvim skupovima podataka.[1]

Danas su potencijali Big Data prepoznati svugde, pa i iz tog razloga imamo puno definicija ovog termina. Definicija koja najjednostavnije opisuje termin Big Data glasi da su to podaci za čije skladištenje, obradu i upravljanje nije moguće koristiti uobičajne informacione tehnologije i softverske i harverske alate u vremenu koje se može tolerisati.

Ova definicija nije potpuna, ali na ovaj način možemo najbolje razumeti termin Big Data. Primećujemo da više nije važno samo kolika je veličina tih podataka (GB,TB,PB…) već se razmatraju potpuno druge veličine.
Big data je definisana jos 2001.godine. Doug Laney, analitičar u META (danas Gartner) definisao je izazove i mogućnosti kroz povećanje podataka sa "3Vs" modelom, na primer uvećanje količine (eng Volume), brzine(eng Velocity) i raznovrsnosti(eng Variety) u izveštaju iz istraživanja. Iako se ovakav model ne koristi u praksi za definisanje Big Data, Gartner i mnogi drugi uključujući IBM i neka odeljenja Microsoft-a još uvek koriste "3Vs" model da opišu big data.[2]

Internet stvari (IoT) podrazume povezivanje različitih uređaja. Više se ne radi samo o računarima nego o veoma različitim uređajima i mašinama. Usled toga se prikupljaju različiti tipovi podataka kao što su ekološki podaci, geografski podaci, astronautski podaci i logistički podaci.

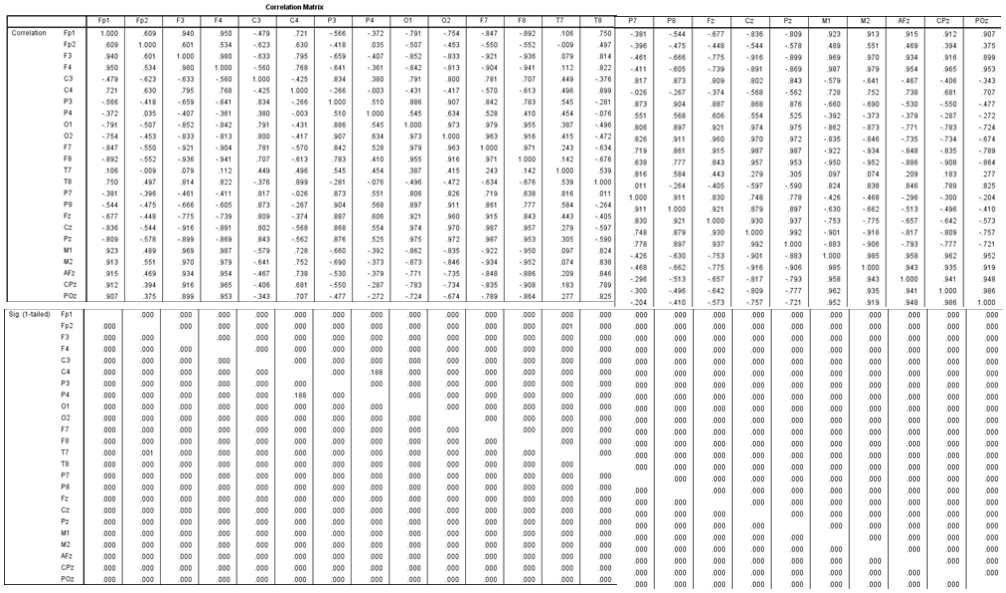
Big Data kojeg generiše internet stvari ima drugačije karakteristike u odnosu na opšti Big Data zbog različitih tipova podataka sa kojima se radi, kod kojih su najuobičajnije karakteristike heterogenost, različitost, nestruktruriranje, česta redudantnost i dr.

Trenutno je brzina obrade podataka u internetu stvari veoma sporija u odnosu na brzinu prikupljanja tih podataka. Iz tog razloga je za internet stvari veoma bitan napredak Big Data kako bi se on razvijao.

EEG ili elektroencefalografija je metoda kojom se meri spontana električna aktivnost mozga, tj ustanovljuje se koji su moždani talasi aktivni na osnovi njihovih frekvencija. Sve naše aktivnosti određene su različitim moždanim talasima.

Obično je prikupljanje ovih podataka veoma zahtevno i mora se odvijati u posebnim uslovima (u bolnicama, klinikama...).

Prilikom prikupljanja podataka korišćena je EasyCap kapa za snimanje koja je bila priključena na Smarting uređaj za snimanje EEG signala. Cela aparatura je potpuna mobilna, jer radi pomoću Bluetooth tehnologije čime se otvaraju neke potpuno nove mogućnosti za ovu granu Biomedicinskog inženjeringa.



Correlation Matrix

		Fp1	Fp2	F3	F4	C3	C4	P3	P4	O1	O2	F7	F8	T7	T8	P7	P8	Fz	Cz	Pz	M1	M2	AFz	CPz	POz
Correlation	Fp1	1.000	.609	.940	.950	-.479	.721	-.566	-.372	-.791	-.754	-.847	-.892	.106	.750	-.381	-.544	-.677	-.836	-.809	.923	.913	.915	.912	.907
	Fp2	.609	1.000	.601	.534	-.623	.630	-.418	.035	-.507	-.453	-.550	-.552	-.009	.497	-.396	-.475	-.448	-.544	-.578	.489	.551	.469	.394	.375
	F3	.940	.601	1.000	.980	-.633	.795	-.659	-.407	-.852	-.833	-.921	-.936	.079	.814	-.461	-.666	-.775	-.916	-.899	.969	.970	.934	.916	.899
	F4	.950	.534	.980	1.000	-.560	.768	-.641	-.361	-.842	-.813	-.904	-.941	.112	.822	-.411	-.605	-.739	-.891	-.869	.987	.979	.954	.965	.953
	C3	-.479	-.623	-.633	-.560	1.000	-.425	.834	.380	.791	.800	.781	.707	.449	-.376	.817	.873	.809	.802	.843	-.579	-.641	-.467	-.406	-.343
	C4	.721	.630	.795	.768	-.425	1.000	-.266	-.003	-.431	-.417	-.570	-.613	.496	.899	-.026	-.267	-.374	-.568	-.562	.728	.752	.738	.681	.707
	P3	-.566	-.418	-.659	-.641	.834	-.266	1.000	.510	.886	.907	.842	.783	.545	-.281	.873	.904	.887	.868	.876	-.660	-.690	-.530	-.559	-.477
	P4	-.372	.035	-.407	-.361	.380	-.003	.510	1.000	.545	.634	.528	.410	.454	-.076	.551	.568	.606	.554	.525	-.392	-.373	-.379	-.287	-.272
	O1	-.791	-.507	-.852	-.842	.791	-.431	.886	.545	1.000	.973	.979	.955	.387	-.496	.806	.897	.921	.974	.975	-.862	-.873	-.771	-.783	-.724
	O2	-.754	-.453	-.833	-.813	.800	-.417	.907	.634	.973	1.000	.963	.916	.415	-.472	.826	.911	.960	.970	.972	-.835	-.846	-.735	-.734	-.674
	F7	-.847	-.550	-.921	-.904	.781	-.570	.842	.528	.979	.963	1.000	.971	.243	-.634	.719	.861	.915	.987	.987	-.922	-.934	-.848	-.835	-.789
	F8	-.892	-.552	-.936	-.941	.707	-.613	.783	.410	.955	.916	.971	1.000	.142	-.676	.638	.777	.843	.957	.953	-.950	-.952	-.886	-.908	-.864
	T7	.106	-.009	.079	.112	.449	.496	.545	.454	.387	.415	.243	.142	1.000	.539	.816	.584	.443	.279	.305	.097	.074	.209	.183	.277
	T8	.750	.497	.814	.822	-.376	.899	-.281	-.076	-.496	-.472	-.634	-.676	.539	1.000	.011	-.264	-.405	-.597	-.590	.824	.838	.846	.789	.825
	P7	-.381	-.396	-.461	-.411	.817	-.026	.873	.551	.806	.826	.719	.638	.816	.011	1.000	.911	.830	.748	.778	-.426	-.468	-.296	-.300	-.204
	P8	-.544	-.475	-.666	-.605	.873	-.267	.904	.568	.897	.911	.861	.777	.584	-.264	.911	1.000	.921	.879	.897	-.630	-.662	-.513	-.496	-.410
	Fz	-.677	-.448	-.775	-.739	.809	-.374	.887	.606	.921	.960	.915	.843	.443	-.405	.830	.921	1.000	.930	.937	-.753	-.775	-.657	-.642	-.573
	Cz	-.836	-.544	-.916	-.891	.802	-.568	.868	.554	.974	.970	.987	.957	.279	-.597	.748	.879	.930	1.000	.992	-.901	-.916	-.817	-.809	-.757
	Pz	-.809	-.578	-.899	-.869	.843	-.562	.876	.525	.975	.972	.987	.953	.305	-.590	.778	.897	.937	.992	1.000	-.883	-.906	-.793	-.777	-.721
	M1	.923	.489	.969	.987	-.579	.728	-.660	-.392	-.862	-.835	-.922	-.950	.097	.824	-.426	-.630	-.753	-.901	-.883	1.000	.985	.958	.962	.952
	M2	.913	.551	.970	.979	-.641	.752	-.690	-.373	-.873	-.846	-.934	-.952	.074	.838	-.468	-.662	-.775	-.916	-.906	.985	1.000	.943	.935	.919
	AFz	.915	.469	.934	.954	-.467	.738	-.530	-.379	-.771	-.735	-.848	-.886	.209	.846	-.296	-.513	-.657	-.817	-.793	.958	.943	1.000	.941	.948
	CPz	.912	.394	.916	.965	-.406	.681	-.559	-.287	-.783	-.734	-.935	-.908	.183	.789	-.300	-.496	-.642	-.809	-.777	.962	.935	.941	1.000	.986
	POz	.907	.375	.899	.953	-.343	.707	-.477	-.272	-.724	-.674	-.789	-.864	.277	.825	-.204	-.410	-.573	-.757	-.721	.952	.919	.948	.986	1.000
Sig. (1-tailed)	Fp1		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	Fp2	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.001	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	F3	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	F4	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	C3	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	C4	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.188	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	P3	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	P4	.000	.000	.000	.000	.000	.188	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	O1	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	O2	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	F7	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	F8	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	T7	.000	.001	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	T8	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	P7	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	P8	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	Fz	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
	Cz	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000	.000
	Pz	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000	.000
	M1	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000	.000
	M2	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000	.000
	AFz	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000	.000
	CPz	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.000
	POz	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	

Slika 1. Rezultati faktorske analize

Amplituda je pri vizuelnoj analizi najuočljivije EEG obeležje, pa je rad na njenoj kvantifikaciji odavno započeo. Koristili smo kvantitativne EEG analize (QEEG). Jer je QEEG novija metoda koja može da pruži podatke koje se vizuelnom analizom ne mogu otkriti. Ona obuhvata merenje amplitude, spektralnu analizu, korelacionu analizu, analizu koherencije, autoregresivnu analizu, prepoznavanje oblika, mapiranje signifikantne verovatnoće, prostornu analizu. [3]

Proveravamo da li se menja amplituda i frekvencija EEG talasa, kao i da li dolazi do značajnije varijabilnosti spektralne gustine frekvencija EEG talasa.

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov[a]		
	Statistic	df	Sig.
Fp1	.080	117500	.000
Fp2	.029	117500	.000
F3	.112	117500	.000
F4	.118	117500	.000
C3	.179	117500	.000
C4	.041	117500	.000
P3	.047	117500	.000
P4	.039	117500	.000
O1	.064	117500	.000
O2	.071	117500	.000
F7	.098	117500	.000
F8	.090	117500	.000
T7	.021	117500	.000
T8	.046	117500	.000
P7	.075	117500	.000
P8	.141	117500	.000
Fz	.057	117500	.000
Cz	.081	117500	.000
Pz	.083	117500	.000
M1	.120	117500	.000
M2	.080	117500	.000
AFz	.110	117500	.000
CPz	.154	117500	.000
POz	.141	117500	.000

Slika 2. Rezultati normalnosti iz SPSS softvera

2. PRIKAZ NAŠEG REŠENJA

Kod opsežnije analize podataka preporuučljivo je za početak izvršiti testiranje normalnosti uzorka (ili uzoraka). Time ćemo dobiti odgovor da li ćemo u analizama jedne konkretne karakteristike, tj. rešavanje statističkog problema, koristiti parametarske (za normalno distribuirane podatke) ili neparametarske metode. U uzorku podataka dobijenih merenjem EEG signala za jedno zdravu odraslu osobu dobili smo sledeće rezultate Kolmogorov-Smirnov testa normalnosti[4]. Rezultati su prikazani na slici 1.

Vidimo da nijedna od varijabli nije normalno distribuirana, tj. p-vrednost značajnosti odstupanja raspodele varijabli je 0 što ukazuje na značajno odstupanje od normalne raspodele (treba biti veće od 0,05 za normalnu raspodelu). Za dalje analize koristićemo neparametarske metode[5].

Faktorska analiza predstavlja jednu od najpopularnijih multivarijacionih tehnika koja ima dva cilja:[7]

Identifikacija i razumevanje osnovne ideje, odnosno zajedničkih karakteristika za više varijabli.
Smanjivanje broja varijabli u analizi kada ih je previše, pri čemu se neke od njih „preklapaju“ jer imaju slično značenje i ponašanje.

Faktorska analiza je tehnika međuzavisnosti jer traži grupu varijabli koje su slične u smislu da se „zajedno pomeraju“ i zbog toga imaju veliku međuzavisnost. Kada jedna varijabla ima veliku vrednost, onda i ostale varijable u grupi imaju veliku vrednost. U ovom kontekstu, jedan od glavnih ciljeva faktorske analize je da traži grupu sličnih iskaza od strane respondenata jer oni izražavaju istu osnovnu ideju na načine koji se razlikuju u nijansama. Mi želimo da identifikujemo tu osnovnu ideju i da je izmerimo. Te osnovne ideje se nazivaju faktorima.

Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	17.052	71.049	71.049	17.052	71.049	71.049	11.710	48.790	48.790
2	4.200	17.499	88.548	4.200	17.499	88.548	9.167	38.198	86.988
3	1.239	5.161	93.709	1.239	5.161	93.709	1.613	6.720	93.709
4	.513	2.136	95.845						
5	.386	1.610	97.455						
6	.122	.509	97.964						
7	.111	.461	98.425						
8	.102	.426	98.851						
9	.059	.246	99.097						
10	.045	.189	99.287						
11	.041	.170	99.457						
12	.027	.113	99.570						
13	.025	.106	99.676						
14	.018	.073	99.749						
15	.013	.053	99.802						
16	.011	.047	99.849						
17	.010	.040	99.889						
18	.007	.030	99.919						
19	.005	.022	99.941						
20	.005	.020	99.961						
21	.003	.012	99.973						
22	.003	.011	99.984						
23	.002	.009	99.993						
24	.002	.007	100.000						

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Slika 3. Prikaz svih varijabli koje sadrži svaka komponenta

Faktori se ne mogu identifikovati i izmeriti direktno. Oni se mogu otkriti preko odnosa između varijabli koje ih svojim ponašanjem ispoljavaju. Grupu tih varijabli nazivamo komponentom.
Rezultati faktorske analize su prikazani na slici 3. Primenom faktorske analize na naše podatke vidimo da je korelacija između svih varijabli u parovima značajna, a u nekim slučajevima je intenzivna do te mere da su razlike u promenama zanemarljive.

Kayzer-Meyer-Olkin koeficijent i rezultat Bartletovog testa nam ukazuju na to da je uzorak adekvatan za primenu faktorske analize, kao što se može videti na slici 4.

Faktorska analiza je formirala tri komponente. Analiza tri komponente, za razliku od 24 varijable (linije na EEG-u valjda), može biti neuporedivo lakša i praktičnija.

Svojstvena vrednost, tj. "Eigenvalue" mora biti veća od 1. Kao što vidimo na slici 3 dobijeni rezultati su veći od 1, čime dokazujemo da se može izvršiti spajanje varijabli.

KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.926
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	9105524.041
	df	276
	Sig.	.000

Slika 4. Rezultati Bartletovog testa iz SPSS

Component Matrix[a]

	Component		
	1	2	3
F7	.988		
Cz	.984		
F8	.980		
Pz	.979		
M2	-.965		
F3	-.960		
O1	.957		
M1	-.953		
F4	-.947		
O2	.943		
Fp1	-.896		
Fz	.890	.358	
AFz	-.889	.372	
CPz	-.877	.368	
POz	-.839	.456	
P3	.816	.466	
P8	.814	.520	
C3	.760	.403	-.400
T8	-.701	.639	
C4	-.655	.593	.324
T7		.953	
P7	.658	.731	
Fp2	-.586		.709
P4	.492	.424	.526

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Slika 5. Prikaz varijabli koje sadrži svaka komponenta)

3. ZAKLJUČAK

Dijagnoze kod kojih kvantitativna EEG može da pomogne su: epilepsija, vaskularna obolenja mozga, poremećaji učenja, poremećaji pažnje, povrede glave i glavobolje.[4]

EEG sa poglavine je, nažalost, gotovo uvek opterećen artefaktima. Najčešći neželjeni signali su oni od pokreta očnih jabučica i od mišića[5] što otežava analizu i tačnost ovih podataka. Jedno od rešenja koje se nameće da bi se rešio ovaj problem je povećanjem vremena snimanja , međutim time se povećava količina podataka za obradu, ali sa druge strane statističke metode su tačnije.

Faktorska analiza je formirala tri komponente, što možemo videti na slici 5. Analiza tri komponente, za razliku od 24 EEG signala, može biti neuporedivo lakša i praktičnija ako se radi vizuelna analiza, a brža obrada ako se radi automatizovana detekcija.

Naš budući rad će se zasnivati na implementaciji ovih metoda u softveru za detekciju dijagnoza. Osim samog kreiranja softvera trudićemo se i da kreiramo mobilnu ambulantu za snimanje EEG signala, koja će moći doći bilo gde i u veoma kratkom vremenskom roku. Ovako nešto je veoma potrebno, a naročito kod saobraćajnih nesreća kada je potrebno što pre ustanoviti povrede.

Osim uvođenja statističkih metoda kako bi se ubrzala obrada Big Data, upotreba neuronskim mreža se takođe pokazala kao vrlo efikasno rešenja kod ovog problema.

Jedan od naših ciljeva je i formiranje velikog klastera podataka gde će se nalazi EEG snimci svih uzrasta, svakog pola itd. Takođe ćemo se truditi da upotrebimo dodatne statističke metode za njihovu obradu.

LITERATURA

[1] Min Chen, Shiwen Mao, Yungao Lin, Mobile Networks and Applications, Springer Science+Business Media New York, pp. 171-206, 2014.

[2] Snijders, C.; Matzat, U., Reips, U.-D. "'Big Data': Big gaps of knowledge in the field of Internet". International Journal of Internet Science 7, pp. 1–5, 2012.

[3] Martinović Ž. Klinička Elektroencefalografija, Naučna KMD. Beograd, 2009.

[4] Hair, J., Black, W., Babin, B., & Anderson, R. (2010). Multivariate Data Analysis - A Global Perspective. New Jersey: Pearsib. Manly, B. F., 2005.

[5] Chapman & Hall/CRC. Myers, J. H., & Mullet, G. M., Multivariate Statistical Methods - A primer (3rd Edition izd.), New York, 2003.

[6] Managerial Applications of Multivariate Analysis in Marketing. Chicago: American Marketing Association.

[7] Statistika u psihologiji: priručnik, L Tenjović, Centar za primenjenu psihologiju Društva psihologa Srbije

[8] V. Jevremović, Verovatnoća i statistika, Matematički fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2014.

[9] Duffy F.H., Jensen F., Erba, G, Burchfiel J.L. and Lombroso C.T., Extraction of clinical information from electroencephalographic background activity - the combined use of brain electrical activity mapping and intravenous sodium thiopental. Ann. Neurol., 15: 22-30, 1984.

[10] Gonzalez A.S.L., Pascual M.R.D., Valdes S.P.A., Biscay L.R., Machado,C., Figueredo R.P. and Castro T.C., Brain electrical field measurements unaffected by linked earlobes reference, Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. 75:155-160, 1990

UNAPREĐENJE PRAKTIČNE NASTAVE NA PREDMETU INTELIGENTNI SISTEMI NA ELEKTROTEHNIČKOM FAKULTETU UNIVERZITETA U BEOGRADU

PRACTICAL CLASSES IMPROVEMENT IN THE SUBJECT INTELLIGENT SYSTEMS AT THE UNIVERSITY OF BELGRADE - SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING

Adrian Milaković[1], Vladimir Jocović[1], Dražen Drašković[1]
Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet [1]

Sadržaj *– Praktična nastava na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu je jedna od najvažnijih komponenti edukacije koja poboljšava stečeno teorijsko znanje, razvija veštinu i pristup rešavanju problema i priprema studente za njihovo buduće inženjersko zanimanje. Na predmetu Inteligentni sistemi od presudnog značaja je podsticanje studenata na praktični rad koji za cilj ima usvajanje gradiva na bolji način. Tema ovog rada jeste predlog i primena novog modela realizacije praktične nastave na predmetu Inteligentni sistemi koji bi stimulisao studente na kontinuirani praktični rad tokom celog semestra i time direktno uticao na bolji uspeh.*

Ključne reči *- inteligentni sistemi, mašinsko učenje, praktična nastava*

Abstract – *Practical classes at the University of Belgrade - School of Electrical Engineering, are one of the most important components of education that improve the acquired theoretical knowledge, develops skills and approach to problem solving and prepare students for their future careers. In the subject Intelligent Systems, it is crucial to encourage students to practical work that aims to adopt the material in a better way. The topic of this paper is the proposal and adoption of a new model of practical teaching in the subject of Intelligent Systems that would stimulate students to continuous practical work and thus directly affect the better success of students in the same course.*

Key words *- intelligent systems, machine learning, practical classes*

1. UVOD

Veštačka inteligencija je jedna od veoma popularnih oblasti računarstva čiji je osnovni cilj razvoj softvera koji bi mašini omogućio da u određenom okruženju uči, razmišlja i rešava probleme proizvodeći ponašanje koje bi se moglo klasifikovati kao inteligentno. Za one koji žele da je savladaju, oblast sama po sebi iziskuje kako detaljno teorijsko razumevanje, tako i tehničko i praktično savladavanje algoritama.

Predmet Inteligentni sistemi na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu predstavlja uvodni kurs u oblast veštačke inteligencije. Da bi studenti koji pohađaju kurs što bolje usvojili gradivo, deo ocene na predmetu se dobija kroz realizaciju završnog praktičnog projekta na jednu od tema koje se izučavaju na predmetu koji se brani neposredno pre prvog ispitnog roka u januaru. Uprkos činjenici da praktični projekat vredi 20% ukupno ostvarenih poena na predmetu, većina studenata se ipak ne odlučuje da na taj način osvoji deo poena na predmetu.

Cilj ovog rada jeste prevazilaženje gorenavedenog problema unapređenjem modela realizacije praktične nastave na predmetu. Unapređeni model praktične nastave predviđa uvođenje više domaćih zadataka manjeg obima koji od studenata zahtevaju kontinuirani rad tokom celog semestra. Mogućnost realizacije što većeg broja aktivnosti na predmetu u toku semestra, umesto u ispitnom roku ili neposredno pre njega, primamljivija je opcija za studente. Takva činjenica dovodi do većeg angažovanja studenata u toku semestra što za direktnu posledicu ima bolje usvajanje praktičnih veština na predmetu. U svrhu potvrde prethodno navedenih premisa, sprovedena je anonimna anketa među studentima koji su pohađali kurs Inteligentni sistemi u jesenjem semestru tekuće školske 2020/21. godine. Kombinovanjem rezultata uspeha studenata iz prethodnih nekoliko školskih godina, sa uspehom studenata iz tekuće školske godine, zajedno sa studentskim odgovorima iz sprovedene ankete, izvršena je temeljna analiza uticaja unapređenja praktične nastave na predmetu, na krajnji uspeh studenata. Na samom kraju ovog rada biće predstavljeni zaključci sprovedene analize.

2. UNAPREĐENJE PRAKTIČNE NASTAVE

Predmet Inteligentni sistemi na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu nudi se kao izborni predmet na četvrtoj godini studijskog programa Elektrotehnika i računarstvo (ER), na Odseku za računarsku tehniku i informatiku, i na trećoj i četvrtoj godini studijskog programa Softversko inženjerstvo (SI), na istoimenom odseku. Cilj predmeta je upoznavanje studenata sa osnovnim konceptima i tehnikama veštačke inteligencije i inteligentnih sistema. Tokom trajanja kursa se izučavaju najpopularniji modeli implementacije takvih sistema. Nakon kursa, studenti su osposobljeni da prepoznaju problem koji pripada oblasti veštačke inteligencije i inteligentnih sistema i da na osnovu stečenog znanja primene najpodesniji i najefikasniji metod za njegovo rešavanje [1]. Sadržaj samog predmeta u skladu je sa preporukama profesionalnih organizacija *IEEE* i *ACM* za kurikulume u oblasti računarskog inženjerstva i softverskog inženjerstva, a predmetni nastavnici i saradnici redovno inoviraju predmet sa

aktuelnim temama i njihovom primenom u računarstvu, razvoju softvera, kao i u drugim oblastima [2][3]. Sadržaj nastave je bogat podoblastima veštačke inteligencije kao što su strategije rešavanja problema algoritmima pretraživanja, teorija igara, predstavljanje znanja korišćenjem produkcionih sistema, problemi planiranja, rad u neizvesnom okruženju, mašinsko učenje i mnoge druge. Zbog popularnosti oblasti veštačke inteligencije, velikog broja tema koje su obuhvaćene, kao i praktične primene tih tema, predmet iako ne spada u grupu obaveznih predmeta, veoma je popularan među studentima i vrlo rado biran. U proseku, svake godine predmet pohađa oko 300 studenata na oba studijska programa.

Nastavne aktivnosti na predmetu obuhvataju kolokvijume, ispit i praktični rad. Na kolokvijumima i pismenom ispitu se rešavaju zadaci u okviru kojih studenti treba da simuliraju traženi algoritam i po koracima navedu rešenje problema. U dosadašnjem modelu organizacije nastave, praktičan rad na predmetu bio je realizovan u vidu jednog obimnijeg praktičnog projektnog zadatka koji od studenata zahteva rešavanje kompleksnog programskog problema u jednom od dostupnih programskih jezika na zadatu temu kao jednu od obrađivanih tema u okviru predmeta. Studenti su projektni zadatak radili kod kuće, a branili u računarskim laboratorijama na Elektrotehničkom fakultetu, neposredno pre prvog ispitnog roka, na kraju semestra. Za izradu rešenja projektnog zadatka bilo je predviđeno najviše tri radne nedelje. Kompleksnost samog projektnog zadatka, koji osim realizacije algoritama i inteligentnih agenata, uključuje i grafički korisnički interfejs, imao je takođe veliki uticaj na slabiji odziv studenata za njegovu izradu. Osim algoritama veštačke inteligencije, projektni zadatak je obuhvatio i aspekte gejmifikacije i primene inteligentnih agenata u igrama [4]. Projektni zadatak je bio opcioni, pa su ga studenti mogli zameniti sa teorijskim pitalicama koje su radili na završnom pismenom ispitu, sa istim udelom poena u ukupnom broju ostvarenih poena (20%) i oceni.

Realizovani novi model praktične nastave predvideo je uvođenje većeg broja domaćih zadataka, manjeg obima, koji od studenata zahtevaju kontinuirani rad tokom celog semestra i malo samostalnog istraživačkog angažovanja. Domaći zadaci se realizuju u jednom od dva široko rasprostranjena programska jezika: Python ili Java i svaki domaći zadatak studentima približava jednu od tema koje se izučavaju na predmetu. Domaći zadaci se takođe rade kod kuće, a evaluacija se vrši u računarskim laboratorijama i obuhvata teorijska pitanja u vezi sa konkretnim domaćim zadatkom, automatsko testiranje studentskih rešenja i verifikaciju korišćenjem alata razvijenih za potrebe samog kursa. Motivacija za uvođenje većeg broja domaćih zadataka, umesto jednog projektnog zadatka, bila je želja za uključivanjem većeg broja studenata u praktični vid nastave čime bi se unapredilo njihovo razumevanje oblasti koje se obrađuju na predmetu i koje domaći zadaci prate, što dovodi do boljeg uspeha na ostalim predmetnim obavezama. Usled prevelikog broja obaveza koje studenti imaju na početku i tokom ispitnog roka, realizacija rešenja manjih programskih problema u toku semestra studentima više odgovara od realizacije jednog većeg programskog problema u prvom ispitnom roku. Sa druge strane, povećanjem broja domaćih zadataka u okviru praktične nastave na predmetu, pokriva se veći broj oblasti koje se uče i time poboljšava kvalitet stečenog znanja i razumevanje naučenog.

Predloženi model realizacije praktične nastave uključen je u predmet u tekućoj školskoj 2020/21. godini. Previđena su tri domaća zadatka koja se studentima objavljuju nakon svakog bloka od četiri ili pet nastavnih nedelja i za čiju kompletnu realizaciju studenti imaju na raspolaganju do deset dana. Studenti po sopstvenoj želji mogu izabrati najviše dva domaća zadatka od tri ponuđena. Teme domaćih zadataka podudarale su se sa temama koje su do tada pređene na časovima. Teme koje su domaći zadaci u tekućem semestru obuhvatali bile su dovoljno interesantne i izazovne većem broju studenata i u nastavku ovog rada će detaljnije biti opisan svaki od domaćih zadataka.

2.A. Domaći zadatak iz teorije igara

Prvi domaći zadatak predstavlja realizaciju pametnog agenta za simultanu igru „Poverenje“ za dva igrača. Igra se zasniva na konceptima standardnog poznatog problema u teoriji igara koji se naziva „Zatvorenikova dilema“, sa izmenjenim pravilima. Igrači imaju na raspolaganju nekoliko odluka i u zavisnosti od njihovih odluka odlučuje se nagrada za svakog od igrača. Igrači svoje odluke saopštavaju gotovo istovremeno. Igra između dva igrača odvija se u nekoliko rundi, koje nisu unapred poznate igračima. Cilj igre je da se na kraju ostvari veći ukupan broj poena od protivnika. Predmetni asistenti su napravili pokretač igre (engl. *game engine*) koji je kreirao arenu sa više igrača, pri čemu svaka dva igrača u areni igraju tačno jedanput. Na osnovu rezultata jednog ciklusa u areni, određeni broj igrača se iz arene izbacivao ili replicirao. Pored toga, predmetni asistenti su obezbedili javne testove, klasnu hijerarhiju koju je bilo neophodno proširiti i dokumentaciju koja je istu opisivala. Za pisanje pametnog agenta korišćen je jezik Java.

2.B. Domaći zadatak iz zadovoljenja ograničenja

Drugi domaći zadatak sastoji se iz realizacije sistema za formiranje rasporeda ispita po salama fakulteta u jednom ispitnom roku na osnovu datih ograničenja koristeći metod zadovoljenja ograničenja i njegova unapređenja. Studentima su u formi *JSON* fajlova zadate fakultetske sale i njihova ograničenja, kao i informacije o ispitima koji se održavaju u datom ispitnom roku, zajedno sa njihovim ograničenjima. Ograničenja su svrstana u grupe prema težini njihove realizacije. Primena metoda zadovoljenja ograničenja (engl. *Constraint Satisfaction Problem*) moguća je na više različitih načina, te su predmetni asistenti obezbedili alat za evaluaciju kvaliteta različitih studentskih rešenja. Kvalitet rešenja se izražavao u broju ostvarenih bodova. Pored toga, obezbeđeni su javni testovi, a studentska rešenja su morala da ispune očekivane pragove izražene u minimalnom broju bodova koje su morali da ostvare. Za

realizaciju sistema u ovom domaćem zadatku, studenti su koristili programski jezici Java i Python.

2.C. Domaći zadatak iz mašinskog učenja

Realizacija dva modela nadgledanog mašinskog učenja na osnovu popularnih javno dostupnih skupova podataka bila je tema poslednjeg domaćeg zadatka. Dva najpoznatija problema u oblasti nadgledanog mašinskog učenja su problem regresije i klasifikacije. Od studenata je zahtevano da realizuju model linearne regresije koji služi za predikciju cene nekretnina na osnovu atributa dostupnih atributa nekretnina. Studenti treba da izvrše analizu i vizuelizaciju podataka, da utvrde zavisnosti između ulaznih i izlaznih atributa, kreiraju sopstveni model linearne regresije, bez korišćenja gotovih biblioteka, i izvrše obučavanje realizovanog modela. Na kraju je zahtevano da se uporede performanse ugrađenog i realizovanog modela. Pored toga, studenti su realizovali i klasifikacioni model čiji je cilj predviđanje tipa kolača koji se pravi na osnovu sastojaka recepata. Skup podataka za problem linearne regresije preuzet je sa *Kaggle* repozitorijuma [5], dok su predmetni asistenti napravili skup podataka za klasifikacioni model. Za realizaciju oba modela mašinskog učenja korišćen je programski jezik Python i popularne biblioteke NumPy i Pandas.

2.D. Fokus na implementaciji algoritama

Kako bi se akcenat domaćih zadataka stavio na realizaciju algoritama i razumevanje tehnika veštačke inteligencije koje se koriste pri rešavanju problema, studentima su pored teksta domaćeg zadatka i dodatnih materijala, na raspolaganju bili i realizovani delovi rešenja domaćih zadataka koji se ne tiču gradiva samog predmeta, kao što su: grafički korisnički interfejs aplikacija, sistemi za automatsku verifikaciju rešenja i javni test primeri. Na taj način studenti su bili fokusirani na primenu naučenih algoritama i tehnika rešavanja problema, a ne na realizaciju celog softverskog sistema.

3. ANALIZA USPEHA STUDENATA

Nakon završetka drugog ispitnog roka u jesenjem semestru tekuće školske 2020/21. godine sprovedena je analiza studentskog uspeha na predmetu, na osnovu rezultata studenata tokom celog semestra, u kome je praktična nastava sprovedena kroz izradu više domaćih zadataka. Analiza je obuhvatila i uspehe studenata tokom prethodne dve školske godine u kojima je praktična nastava sprovedena kroz izradu jednog kompleksnijeg projektnog zadatka. Rezultati prva dva ispitna roka su prikazani u Tabeli 1, gde svaki red tabele predstavlja jednu od mogućih ocena, a kolone predstavljaju apsolutne i procentualne brojeve takvih ocena u prethodne tri školske godine. Kao što je prikazano u Tabeli 1 procenat izuzetnih ocena (ocena 10) na predmetu porastao je za blizu 10%, dok je procenat odličnih ocena (ocena 9) porastao za blizu 6%. Sa druge strane, neznatno se smanjio procenat neprelaznih ocena, što bi na prvi pogled trebalo da ukaže na to da uvođenje domaćih zadataka umesto projekta nije dovelo do većeg smanjenja broja studenata koji nisu uspeli da polože ispit i da takva odluka nije doprinela boljem savladavanju predmetnog gradiva.

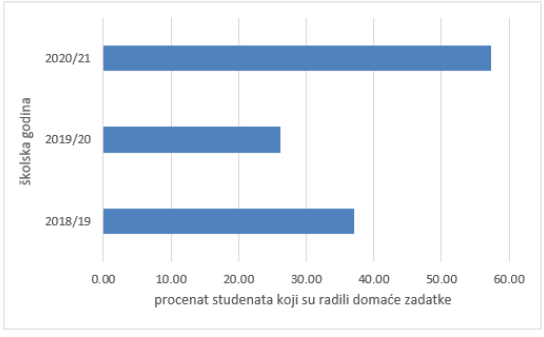
Šk. god.	2018/19.		2019/20.		2020/21.	
Ocena	**Broj**	**%**	**Broj**	**%**	**Broj**	**%**
5	30	13.57	30	14.85	24	11.01
6	39	17.65	24	11.88	20	9.17
7	41	18.55	30	14.85	26	11.93
8	37	16.75	48	23.77	40	18.35
9	36	16.29	36	17.82	51	23.39
10	38	17.19	34	16.83	57	26.15
ukupno	**221**		**202**		**218**	

Tabela 1. Prikaz uspeha studenata u prethodne tri školske godine u prva dva ispitna roka

U Tabeli 2. prikazani su podaci sa ocenama studenata u prva dva ispitna roka u zavisnosti od toga da li su pristupili izradi domaćih zadataka ili ne. Redovi tabele predstavljaju jednu od mogućih ocena, a kolone predstavljaju apsolutne i procentualne brojeve takvih ocena za tekuću 2020/21. školsku godinu. Izradu domaćih zadataka u tekućoj školskoj godini izabralo je više od 50% studenata koji su polagali predmet u jednom od prva dva ispitna roka. To je znatno veći procenat studenata u odnosu na prethodne dve školske godine, što se može videti na Slici 1. Uključivanje većeg broja studenata u praktične aktivnosti je bio i jedan od ciljeva unapređenja praktične nastave na predmetu. Skoro svi studenti koji su izabrali izradu domaćih zadataka uspeli su da polože ispit u nekom od prva dva ispitna roka. Takođe, procenat najviših ocena je izrazito veći nego kod studenata koji nisu radili domaće zadatke. Pored toga, skoro četvrtina studenata koji nisu radili domaće zadatke nisu uspeli da polože ispit u prva dva ispitna roka.

Domaći	NE		DA	
Ocena	**Broj**	**%**	**Broj**	**%**
5	22	23.66	2	1.60
6	17	18.28	3	2.40
7	22	23.66	4	3.20
8	21	22.58	19	15.20
9	10	10.75	41	32.80
10	1	1.08	56	44.80
ukupno	**93**		**125**	

Tabela 2. Prikaz uspeha studenata u tekućoj školskoj godini u zavisnosti od kontinuiranog praktičnog rada



Slika 1. Prikaz procentualnog udela studenata koji su izabrali izradu domaćih zadataka/projekata u prethodne tri školske godine

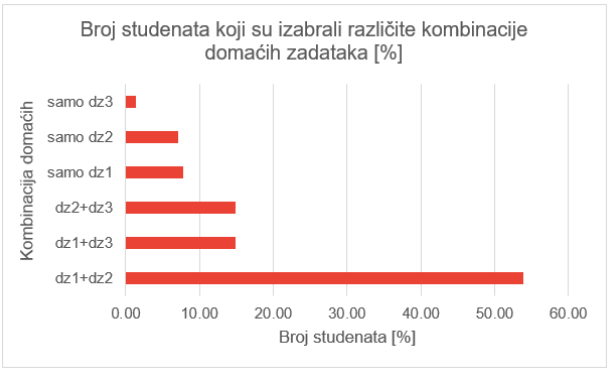
Nakon završetka drugog ispitnog roka u jesenjem semestru tekuće školske 2020/21. godine, osim analize studentskog uspeha, takođe je sprovedena i anonimna anketa među studentima koji su slušali predmet i radili domaće zadatke u toku semestra. Cilj sprovođenja anonimne ankete jeste dodatna potvrda rezultata dobijenih prethodno diskutovanom analizom. Pitanja koja su postavljena studentima su sledeća:

1. Na kom odseku studirate?
2. Koja je Vaša trenutna prosečna ocena?
3. Koje domaće zadatke ste radili?
4. Na skali od 1 do 5 (1 - veoma malo, 5 - veoma mnogo), koliko Vam je izrada domaćih zadataka pomogla da bolje razumete gradivo? (za svaki domaći zadatak zasebno)
5. Na skali od 1 do 5 (1 - veoma lako, 5 - veoma teško) koliko Vam je izrada domaćih zadataka bila teška (kompleksnost zahteva i razumevanje problema koji se rešava)? (za svaki domaći zadatak zasebno)
6. Koliko Vam je vremena (ukupno radnih sati) bilo potrebno za izradu domaćih zadataka, uključujući i savladavanje gradiva obuhvaćenog zadatkom? (za svaki domaći zadatak zasebno)
7. Koliko su Vam materijali na predmetu (predavanja, vežbe i dodatni materijali) pomogli u izradi domaćih zadataka? (za svaki domaći zadatak zasebno)
8. Koje tri oblasti bi Vam bile najinteresantnije kao teme domaćih zadataka?

Studenti koji su popunili anketu dolaze sa oba studijska programa (ER i SI) pri čemu je podela približno ravnomerna. Dok su projektni zadatak u prethodnom modelu praktične nastave uglavnom radili studenti sa većim ukupnim prosečnim ocenama na studijama, novi model praktične nastave uključio je i studente sa nižim prosečnim ocenama, što govore rezultati ankete. Na Slici 2. može se videti raspodela studentskih odgovora na anketi u zavisnosti od studijskog programa koji studenti pohađaju i njihove prosečne ocene.

Slika 2. Prikaz broja odgovora na anketi u zavisnosti od studijskog programa koji student pohađa (levo) i prosečne ocene studenta (desno)

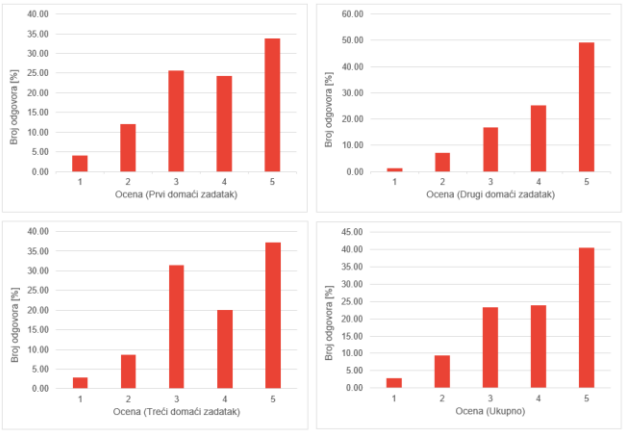
Odbrane prvog i drugog domaćeg zadatka bile su neposredno pred ili nakon kolokvijumskih nedelja, koje su u petoj i desetoj nastavnoj nedelji u semestru, dok je odbrana trećeg domaćeg zadatka bila nakon završene poslednje nastavne nedelje, zbog gradiva koje su nastavnici morali da ispredaju pre odbrane.



Slika 3. Prikaz rasporedele broja studenata koji su branili domaće zadatke za sve kombinacije domaćih zadataka

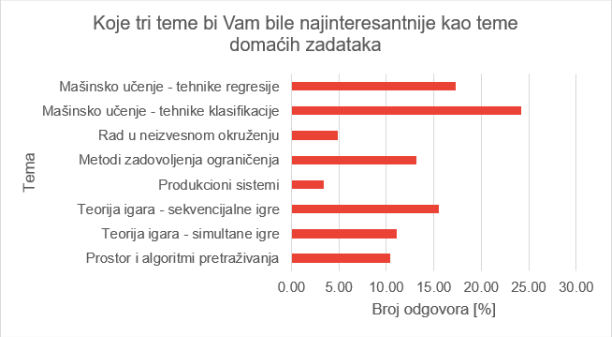
Kako je odbrana trećeg domaćeg zadatka organizovana pred početak januarskog ispitnog roka, činjenica da je najviše studenata radilo prvi i drugi domaći zadatak nije neočekivana. Ovim rezultatom ankete se potvrđuje da je jedan od razloga zbog kojih prethodni model nastave nije odgovarao studentima jeste činjenica da se projektni zadatak u takvom modelu nastave uvek branio neposredno pred prvi ispitni rok. Na Slici 3. moguće je videti procenat broja studenata koji su radili domaće zadatke u svim varijantama (samo po jedan domaći - DZ1 ili DZ2 ili DZ3, ili kombinacija dva).

Na Slici 4. moguće je videti odgovore studenata na 4. pitanje iz ankete. Na slikama su prikazani rezultati za prvi, drugi i treći domaći zadatak i ukupan zbir svih odgovora za sva tri domaća zadatka. Na osnovu studentskih odgovora, moguće je zaključiti da je studentima izuzetno značila izrada rešenja domaćih zadataka radi boljeg razumevanja gradiva čime je potvrđen još jedan zaključak iz analize studentskih uspeha. Sa slike se takođe vidi da je studentima nešto više značila izrada drugog domaćeg zadatka od preostala dva.



Slika 4. Prikaz rasporedele odgovora na 4. pitanje iz studentske ankete za prvi (gore, levo), drugi (gore, desno), treći (dole, levo) i sve domaće zadatke zajedno (dole, desno)

Na pitanje vezano za težinu izrade rešenja domaćih zadataka, studenti su ocenili drugi domaći zadatak kao najteži, dok su preostala dva domaća zadatka ocenjeni kao lakši. Studenti su u anketi naveli da im je za svaki domaći zadatak bilo potrebno do nekoliko dana za realizaciju rešenja i da su im materijali u znatnoj meri pomogli pri izradi rešenja.



Slika 5. Prikaz rasporedele studentskih odgovora o omiljenim temama domaćih zadataka koje se izučavaju na predmetu Inteligentni sistemi

Oblasti koje su studentima bile najinteresantnije na predmetu i iz kojih bi najradije radili domaće zadatke prikazani su na grafiku na Slici 5. Studenti su masovno ocenili mašinsko učenje kao najzanimljiviju oblast veštačke inteligencije, što nije neočekivano uzimajući u obzir veliku popularnost koju je oblast doživela u prethodnom periodu. Rezulati sa Slike 5. dodatno doprinose već potvrđenom zaključku da je razlog što studenti nisu birali treći domaći zadatak bliskost termina odbrane sa početkom ispitnog roka u januaru, a ne težina ili nezainteresovanost za samu oblast.

Studentima koji nisu radili domaće zadatke postavljeno je pitanje sa slobodnim odgovorom:

1. Ukoliko niste radili nijedan domaći zadatak, koji je bio razlog za to?

Studenti su kao razlog za odustajanje od izrade domaćih zadataka uglavnom navodili nedostatak vremena usled drugih obaveza, mogućnost zamene domaćih zadataka teorijskim pitalicama na ispitu ili nedostatak discipline za redovan rad u toku semestra. Kao što je već pokazano u analizi uspeha studenata, studenti koji nisu radili domaće zadatke su znatno lošije prolazili na ispitu od studenata koji su domaći zadatak redovno radili u toku semestra.

4. ZAKLJUČAK

Sprovođenje unapređenja praktične nastave na predmetu Inteligentni sistemi na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu izvedeno je na izuzetno zadovoljavajući način. U prilog tome govore i ukupan studentski uspeh iz tekuće školske godine, koji je značajno bolji u odnosu na prethodne dve školske godine u kojima je praktična nastava sprovođena prema starom modelu. Pored toga, značajno bolji ukupan uspeh pokazali su studenti koji su izabrali izradu domaćih zadataka u tekućoj školskoj godini. Predmetni nastavnici su stekli utisak da su studenti morali da ulože dodatni napor za izradu domaćih zadataka, što je prouzrokovalo generalno bolje razumevanje gradiva na predmetu.

Najveći nedostatak unapređenja praktične nastave na predmetu Inteligentni sistemi predstavlja veoma veliko vreme koje su predmetni nastavnici utrošili za pripremu domaćih zadataka, izradu pratećih alata kako bi se studenti isključivo fokusirali na srž domaćeg zadatka i interakciju sa studentima na odbranama domaćih zadataka u laboratorijskim učionicama fakulteta. Ipak, veći deo novokreiranih materijala može se iskoristiti, uz manje izmene, za buduće domaće zadatke. Imajući to u vidu, uloženi trud predmetnih nastavnika nikako nije uzaludan.

Dodatno unapređenje praktične nastave u budućnosti ogleda se u većoj zastupljenosti tema koje se tiču široko rasprostranjene i veoma popularne oblasti mašinskog učenja, što su studenti i iskazali kao želju u komentarima sprovedene ankete.

ZAHVALNICA

Rad na ovom istraživanju delimično je sproveden i finansiran tokom projekta „Softversko inženjerstvo i nove tehnologije u računarstvu“ (SINTRA) u okviru programa „Razvoj visokog obrazovanja“, kod Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije. Istraživanje je podržano i naučno-istraživačkim projektom istog Ministarstva pod oznakom TR-32047. Autori zahvaljuju na finansijskoj podršci.

LITERATURA

[1] D. Drašković, M. Cvetanović, B. Nikolić, „SAIL - Software system for learning AI algorithms,“ COMPUTER APPLICATIONS IN ENGINEERING EDUCATION, Vol. 26, No. 5, pp. 1195 - 1216, Jun, 2018.

[2] Kurikulumi IEEE organizacije za oblasti elektrotehnike i računarstva, dostupno na: https://www.computer.org/volunteering/boards-and-committees/professional-educational-activities/curricula, pristupano dana 18.9.2020.

[3] K. Milenkovic, D. Draskovic, B. Nikolic, „Educational software system for reasoning and decision making using Bayesian networks," Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2014 IEEE, pp. 1189 - 1194, IEEE, Istanbul, Apr, 2014.

[4] D. Drašković, „Development of intelligent systems and application of gamification in artificial intelligence learning," 27th Telecommunications Forum TELFOR 2019, Telecommunications Society, Belgrade, University of Belgrade - School of Electrical Engineering, IEEE Serbia and Montenegro COM Chapter, Belgrade, Serbia, Nov, 2019.

[5] „House Prices - Advanced Regression Techniques", javno dostupan skup podataka Kaggle repozitorijuma, dostupno na: https://www.kaggle.com/c/house-prices-advanced-regression-techniques/overview

SOFTVER ZA PARSIRANJE TEKSTUALNIH SADRŽAJA DISKUSIONOG SISTEMA I MODELIRANJE SADRŽAJA GRAFOVSKOM BAZOM NEO4J

SOFTWARE TOOL FOR PARSING CONFERENCE SYSTEM TEXT CONTENT AND ITS MODELING USING GRAPH DATABASE NEO4J

Srđan Simić[1], Dejan Ristanović[2], Jelica Protić[1]

Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet, Srbija[1]
PC Press, Beograd, Srbija[2]

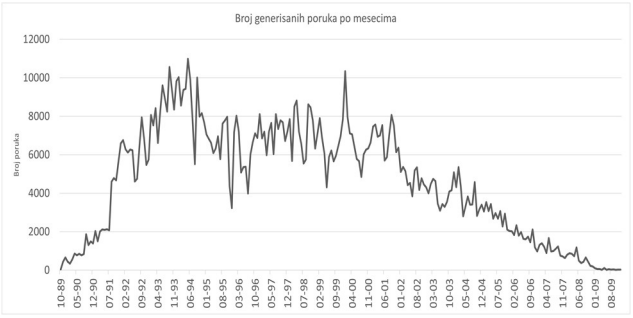
Sadržaj – *U radu je prikazan softverski alat za parsiranje i obradu poruka, tema, grupa i konferencija sačuvanih u tekstualnom obliku tokom 25 godina rada sistema Sezam, koji predstavlja preteču društvenih mreža u bivšoj Jugoslaviji. Rezultat je NoSQL grafovska baza koja se može koristiti za praćenje niti razgovora, uz formiranje modela interakcija među korisnicima. Za realizaciju softverskog rešenja korišćen je programski jezik Python, a set podataka je modeliran u grafovskoj bazi sistema Neo4j.*

Abstract - *The paper presents a software tool for parsing and processing messages, topics, groups, and conferences preserved in text form during the 25 years of operation of the system Sezam, which is the forerunner of social networks in the former Yugoslavia. The result is a NoSQL graph database that can be used to track conversation threads, while forming a model of interactions among users. The Python programming language was used to implement the software tool, and the data set was modeled in the graph database of the Neo4j system.*

1. UVOD

Diskusioni sistemi tipa oglasnih tabli (*bulletin board system*, BBS) su preteča današnjih portala i foruma. Bili su izuzetno popularni, kako u svetu tako i kod nas i zauzimaju jednu od važnih uloga u istoriji nastanka Interneta [1]. Oni su kao glavne usluge omogućavali vođenje diskusija, razmenu informacija i deljenje datoteka, a neretko su postojali i dodatni servisi (na primer kursna lista, igre i onlajn razgovori). Poruke koje su korisnici pisali su u većini slučajeva bile organizovane u konferencije, teme i niti razgovora. Za analizu u ovom radu je izabran Sezam, kao najveći sistem ove vrste u bivšoj Jugoslaviji.

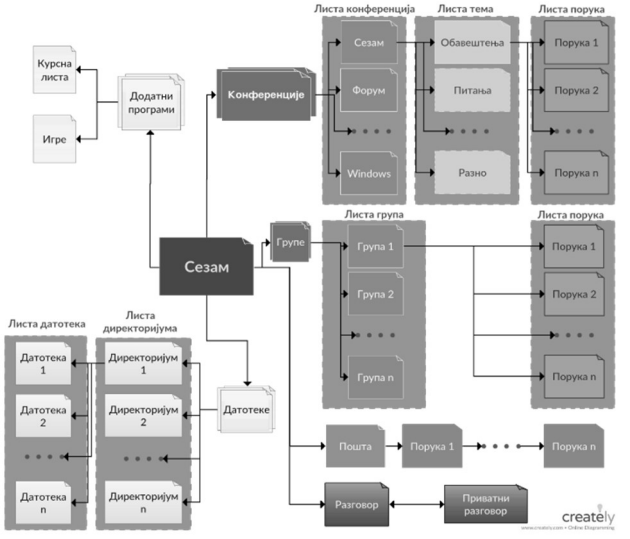
Sezamove konferencije su bile aktivne na dve instance sistema i to 25 godina (mada je broj novih poruka u poslednjih 5 godina bio zanemariv). Za to vreme je generisano preko milion poruka i više od 100,000 niti razgovora, što je prikazano na slici 1. Sačuvani sadržaj predstavlja značajan resurs za realizaciju ovog rada i može se smatrati svojevrsnim digitalnim nasleđem i svedočanstvom jedne ere. Ovakav materijal je moguće modelirati po ugledu na današnje socijalne mreže i onda kroz analize izvući zaključke o navikama i ponašanjima korisnika koji su živeli u jednom drugačijem tehnološkom svetu.



Slika 1. Broj generisanih poruka po mesecima

2. PRIKUPLJANJE I OBRADA PODATAKA

Kako bi se dobio set podataka pogodan za dalju obradu, bilo je neophodno prvo tekstualne poruke sakupiti, preneti na lokalni računar, zatim parsirati i kreirati lance diskusije, i na kraju ih smestiti u odgovarajuću bazu podataka. Zbog načina na koji se radi analiza socijalnih mreža, nije pogodno koristiti standardne relacione baze već se pokazalo da se znatno bolji rezultati dobijaju sa bazama NoSQL tipa, kao što je Neo4J [2]. Za analize koje su isključivo numeričkog tipa, klasična SQL baza je prikladan izbor. Na slici 2 je prikazano kako je na Sezamu bio organizovan materijal. Glavni delovi sistema su: konferencijski podsistem, lična pošta, grupna pošta, podsistem za onlajn višekorisnički razgovor, kolekcija datoteka i dodatni programi.



Slika 2. Organizacija sadržaja

Sve poruke u konferencijskom podsistemu su bile prvo grupisane u određene konferencije, a svaka konferencija je imala jednu ili češće više tema. Poruka je mogla da bude početna, ili odgovor na već napisanu poruku, čime bi onda postala jedna u lancu diskusije. U većini slučajeva su odgovori bili u okviru iste teme, ali to nije bilo obavezno; autori sistema su omogućili da se neka diskusija "prelije" iz jedne konferencije u drugu kako se razgovor širi.

2.1 Parsiranje teksta

Prvi zadatak je bio sakupljanje i prenos poruka sa sistema Sezam koji je i danas aktivan. Sistem ima ugrađenu funkciju koja omogućava da se sve poruke iz jedne konferencije prekopiraju u jednu tekstualnu datoteku i kompresuju. Uz pomoć jednostavnih Sezamovih skripti, čije komande podsećaju na MS DOS, ovaj zadatak je brzo realizovan. Primer pakovanja konferencije sa identifikacionim brojem 1:

```
echo Conf 1
conf join 1
conf read /a &
rename textpad text-01.txt
archive text-01.zip text-01.txt /m
```

Rezultat gore navedenih komandi je tekstualna datoteka sa svim porukama konferencije broj 1, smeštena u zip arhivu kojoj se može prići udaljeno koristeći FTP protokol. Na ovakav način su pojedinačno preneti fajlovi sa svih 57 konferencija. Raspakovano, ovaj materijal zauzima preko 1 gigabajta tekstualnih podataka. Sezamov korisnički interfejs je bio napravljen sa idejom da maksimalno pojednostavi čitanje i pisanje tekstualnih poruka ali i da omogući brz pristup velikoj količini materijala. Svaka poruka je sastavljena iz zaglavlja i tela poruke. U zaglavlju se nalaze podaci kao što su na primer broj poruke, ime konferencije, dužina, da li je poruka odgovor na drugu poruku i slično. Izgled jedne poruke je prikazan na slici 3.

```
================================
Sezam, Pitanja.9083, gerber
(2.9083) Pon 27/09/1999 16:26, 577 chr
Odgovor na 2.9075, emilb, Pon 27/09/1999 00:55
:: Re: prekid usled neaktivnosti?
--------------------------------------------------------------
*> sam na vezi pa da prođe i mnogo više sati. Zato bih voleo da se ili
*> omogući prekidač za prelazak na world-vreme ili, još bolje, odredi
*> neki period neaktivnosti posle koga se svaka veza prekida. Znači, neki
*> timeout_ppp. :)

     Možeš to i sam podesiti kod sebe, ako je Win u pitanju, još
     verovatnije ako nije ;) - disconnect if idle ... u Dial Up Modem
     propertisima, ili i na centralnom nivou kod samog modema
     (u ovom drugom slučaju čini mi se da se za postojeće DU konekcije
     mora i ručno postaviti, a važiće po defoltu za nove).

------------------------------------------------- 2.9083     --
Odgovori u 2.9110
```

Slika 3. Izgled tekstualne poruke

Pošto je celokupni materijal prenet, sledilo je parsiranje. Glavni izazov u ovom delu je bilo to što poruke nemaju jedinstvene identifikatore. Dodatno, kako bi se izbegli veliki brojevi poruka u jednoj temi u nekoj konferenciji, autori softvera su pribegli jedinstvenom rešenju. Kada bi broj poruka došao do 10.000, bio bi dodavan sufiks koji označava broj desetina hiljada, a osnovni broj poruke bi bio rotiran na 1. Znači brojevi bi išli redom 9998, 9999, 1.1, 2.1, itd. Prilikom konzolnog korišćenja sistema ovo je značajno olakšavalo rad, jer bi korisnici mogli da pristupe poruci unoseći samo četvorocifren identifikator. Osnovna premisa je bila da broj poruka neće tako brzo rasti, i da će korisnicima biti interesantno da čitaju samo novije poruke, a ne one od pre više meseci ili godina. Tako na primer ako je poslednja poruka u tekućoj temi 125.3, ona bi mogla da se pročita koristeći identifikator 125.3, ali i samo 125. Dalje, svim porukama u opsegu od 126.2 do 125.3 (što odgovara brojevima od 20126 do 30125) bi takođe moglo da se pristupi bez sufiksa; sistem je ispravno prepoznavao željeni broj poruke. Za pristup starijim porukama posle četvorocifrenog osnovnog broja, bilo bi neophodno dodati sufiks, na gornjem primeru to bi značilo za pristup poruci 20101 bi morao da se koristi identifikator 101.2. Ovako modifikovani brojevi su se koristili i u zaglavlju kako bi se poruke povezale u lance diskusija.

Za posledicu se dobilo to da je broj poruke u tekstualnim datotekama bio promenljiv, i to u zavisnosti od trenutka čitanja poruka. Uz ovu specifičnost, trebalo je uzeti u obzir i poruke koje su bile odgovor na poruku u drugoj temi. Kako bi se ovakve poruke ispravno parsirale, bilo je potrebno razviti softver koji bi u više prolaza obrađivao materijal. U prvom prolasku se učitavaju sve poruke uz dodelu jedinstvenog identifikacionog broja. U sledećem prolazu se kreiraju veze koje povezuju original poruku i sve odgovore na nju. Na svu sreću, u zaglavlju poruke pored broja postoji i podatak o datumu i autoru originalne poruke, a i u originalnoj poruci je na kraju bio spisak postojećih odgovora. U malom broju slučajeva kada je originalna poruka imala puno odgovora, ova lista nije bila potpuna, ali je ovakvih slučajeva bilo zanemarljivo malo, te je preciznost postupka visoka.

Za realizaciju ovog dela projekta je odabran programski jezik Python, a celokupni kod je smešten u objekte i prilagođen da bude lako proširiv kako bi mogao da se iskoristi i za parsiranje poruka sa drugih sistema. Kreirane su dve SQL tabele u koje su smeštene parsirane poruke:

```
CREATE TABLE Messages(
    Id INTEGER not null UNIQUE PRIMARY KEY autoincrement,
    Conf_Num tinyint NULL,
    Topic_Num tinyint NULL,
    Message_Num smallint NOT NULL,
    Message_Size smallint NULL,
    Username varchar(50) NULL,
    Date datetime NULL,
…

Ostala polja koja opisuju jednu poruku

…
    Message varchar(32000) NULL,
    ReplyTo_Id INTEGER NULL
)

CREATE TABLE MessageReplies(
    [Id] INTEGER not null UNIQUE PRIMARY KEY autoincrement,
    [ReplyFrom_Id] [int] NULL,
    [ReplyTo_Id] [int] NULL

)
```

U prvoj tabeli se nalaze svi podaci o jednoj poruci, zajedno sa tekstom poruke i jedinstvenim identifikatorom. Ovo omogućava da se ista SQL baza iskoristi i za druge projekte koji koriste analizu teksta. Druga tabela sadrži veze između poruka u lancima diskusija.

Dve glavne klase koje obavljaju ovaj posao su:

- *Parser* – parsira tekstualne datoteke i upisuje poruke u bazu
- *CheckReplies* - prolazi kroz sve poruke i generiše veze odgovora

Generisana SQL baza može da se iskoristi i za razne numeričke i statističke obrade materijala, kao što je na primer prosečan broj poruka po korisniku. Druga prednost dolazi do izražaja kada se obrađuje obiman materijal. Jednom kreiranu SQL bazu je moguće obraditi na više načina. U projektu je korišćen *SQLite* format baze koji je besplatan, ali su takođe kreirani objekti konektori za *Microsoft SQL Server,* koji je pogodniji za obradu materijala većeg obima. Tok celokupnog procesa parsiranja je prikazan na slici 4.

2.2 Kreiranje Neo4j baze

U fazi obrade učitanih podataka, prvo se generišu memorijski modeli, rečnici podataka, od kojih se zatim prave CSV datoteke pogodne za učitavanje u Neo4J sistem. Za prvi korak druge faze, podaci iz SQL tabela se prebacuju u sledeća dva memorijska modela:

```
class MessageDictionary(SSDBDictionary):
# {message.id: Message}
    dictionary = {}
# {conf_num: ['conf_name', {topic_num: 'topic_name}]}
    confs_and_topics = {}

class MessageReplyDictionary(SSDBDictionary):
# {message_reply.id: MessageReply}
    dictionary = {}
# {ReplyTo_ID: [ReplyFrom_ID]}
    inv_dictionary = {}
```

Prva klasa koristi rečnik da smesti metapodatke o porukama, bez samog teksta poruka, indeksirane prvo po identifikacionom broju konferencije. Vrednost elementa rečnika je lista koja sadrži ime konferencije i rečnik koji sada indeksira sve teme u toj konferenciji. Dalje se na sličan način kreira i rečnik svih lanaca diskusija. Druga klasa takođe sadrži rečnik koji se koristi za smeštanje podataka o vezama Odgovor → Original. Pored ovih promenljivih, u prvoj klasi se smeštaju imena o svim konferencijama i temama, dok je u drugoj dodat i inverzni rečnik radi ubrzanja pretrage. Ovako učitani podaci se sada obrađuju i rezultat smešta u specijalne strukture pogodne za rad i postavljanje raznih upita. Finalno se svi podaci nalaze u promenljivoj *users* u klasi *UserDictionary*. Za dalji rad se koristi samo ova struktura podataka. Model je orijentisan ka korisniku, pa je polazna tačka rečnik gde je ključ korisničko ime, a vrednost objekat tipa *User*, gde se smeštaju veze ka svim porukama tog korisnika i informacije koliko je tih poruka.

Za ove korake su zadužene sledeće glavne klase:

- *RepliesGraph* – učitava sve obrađene podatke i kreira rečnike sa ulančanim porukama kreirajući strukture pogodne za pravljenje izlaznih podataka
- *WriteCSVS* - učitava obrađene i pripremljene podatke i na osnovu njih generiše datoteke pogodne za učitavanje i kreiranje grafovske baze

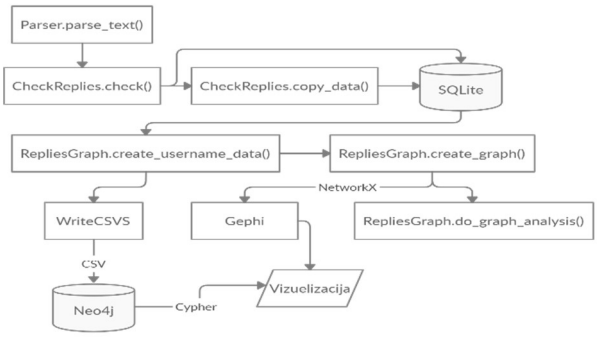
```
class UserDictionary(SSThreadBaseObject):
# {'username': User}
    self.users = {}

class User(SS_BaseObject):
# {conf_num: ConfThread},
    self.conf_threads = {}
    self.orphans = {}
    self.replies = {}
    self.all_messages = {}

class ConfThread(SS_BaseObject):
# {topic_num: TopicThread}
    self.topic_threads = topic_threads

class TopicThread(SS_BaseObject):
# {message_num: MessageThread}
    self.threads = threads

class MessageThread(SS_BaseObject):
    self.message = None
    self.username = None
…
```



Slika 4 – Tok procesa parsiranja

Od ovih struktura se mogu napraviti i graf objekti za potrebe vizualizacije u drugim programima koji se koriste za analizu socijalnih mreža, kao što je *Gephi*. Prolazeći kroz ove podatke, sada se lako kreiraju *CSV* datoteke, neophodne za formiranje grafovske baze. Glavni deo posla se obavlja u *WriteCSVS* klasi, gde se prolazi kroz rečnike podataka i prave dve CSV datoteke. U jednoj se nalaze čvorovi buduće grafovske baze, a u drugoj grane. Čvorovi predstavljaju u većini slučajeva same poruke, ali su tu smeštena i imena konferencija, tema, autora i slično. Grane predstavljaju relacije pripadanja. Veze koje su ovde modelovane su sledeće:

- Veza sistema sa konferencijama, temama i samim nitima razgovora
- Veza sistema sa korisnicima
- Veza korisnika sa porukama koje je napisao
- Veza korisnika sa konferencijama i temama u kojima je pisao
- Veza poruka sa drugim porukama na koje su one odgovori

Struktura CSV datoteka je relativno jednostavna. Zaglavlje i par karakterističnih primera iz fajla gde su definisani čvorovi izgleda ovako (separator polja je "|"):

```
:ID|name:STRING|weight:INT|:LABEL
system_Sezam|Sezam|0|System
conf_8|Sezam|0|Conf
conf_8_topic_1|Obavestenja|0|Topic
message_thread_26887|Th: Msg: 8/1.47|0|MessageThread
message_26887|Msg: 8/1.47|0|Message
user_rocky|rocky|9|User
```

Prva kolona predstavlja jedinstveni identifikator kojim će čvor biti predstavljen u bazi i generisan je na različite načine u zavisnosti od tipa čvora. Za neke je jednostavno spojen tip i ime (kao što je to kod sistema), dok je kod drugih korišćen jedinstveni identifikator iz SQL baze, kao što je to kod poruke (message_26887). Bez obzira na tip čvora, ovaj podatak mora da bude jedinstven. U koloni *name* se navodi opis čvora, što će obično biti prikazano prilikom vizuelizacije. *Weight* se koristi da prikaze težinu čvora, u ovom prvom koraku samo korisnici imaju ovaj parametar koji kod njih sadrži broj napisanih poruka. U poslednjoj koloni je smešten podatak o tipu čvora (poruka, korisnik, konferencija, tema itd.). Datoteka sa granama izgleda na sledeći način (prikazane su neke relacije):

```
:START_ID|:END_ID|weight:INT|:TYPE
system_Sezam|system_SezamPro|0|CONTAINS
system_SezamPro|conf_1|0|CONTAINS
conf_1|conf_1_topic_1|0|CONTAINS
conf_4_topic_5|message_thread_3606|0|CONTAINS
message_thread_3583|message_3588|0|CONTAINS
message_3583|message_3584|0|HASREPLY_IN
user_danko|message_3588|0|WROTE
```

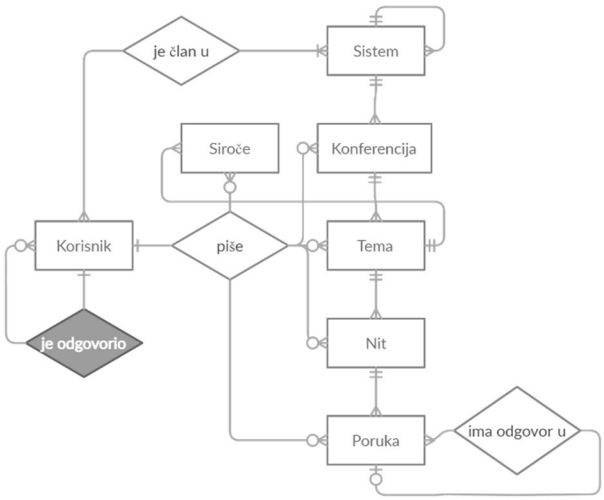
Prva kolona sadrži početni čvor a druga krajnji čvor (identifikatori su isti oni iz prve datoteke). U trećoj koloni je težina relacije koja se prilikom učitavanja ne koristi, dok je četvrta kolona rezervisana za tip relacije. Prikazane su relacije *sadrži, ima_odgovor_u* i *napisao.* U primeru Sezamovog materijala, čvorova ima preko milion, a grana preko tri miliona. Koristeći ovako formatirane CSV datoteke moguće je znatno brže učitati podatke u Neo4j bazu. Koristi se učitavanje u praznu bazu podataka koja nije onlajn (*offline loading*). Celokupan proces je trajao nekoliko minuta, dok je za istu količinu podataka trebalo oko sat vremena kada je korišćena već formirana Neo4j baza.

3. MODELIRANJE SADRŽAJA

Za dalju obradu se koristi isključivo grafovska baza Neo4J. Ovaj sistem je izabran jer relacione baze nisu pogodne kada treba da se rade različite mrežne analize. Sistemi za upravljanje relacionim bazama podataka, kao što je Microsoft SQL Server, pokazuju dobre performanse kada treba uraditi veliki broj statističkih obrada podataka i kada se ne koristi puno JOIN upita. Dodatno relacione baze obično nemaju puno izmena strukture tokom svoje eksploatacije. Sa druge strane na efikasnost rada grafovske baze skoro da uopšte ne utiče izmena strukture podataka. Moguće je da se mešaju različiti tipovi podataka, a bitna razlika je u tome što su relacije između podataka istog značaja kao i sami podaci. Korišćenje rekurzije je takođe vrlo često. Neo4J dodatno ističe prednosti NoSQL baza uvodeći podršku za ACID mehanizme. Kada su potrebne numeričke obrade nad atributima čvorova, moguće je napraviti klasične indekse koji onda omogućavaju rad sličan kao kod relacionih baza.

Ovako dobijena grafovska baza je dodatno modifikovana kreiranjem relacije *je_odgovorio*, koja povezuje čvorove autora, ako je jedan autor odgovorio na neku poruku drugog autora. Ovo je urađeno koristeći *Cypher* programski jezik, upitom koji je prikazan na slici 5. Koristeći naveden upit, kreirano je preko 173000 relacija koje povezuju 5143 autora poruka, što znači da je prosečan stepen korisnika u ovoj mreži 33,64. Utvrđeno je da je maksimalni stepen 1516, a minimalan nula. Ovo samo govori da postoje korisnici koji su izuzetno povezani a takođe i korisnici kojima niko nije odgovarao na poruke. Kreiranje ovih relacija je trajalo 17 sekundi na relativno skromnom računaru, što je još jedan pokazatelj koliko su grafovske baze dobar izbor za ovu namenu. Model modifikovan dodavanjem opisanih relacija odgovora je prikazan na slici 6 i sadrži:

- 1,037,512 čvorova
- 3,523,516 grana



Slika 6. Model podataka posle kreiranja relacija odgovora

```
match (autor:User)-[:WROTE]→(source:Message)-[:HASREPLY_IN]→(reply:Message)←[:WROTE]-(rautor:User)
WITH autor, rautor, count(reply) as weight
MERGE (rautor)-[r:REPLY_TO]→(autor)
ON CREATE SET r.weight = weight
```

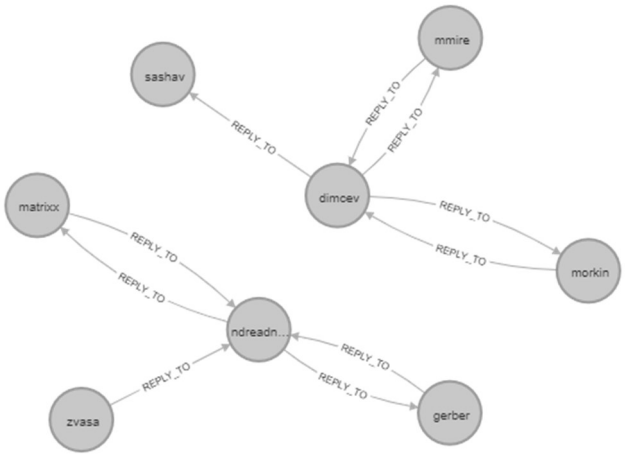
Slika 5. Kreiranje relacija odgovora

Ovako modelirana baza na primer, omogućava da izuzetno brzo utvrdimo ko su korisnici koji su najviše odgovorili na poruke nekih drugih korisnika. Primer upita je prikazan na slici 7.

```
MATCH (rautor:User)-[r:REPLY_TO]→(autor:User)
WHERE r.weight > 600
RETURN autor, r, rautor
ORDER BY r.weight DESC
LIMIT 10
```

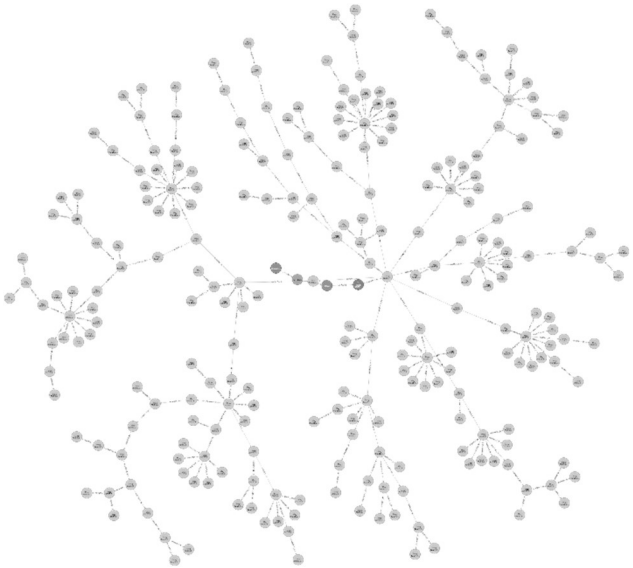
Slika 7. Korisnici sa relacijama koje imaju veliku težinu

Rezultat može da se prikaže u tabelarnom obliku, koji sadrži kolone autor, broj odgovora i autor koji je odgovarao, kao i vizuelno u obliku grafa, što je prikazano na slici 8. Sa slike se vidi da su neki korisnici međusobno imali produktivnu saradnju (kao što je par sa korisničkim imenima dimcev i mmire). Postoje i oni kod kojih je to bilo jednosmerno, na primer dimcev i sashav.



Slika 8. Korisnici sa relacijama koje imaju veliku težinu

Moguće je prikazati i celokupan graf jedne niti razgovora, kao što se vidi na slici 9.



Slika 9. Povezanost dela poruka u jednoj niti

Različitim bojama se predstavljaju tipovi čvorova, a samom analizom grupisanja se može utvrditi trajanje neke zanimljive diskusije. Mogu se vizuelno identifikovati lokalni centralni čvorovi od kojih se grana dalja diskusija. Identifikacijom ovih čvorova se mogu detektovati zanimljive poruke koje predstavljaju svojevrsnu prekretnicu u diskusiji.

4. KREIRANJE PROJEKCIJE I KORIŠĆENJE MODELA

Sledeći korak je kreiranje projekcije modela na ove podatke kako bi mogli da izvršimo neka merenja. To se radi naredbom sa slike 10. Rezultat je objekat nad kojim mogu da se direktno pozivaju API funkcije iz *GDS* (*Graph Data Science* [3]) biblioteke Neo4J sistema kao što su računanje centralnosti po stepenu ili PageRank centralnost. Prednosti rada nad ovakvim projekcijama su višestruke, a glavna je u brzini jer se svi objekti nalaze u celosti u memoriji.

```
CALL gds.graph.create(
  'reply-graph-weight',
  'User',
  'REPLY_TO',
  {
    relationshipProperties: 'weight'
  }
)
YIELD graphName, nodeCount, relationshipCount, createMillis
```

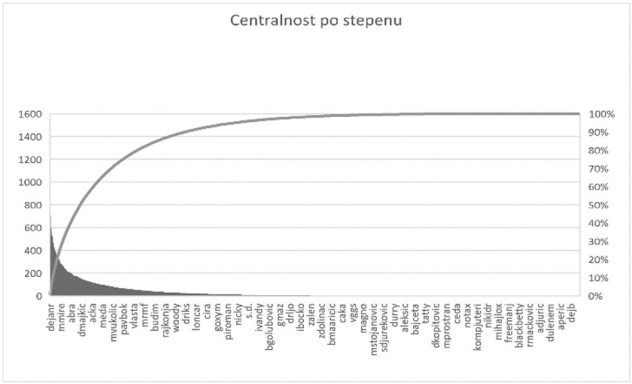
Slika 10. Kreiranje projekcije

Rezultat ove komande je graf pod imenom *reply-graph-weight*. Čvorovi su korisnici, a veze između njih su modelovane već kreiranom relacijom REPLY_TO (postoji ako je jedan korisnik odgovorio na barem jednu poruku drugog autora). Projekcije se mogu praviti i implicitno, direktno kroz poziv *GDS* funkcije. Sledeći poziv izračunava centralnost po stepenu za svaki čvor:

```
CALL gds.alpha.degree.stream({
  nodeProjection: 'User',
  relationshipProjection: {
    REPLY_TO: {
      type: 'REPLY_TO',
      orientation: 'REVERSE'
    }
  }
})
YIELD nodeId, score
RETURN gds.util.asNode(nodeId).name AS username, score AS repliers
ORDER BY repliers DESC
```

Slika 11. Izračunavanje centralnosti po stepenu

Podaci se vraćaju tabelarno, i po njihovom sređivanju u Excel-u ili nekom drugom programu mogu se vizuelno prikazati zakonitosti koje vladaju u analiziranim socijalnim mrežama. Na slici 12 se može videti kako su grupisane vrednosti centralnosti po stepenu, što odgovara *power-law* raspodeli, vrlo sličnoj kao i kod drugih socijalnih mreža [4]. Pored ovih standardnih metrika, Neo4J biblioteka sadrži i druge koje zahtevaju znatno kompleksnije izračunavanje.



Slika 12. Centralnost po stepenu

Za analizu podataka se koristi ili samo *Cypher* jezik ili se postavljanje upita može dopuniti sa *GDS* funkcijama. Kako su neki algoritmi u ovoj biblioteci još uvek u procesu razvoja, analiza može da se dopuni koristeći *Neo4j* za brzo i efikasno kreiranje ulaznih fajlova za druge softverske pakete kao što su *Gephi* [5] i *UCINet*.

Neo4J omogućava jednostavnu i brzu analizu relacija između čvorova grafova, što je komplikovano kada se koriste relacione baze.

5. ZAKLJUČAK

U okviru ovog rada prikazan je softverski alat koji omogućava parsiranje tekstualnih datoteka koje sadrže poruke sa diskusionog sistema Sezam. Po završenom parsiranju dobija se SQL relaciona baza podataka koja se dodatno transformiše u NoSQL grafovsku bazu sistema Neo4J. Dobijena baza je dalje modifikovana i kreirana je kao primer jedna socijalna mreža odgovora (*reply network* [6]). Prikazani alat ima mogućnost da se koristi i za druge slične sisteme, a uz manju modifikaciju i korišćenje veb sakupljača [7], moguće je da se analiziraju poruke i sa veb foruma kojih je znatno više.

Kao rezultat ovog rada dobijena je grafovska baza u sistemu NEO4J u koju je uvezen sadržaj generisan tokom 25 godina rada sistema Sezam, koji je u tom periodu bio najveći u našem regionu. Na taj način je obezbeđen poligon za različite analize relacija u ovoj svojevrsnoj socijalnoj mreži, ali i za buduću primenu tehnologija obrade prirodnog jezika na jedinstvenom sadržaju koji predstavlja značajno digitalno nasleđe.

LITERATURA

[1] M. Banks, „Dis-content and Conflict,“ у *On the way to the Web: The Secret History of the Internet and Its Founders*, New York, Springer, 2008, pp. 39--48.

[2] C. Constantinov, M. L. Mocanu и C. M. Poteras, „Running complex queries on a graph database: A performance evaluation of neo4j,“ *Annals of the University of Craiova,* т. 12, бр. 1, pp. 38--44, 2015.

[3] M. Needham и A. E. Hodler, Graph Algorithms: Practical Examples in Apache Spark and Neo4j, Sebastopol: O'Reilly Media, 2019.

[4] D. Milovančević, M. Mišić и J. Protić, „Mrežna analiza naučne kolaboracije zaposlenih na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu na osnovu institucionalne evidencije objavljenih radova,“ у *XXIV Skup TRENDOVI RAZVOJA*, Kopaonik, Serbia, 2018.

[5] M. Amith, K. Fujimoto и C. Tao, „NET-EXPO: A Gephi Plugin Towards Social Network Analysis of Network Exposure for Unipartite and Bipartite Graphs,“ у *HCI International 2019-Posters: 21st International Conference*, 2019.

[6] K. Zhongbao и Z. Changshui, „Reply networks on a bulletin board system,“ *Physical Review E,* т. 67, бр. 3, p. 036117, 2003.

[7] M. Pavkovic и J. Protic, „SInFo--Structure-Driven Incremental Forum Crawler That Optimizes User-Generated Content Retrieval,“ *IEEE Access,* т. 7, pp. 126941--126961, 2019.

ODREĐIVANJE DALJINE DO CILJA U STEREOVIZIJSKIM SISTEMIMA

OBJECT DISTANCE MEASUREMENT BY STEREO VISION SYSTEMS

Saad Merrouche, Boban Bondžulić, Dimitrije Bujaković, Milenko Andrić
Univerzitet odbrane u Beogradu, Vojna akademija

Sadržaj *– Stereo slike dobijene iz sistema stereo kamera mogu dati procenu dubine scene. Dobijanje mape podudarnosti iz stereo para slika uključuje računski složene algoritme. U ovom radu pokazano je da se korišćenjem binokularnog stereovizijskog sistema i mapa podudarnosti izvedenih iz slika stereo sistema kamera mogu odrediti udaljenosti do cilja od interesa. Snimljene su scene sa prisustvom cilja od interesa koji se nalazi na poznatim udaljenostima i analizira se tačnost određivanja udaljenosti do cilja sa mape podudarnosti dobijene pomoću poznatog algoritma.*

Abstract – *Stereo images obtained from a stereo camera system provide an estimate of the depth of the scene. Obtaining a disparity map from stereo pairs of images involves computationally complex algorithms. In this paper it is shown that the distances to the target of interest can be determined by using a binocular stereo vision system and disparity maps derived from images of stereo cameras. Scenes with the presence of a target of interest located at known distances were recorded and the accuracy of determining the distance to the target from the disparity map obtained using the known algorithm was analyzed.*

1. UVOD

Formiranje trodimenzionalnog (3D) prikaza scene koju posmatraju kamere je izazovan zadatak. Od dve istovremeno snimljene slike mogu se pod određenim uslovima dobiti 3D informacije koje su izgubljene tokom procesa formiranja slike. Stereovizija obuhvata izračunavanje trodimenzionalnog opisa scene sa dvodimenzionalnih ulaznih slika. To je oponašanje osobina vizuelnog sistema čoveka, gde mozak automatski obavlja ovaj zadatak.

Stereovizijski sistemi se sastoje od dve kamere koje su postavljene tako da su njihove optičke ose približno paralelne. Za obe kamere može se definisati koordinatni sistem slike (u, v) i koordinatni sistem kamere (x, y, z). Ova dva koordinatna sistema parametre kamere posmatraju kroz unutrašnje parametre, kao što su žižna daljina, bazna linija i centar kamere, i spoljašnje parametre, a to su rotacija i translacija kamera. Parametri kamere određuju način na koji se tačka iz 3D prostora projektuje na ravan slike. Prilikom procesa akvizicije svaka tačka iz 3D prostora koja leži u vidnom polju stereo kamera, projektuje se na ravni slika pojedinačnih kamera. 3D pozicija tačke koja ispunjava ovaj uslov može se rekonstruisati ako je poznata pozicija projekcija u obema slikama, zajedno sa parametrima stereo sistema.

Stereovizija se bazira na pronalaženju podudarnosti između tačaka sa slika dobijenih sa kamera koje čine stereovizijski sistem (leva i desna kamera). Ukoliko su optičke ose dveju kamera paralelne, tzv. epipolarne linije biće paralelne po horizontali, što pojednostavljuje proces pronalaženja podudarnih tačaka (stereo korespondencije).

Algoritam stereo korespondencije koristi par stereo slika kao ulaz i generiše mapu podudarnosti (engl. *disparity map*) kao izlaz [1, 2]. Određivanje mape podudarnosti je osnovni problem u kompjuterskoj viziji. Ovaj problem je prisutan u različitim domenima kao što su mapiranje i navigacija [3] i 3D televizija [4]. Uz dodatne informacije o stereovizijskom sistemu, mapa podudarnosti može se transformisati u mapu daljina. Stoga se u literaturi, pored termina mapa podudarnosti, pojavljuju i termini mapa daljina i mapa dubina. Među trenutnim istraživanjima u polju stereovizije, procena podudarnosti zasnovana na metodama dubokog učenja [5] i procena podudarnosti u realnom vremenu za slike visoke rezolucije [6] se široko proučavaju i pri tome je ostvaren značajan napredak.

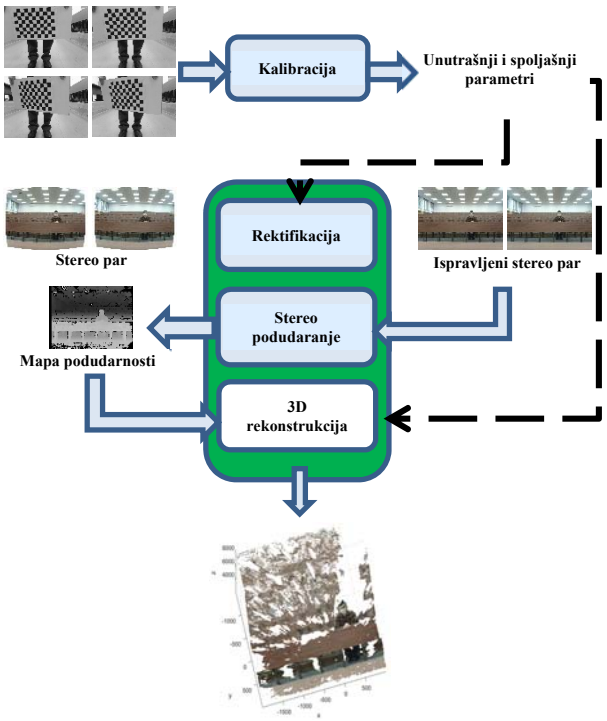
U cilju izračunavanja mapa podudarnosti, uobičajeno je da se slika sa jedne kamere smatra referentnom. Izračunavanje mapa podudarnosti je zasnovano na rešavanju problema korespondencije u koordinatama korespondentnih tačaka (piksela) stereo slika. Mapa podudarnosti je siva slika, u kojoj tamniji pikseli pripadaju udaljenijim objektima, dok svetliji pikseli odgovaraju objektima koji su bliži kameri. Na osnovu mapa podudarnosti i poznatih parametara sistema može se odrediti mapa daljina do objekata na sceni.

U ovom radu je stereovizijski sistem korišćen za dobijanje apsolutnih koordinata cilja u prostoru. Postupak merenja stereovizijskim sistemom može se podeliti u dve faze – fazu pripreme i fazu merenja. Faza pripreme uključuje kalibraciju kamere i proračun matrica transformacije za epipolarnu rektifikaciju. Nakon što se svaka kamera kalibriše nezavisno, matrice projekcije i koeficijenti radijalnog izobličenja leve i desne kamere koriste se za izračunavanje matrica transformacije i ispravljanje iskrivljenih slika. U fazi merenja, matrice transformacije i koeficijenti radijalnog izobličenja izračunati u delu pripreme se koriste za rektifikaciju slike. Jednom kada se izračunaju gore navedeni parametri, i uz poznatu mapu podudarnosti, može se izvršiti 3D rekonstrukcija.

2. GENERALNI ALGORITAM ZA STEREOVIZIJU

Glavni koraci nekog stereovizijskog algoritma za određivanje daljine do cilja ili 3D projekcije predstavljeni su na slici 1. Prvo se radi kalibracija stereo sistema. To je operacija koja bi trebalo da se izvede jednom pre nego što

se počne sa korišćenjem stereovizijskog sistema. Taj korak se sprovodi zbog određivanja unutrašnjih, spoljašnjih i parametara izobličenja iz niza parova stereo slika šahovske table.



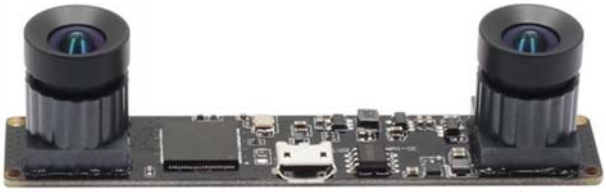
Slika 1. Glavni koraci stereovizijskog algoritma

Generalni algoritam za stereoviziju se sastoji od tri glavna koraka. Prvi od tih koraka je ispravljanje, tj. rektifikacija snimljene desne i leve slike. Stereo ispravljanje je postupak koji se koristi za sinhronizaciju i pravljenje odgovarajućih epipolarnih linija paralelnih sa *x*-osom. Uz stereo par slika i poznate parametre kamera i njihovu relativnu poziciju, stvara se novi stereo par koji se koristi u sledećem koraku, stereo podudaranja. Stereo podudaranje korišćeno u eksperimentalnim istraživanjima predstavljeno je u sekciji 5. Za dati stereo par ispravljenih slika radi se određivanje mape podudarnosti. Zatim, sa mape podudarnosti, podaci o dubini se dobijaju kao što je prikazano na slici 1. Poslednji korak je reprojekcija referentnih tačaka slike u 3D prostoru pomoću mape podudarnosti i parametara dobijenih tokom kalibracije.

3. HARDVERSKA KONFIGURACIJA

Za sprovođenje eksperimentalnih istraživanja korišćene su sledeće hardverske komponente i softverski alati: laptop HP i7, CPU 1.8 GHz, memorija 16.00 GB, 64-bitni operativni sistem, laserski daljinomer (koristi se za merenje udaljenosti između cilja i kamere), softverski paket MATLAB R2018a i stereovizijski sistem.

Stereovizijski sistem korišćen u ovom istraživanju zasnovan je na dve identične kamere. Glavne optičke ose kamera paralelne su jedna drugoj. Udaljenost između kamera stereovizijskog sistema (bazna linija) je 60 mm. Karakteristike stereovizijskog sistema su sledeće [7]: HD 960P sistem sa dva sočiva, 1/3" CMOS OV9750 senzor za dobijanje slika visokog kvaliteta, HD rezolucija do 1280×920 za levu i desnu kameru, rezolucija i tempo kadrova MJPEG: 2560×960 60 fps i 2560×720 60 fps.



Slika 2. Korišćeni stereovizijski sistem

Stereovizijski sistem je prikazan na slici 2. Na slikama 3(a) i (b) prikazani su primeri leve i desne slike, gde obe slike uključuju cilj u zatvorenom prostoru sa rezolucijom 1280×960 piksela. Iz ove dve slike može se pronaći žižna daljina koja će se koristiti za pronalaženje daljina.

(a) (b)

Slika 3. Slike dobijene korišćenim stereovizijskim sistemom sa: (a) levom kamerom i (b) desnom kamerom

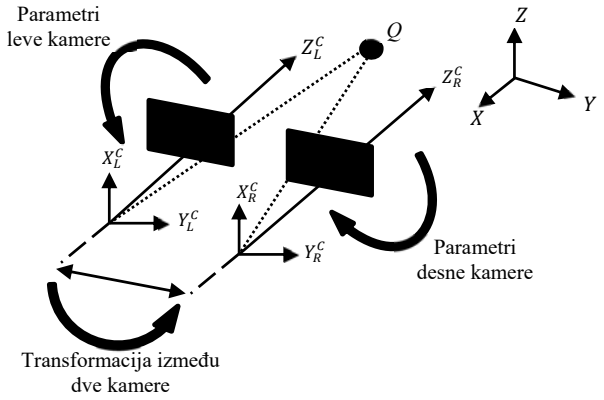
4. KALIBRACIJA KAMERE

Da bi kamere bile spremne za upotrebu, moraju se kalibrisati. To se radi u dve faze: prva je pojedinačna kalibracija svake od dveju kamera da bi se dobili unutrašnji parametri, a druga faza se sastoji u određivanju spoljašnjih parametara, smatrajući dve kamere stereoskopskom klupom (engl. *stereoscopic bench*) u kojoj je od interesa udaljenost između dve kamere.

Proces kalibracije sprovodi se u programskom paketu MATLAB. Koristeći MATLAB kalibracioni set [8], koji kao ulaz koristi različite poglede na šahovsku tablu, sprovodi se proces kalibracije (slika 4).

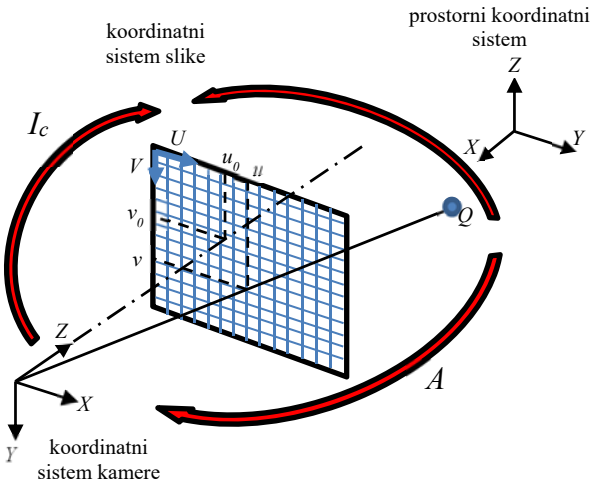
Slika 4. Različiti prikazi kalibracione šahovske table

Za kalibraciju dve stereoskopske kamere, parametri koji se procenjuju su (slika 5): unutrašnji parametri obe kamere, transformacija između kamera sastavljena od rotacije R i pomeraja T i koeficijenti izobličenja.



Slika 5. Princip stereoskopske kalibracije

Da bi se utvrdili parametri kamere, koristi se kalibraciona šahovska tabla (standardni objekat). Šahovska tabla se projektuje u sliku, a zatim se njene koordinate mere u koordinatnom sistemu slike. Tačka Q je definisana svojim koordinatama (x_w,y_w,z_w) u prostornom koordinatnom sistemu. Tačka Q se projektuje u tačku (x_c,y_c,z_c) u koordinatnom sistemu kamere. Promena koordinatnog sistema koja povezuje koordinate tačke Q u koordinatnom sistemu slike (slika 6) sa koordinatnim sistemom povezanim sa kamerom definisana je unutrašnjim parametrima kamere.



Slika 6. Perspektivna projekcija

U perspektivnoj projekciji, tačka Q se transformiše u svoj homolog q u koordinatnom sistemu slike sledećim sistemom jednačina:

$$u = u_0 - k_u f \frac{x_c}{z_c}$$
$$v = v_0 - k_v f \frac{y_c}{z_c} \quad (1)$$

Sa (u,v) su obeležene koordinate u koordinatnom sistemu slike, (u_0,v_0) je centar slike, f je žižna daljina, k_u i k_v su faktori skaliranja i (x_c,y_c) su koordinate tačke u koordinatnom sistemu kamere.

Matrica koja sadrži unutrašnje parametre može se izvesti na osnovu relacija:

$$\begin{bmatrix} U \\ V \\ W \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -k_u & 0 & u_0 \\ 0 & -k_v & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f & 0 & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_c \\ y_c \\ z_c \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} U \\ V \\ W \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -k_u f & 0 & u_0 & 0 \\ 0 & -k_v f & v_0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_c \\ y_c \\ z_c \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

i može se predstaviti u obliku:

$$I_c = \begin{bmatrix} \alpha_u & 0 & u_0 & 0 \\ 0 & \alpha_v & v_0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

gde su $\alpha_u = -k_u f$ i $\alpha_v = -k_v$f.

U ovom slučaju moraju se proceniti četiri parametra: α_u, α_v, u_0 i v_0. Žižna daljina se ne može eksplicitno izračunati.

Korišćenjem MATLAB kalibracionog seta i snimljenih stereo slika šahovske table određene su matrice I_{c1} i I_{c2} sa unutrašnim parametrima kamera:

$$I_{c1} = \begin{bmatrix} 1163.262 & 0 & 688.869 & 0 \\ 0 & 1163.249 & 537.308 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$I_{c2} = \begin{bmatrix} 1160.311 & 0 & 702.172 & 0 \\ 0 & 1159.985 & 529.429 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

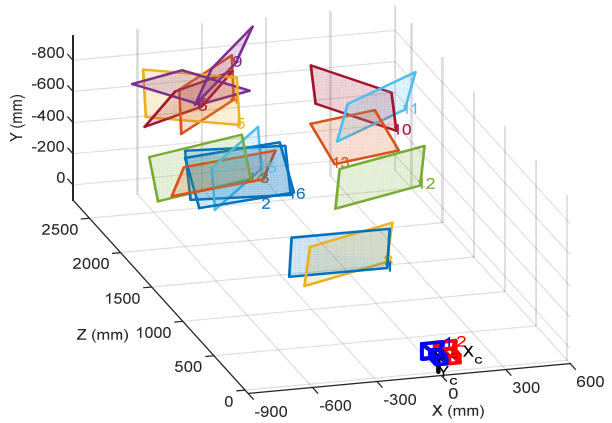
Spoljni parametri omogućavaju definisanje geometrijske transformacije između koordinatnog sistema kamere i scene (koordinatni sistem objekta) kao što je prikazano na slici 6. Oni su predstavljeni matricom A:

$$A = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

U ovom slučaju mora se odrediti matrica transformacije između dva koordinatna sistema koja omogućava da se dobije matrica rotacije R i vektor translacije T, na osnovu pozicija šahovske table u odnosu na kameru tokom kalibracije (slika 7).

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 0.00514 & -0.00636 \\ -0.005154 & 1 & -0.0015 \\ 0.00636 & 0.0015 & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

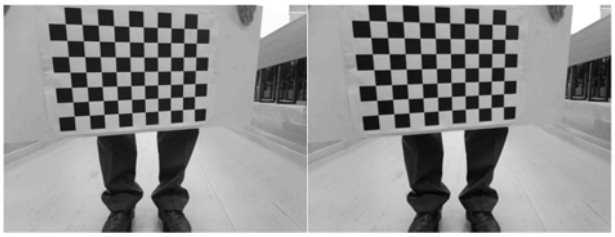
$$T = \begin{bmatrix} -60.47 \\ -0.545 \\ 0.562 \end{bmatrix} \quad (9)$$



Slika 7. Pozicija šahovske table tokom kalibracije

Matrica rotacije između dve kamere bliska je jediničnoj matrici, a prva komponenta vektora pomeraja (duž ose *X*) jednaka je 60.47 mm, za koju apriori znamo da je jednaka 60 mm, pa možemo reći da je procena parametara sa greškom od 0.47 mm.

Na osnovu dobijenih parametara moguće je izvršiti rektifikaciju stereo parova – slika 8.



(a) (b)

Slika 8. Rektifikacija stereo slika: (a) iskrivljena slika i (b) ispravljena slika

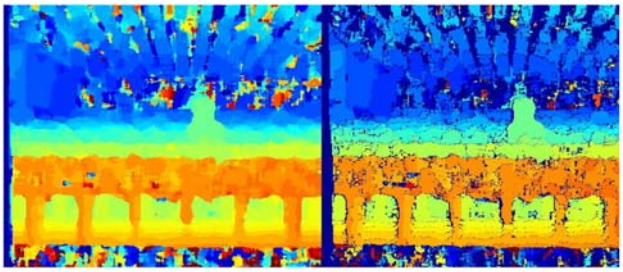
5. OPIS KORIŠĆENOG STEREO ALGORITMA

U eksperimentalnim istraživanjima za određivanje mapa podudarnosti korišćen je algoritam zasnovan na cenzus transformaciji [9]. Ova transformacija je neparametarska lokalna transformacija kojom se preslikava lokalno susedstvo piksela u povorku bita koja reprezentuje piksele is susedstva čiji intenzitet je manji od intenziteta razmatranog piksela.

Za dva piksela nakon sračunatih cenzus transformacija vrednost podudarnosti se određuje na osnovu Hamingove (Hamming) distance. Ovom distancom se određuje broj pozicija na kojima se dva vektora (binarna niza) razlikuju.

U procesu agregacije koristi se vođeni filtar (engl. *guided filter*). Prednost upotrebe vođenog filtra je što ima bolja svojstva očuvanja ivica i manje je računski zahtevan u poređenju sa bilateralnim filtriranjem [10]. Nakon agregacije, konačna vrednost podudarnosti za svaki piksel je fiksirana izborom minimalne agregirane vrednosti (WTA optimizacija).

U poslednjoj fazi, vrši se provera konzistencije za otkrivanje zaklonjenih područja (slika 9), a zatim se rupe usled zaklanjanja popunjavaju disparitetima susednih piksela.



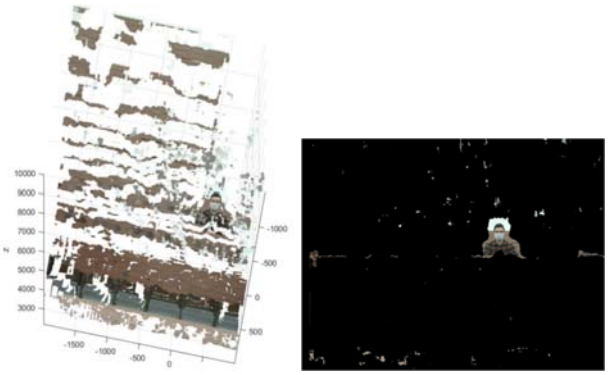
Slika 9. Mapa podudarnosti pre (levo) i nakon provere konzistencije (desno)

6. TRODIMENZIONALNA REKONSTRUKCIJA

Nakon što je izračunata mapa podudarnosti, može se generisati oblak tačaka procene dubine za svaku tačku na ispravljenoj slici i dobiti 3D koordinate prostornih tačaka kojima se rekonstruiše scena sa mape podudarnosti na osnovu stereo parametara dobijenih u postupku kalibracije.

Oblak tačaka prikazan je na slici 10a nakon uklanjanja aberantnih podataka iz oblaka tačaka generisanih stereovizijom primenom jednostavnog praga.

U poslednjem koraku potrebno je izvući cilj od interesa (čovek) sa slike na osnovu njene dubine, kao što je prikazano na slici 10a. Konačna slika izvučenog dela stereo slike na osnovu dubine je prikazana na slici 10b.

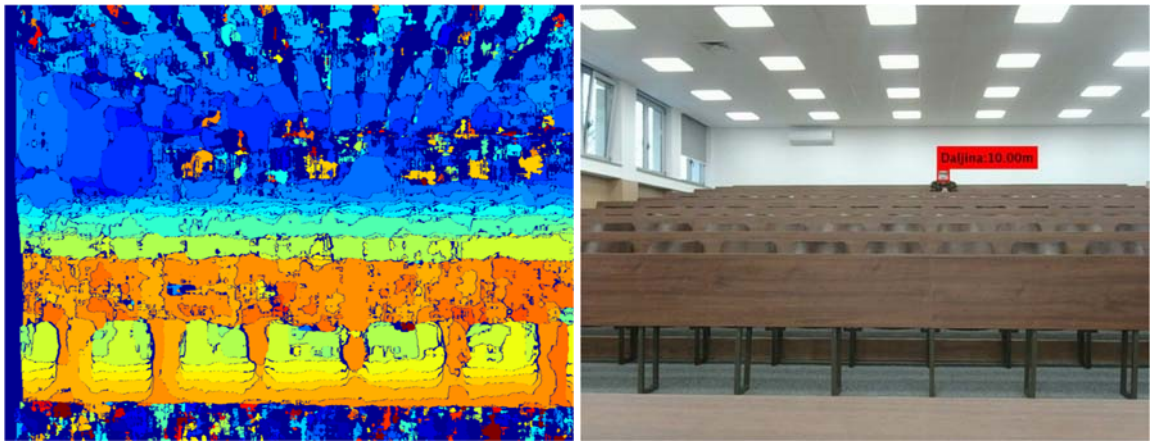


(a) (b)

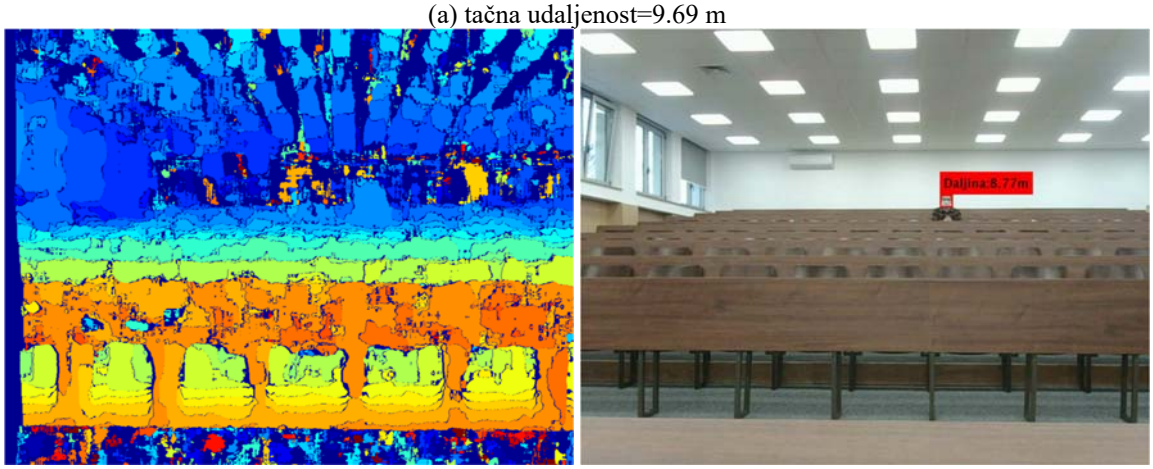
Slika 10. (a) 3D rekonstrukcija i (b) ekstrakcija na osnovu dubine

7. REZULTATI

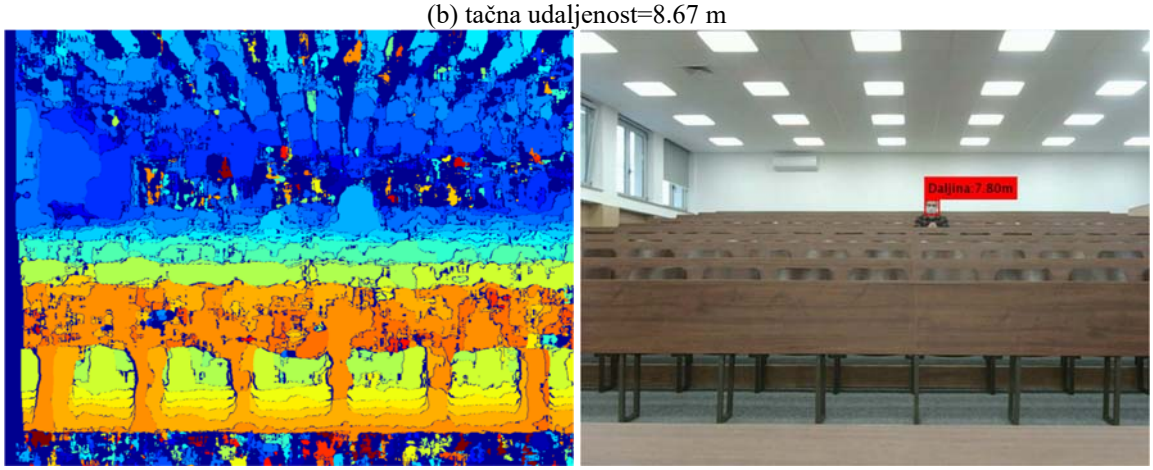
Udaljenost cilja od interesa od stereovizijskog sistema je menjana između 3 m i 10 m, pri čemu su merenja rađena na sedam daljina. Udaljenost do cilja uzeta je kao prosečna vrednost dubina lica cilja od interesa dobijena u 3D rekonstrukciji scene. Za detekciju lica korišćen je *CascadeObjectDetector* programskog paketa MATLAB. Kaskadni detektor objekata koristi Viola-Jones algoritam za otkrivanje lica ljudi [11], a kao model klasifikacije korišćen je *frontalFaceCART*. Ovaj klasifikator otkriva lica koja su uspravna i okrenuta prema napred, koristi klasifikatore u obliku klasifikacionog i regresionog stabla (CART). Ovi klasifikatori koriste Haar obeležja za kodovanje crta lica. Klasifikatori zasnovani na CART-u pružaju mogućnost modelovanja zavisnosti višeg reda između obeležja lica [12].



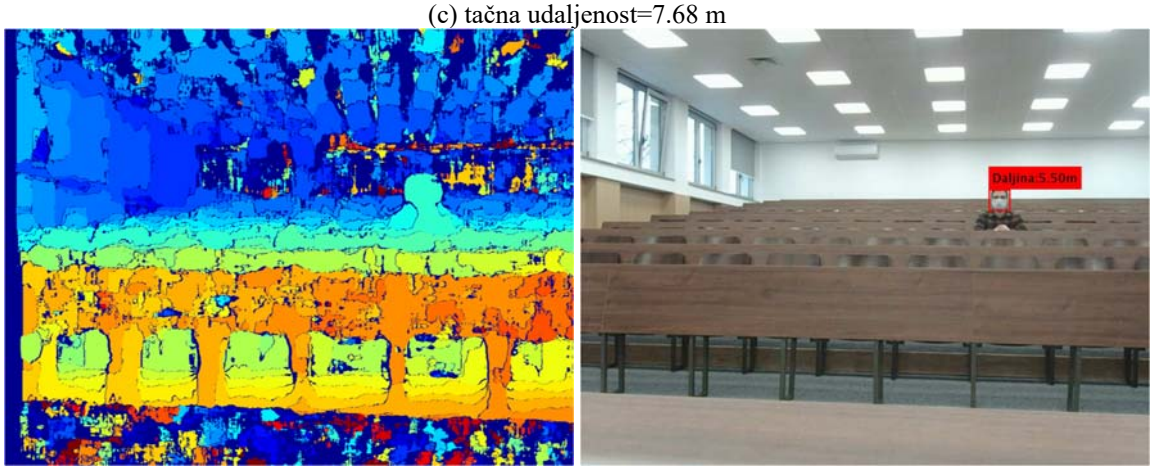
(a) tačna udaljenost=9.69 m



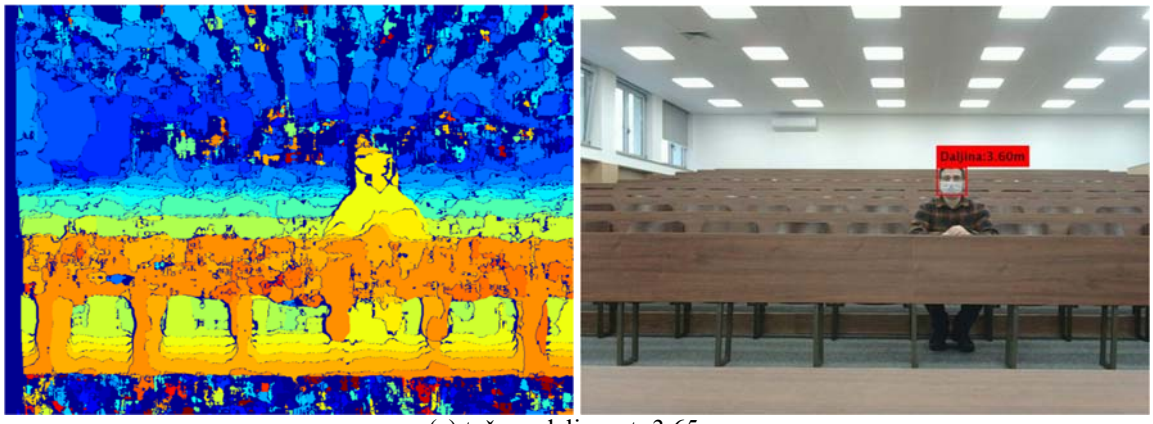
(b) tačna udaljenost=8.67 m



(c) tačna udaljenost=7.68 m



(d) tačna udaljenost=5.66 m



(e) tačna udaljenost=3.65 m

Slika 11. Mape podudarnosti i rezultati merenja daljine za različite daljine cilja

Tabela 1. Poređenje tačne i izračunate udaljenosti

Merenje	Tačna udaljenost (m)	Izračunata udaljenost (m)	Greška (%)
1	3.65	3.60	2%
2	4.69	4.68	0.2%
3	5.66	5.50	3%
4	7.06	7.15	1%
5	7.68	7.80	1%
6	8.67	8.77	1%
7	9.69	10	3%

Slika 11 prikazuje na levoj strani mape podudarnosti za različite udaljenosti, a na desnoj strani detektovana lica i procene udaljenosti do lica, odnosno do cilja od interesa.

Udaljenost cilja od interesa koji je okrenut prema kamerama je izmerena pomoću stereovizijskog sistema i tako dobijeno rastojanje se upoređuje sa rastojanjem koje je izmereno laserskim daljinomerom. U tabeli 1 date su tačna udaljenost, izračunata udaljenost i relativna greška. Na osnovu rezultata iz tabele 1 može se zaključiti da su na daljinama do 10 m uspešno određene daljine do cilja od interesa (na osnovu parametara kamera, bazne linije i za vrednost podudarnosti od jednog piksela teorijska dubina bi iznosila 70 m [13]). Srednja vrednost relativne greške procene je 2%, a maksimalna relativna greška je 3%.

8. ZAKLJUČAK

U ovom radu je pokazano da se korišćenjem binokularnog stereovizijskog sistema i mapa podudarnosti izvedenih iz slika stereo sistema kamera mogu odrediti daljine do cilja od interesa. Snimljene su scene sa prisustvom cilja od interesa koji se nalazi na poznatim daljinama i analizirana je tačnost određivanja daljine do cilja iz mape podudarnosti dobijene pomoću poznatog stereo algoritma. U daljem radu se planira korišćenje ovog stereovizijskog sistema za određivanje daljine do cilja u realnom vremenu.

LITERATURA

[1] R. A. Hamzah and H. Ibrahim, “Literature survey on stereo vision disparity map algorithms,” Journal of Sensors, vol. 2016, pp. 1–23, 2016.

[2] Y.-J. Chang and Y.-S. Ho, “Enhanced guided image filter using trilateral kernel for disparity error correction,” Electronic Imaging, vol. 2019, no. 11, pp. 257–1–257–7, 2019.

[3] M. Menze and A. Geiger, “Object scene flow for autonomous vehicles,” in IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2015, pp. 3061–3070.

[4] F. Dufaux, B. Pesquet-Popescu, and M. Cagnazzo, Emerging technologies for 3D video: Creation, coding, transmission and rendering. John Wiley and Sons, 2013.

[5] Z. Pei, D. Wen, Y. Zhang, M. Ma, M. Guo, X. Zhang, and Y.-H. Yang, “MDEAN: Multi-view disparity estimation with an asymmetric network,” Electronics, vol. 9, no. 6, p. 924, 2020.

[6] Q. Chang and T. Maruyama, “Real-time stereo vision system: A multi-block matching on gpu,” IEEE Access, vol. 6, pp. 42 030–42 046, 2018.

[7] ELP-960P2CAM-V83, “Stereo dual lens usb 3d camera,” (accessed November 10, 2020). http://www.elpcctv.com/13mp-usb-20-mjpeg-2560x960-60fps-no-distortion-lens-binocular-camera-module-for-robot-vision-p-139.html

[8] J.-Y. Bouguet, “Camera calibration toolbox for MATLAB,” 2004. (accessed November 10, 2020). http://www.vision.caltech.edu/bouguetj/calib_doc/

[9] R. Zabih and J. Woodfill, “Non-parametric local transforms for computing visual correspondence,” in European Conference on Computer Vision, 1994, pp. 151–158.

[10] A. Hosni, C. Rhemann, M. Bleyer, C. Rother, and M. Gelautz, “Fast cost volume filtering for visual correspondence and beyond,” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 35, no. 2, pp. 504–511, 2012.

[11] P. Viola and M. Jones, “Rapid object detection using a boosted cascade of simple features,” in IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, vol. 1, 2001, pp. 511–518.

[12] R. Lienhart, A. Kuranov, and V. Pisarevsky, “Empirical analysis of detection cascades of boosted classifiers for rapid object detection,” in Joint Pattern Recognition Symposium, 2003, pp. 297–304.

[13] S. Merrouche, Doprinos razvoju algoritama za određivanje daljine do cilja u stereovizijskim sistemima, Doktorska disertacija, Univerzitet odbrane u Beogradu, Vojna akademija, mart 2021.

PRETRAŽIVANJE I OPORAVAK IZBRISANIH DOKUMENATA

SEARCH AND RECOVERY OF DELETED DOCUMENTS

Doc. dr. sc. Mahir Zajmović
Sveučilište/Univerzitet „VITEZ“ Vitez, BiH
Fakultet informacionih tehnologija
mahir.zajmovic@unvi.edu.ba

Sadržaj - *Gubitak važnih podataka može predstavljati veliki problem za organizaciju u kojoj se desio. Integritet podataka može se narušiti na razne načine. Oštećenjem datoteke u kojoj su bili smješteni određeni podaci, brisanjem tabele ili više njih u bazi podataka. Kao „napadači“ veoma često javljaju se osobe koje imaju lični interes sa organizacijom, bilo da su nekada ranije radili u istoj ili rade u konkurentskoj organizaciji i napadom žele narušiti poslovanje same organizacije. Osim poslovanja napadači veoma često žele iskoristiti povjerljive informacije za stjecanje vlastite zarade na račun toga. U ovom radu opisani su postupci i tehnike vraćanja izbrisanih dokumenata. Treba naglasiti da dokument koji je jednom bio pohranjen na HDD-u i namjerno ili slučajno izbrisan, isti nikada nije trajno izbrisan. Primjenom određenih alata i tehnika mi smo u mogućnosti da vratimo izbrisane dokumente.*

Ključne riječi - *pretraživanje, oporavak, brisanje, dokumenti, podaci*

Abstract - *Loss of important data can be a major problem for the organization in which it occurred. Data integrity can be compromised in a variety of ways. By damaging a file that contained certain data, deleting a table or more in a database. "Attackers" are very often people who have a personal interest in the organization, whether they used to work in the same or work in a competing organization and want to disrupt the business of the organization itself. In addition to business, attackers very often want to use confidential information to gain their own earnings at the expense of that. This paper describes the procedures and techniques for recovering deleted documents. It should be noted that a document that was once stored on the HDD and intentionally or accidentally deleted is never permanently deleted. By applying certain tools and techniques we are able to recover deleted documents.*

Key Words - *search, recover, delete, documents, data*

1. UVOD

Da bismo shvatili kako radi oporavak obrisanih direktorija na računarima potrebno je prvo da shvatimo kako se oni pohranjuju na računaru. Možemo zamisliti da na jednoj strani imamo naš HDD ili SSD, dok na drugoj strani imamo naš operativni sistem koji upravlja našim računarom. Kada smo u operativnom i kreiramo neki dokument operativni sistem pronalazi klaster koji je dovoljno veliki da primi naš dokument. Zatim operativni sistem sebi kreira pokazivač na naš dokument, pokazivač je u suštini ikonica koju vidimo dok koristimo računar (npr. ikonica za *.png sliku i sl.).

Međutim šta se desi kada obrišemo naš fajl bilo trajno ili ga prebacimo u Recycle Bin i kako te fajlove vratiti na ponovno korištenje? Odgovor na to pitanje leži u ponašanju samog sistema jer kada mi obrišemo neki fajl naš sistem u osnovi taj fajl ne briše sa diska, nego upravo briše pokazivač koji pokazuje na taj fajl i u tome trenutku je on za operativni sistem obrisan, međutim u stvarnosti baš i nije. Naime svi podaci koji su bili zapisani, ostaju na svome mjestu samo ih operativni sistem ne vidi i u trenutku kada dođe do manjka prostora operativni sistem će nove podatke prepisati preko starih i u tome trenutku stari fajlovi su zauvijek izgubljeni. Dakle, možemo zaključiti da pokazivač u suštini štiti podatke od ponovnog pisanja preko njih.

Do gubitka podataka može doći iz raznih razloga, a neki od najčešći su:

- ljudski faktor (nepažnja prilikom rukovanja računarom),
- pad operativnog sistema,
- maliciozni softveri (virus, malware, itd.).

2. ALGORITMI PRETRAGE I OPORAVKA DIREKTORIJA

Prilikom traženja i oporavka direktorija se koriste dva najpoznatija algoritma:

1. *Undelete algoritam*

2. *Algoritam pretraživanja preko digitalnog potpisa fajla*

2.1. Undelete algoritam

Undelete algoritam je jedan od najstarijih algoritama koji radi na principu da skenira sistem na fajlove koji su "recoverable" (oporavljivi). Ovaj algoritam iako je stariji je u nekim okolnostima korisniji od puno sofisticiranijeg algoritma preko digitalnog potpisa jer ne postoji ograničenje u pogledu fragmentacije diska. Dakle ovaj algoritam nema problema s tim ukoliko je disk formatiran. Međutim ova metoda radi samo u slučaju ukoliko je prisutna tabela informacija o fajlovima, odnosno ako disk nije fizički oštećen ili ukoliko nije formatiran.

2.2. ALGORITAM PRETRAŽIVANJA PREKO DIGITALNOG POTPISA FAJLA

Ovaj algoritam je sličan algoritmu na kojem rade antivirusni programi, dakle skenira cijele direktorije u potrazi za potpisom koji detaljno opisuje stanje, odnosno jedinstveno indetifikuje sami fajl, primjer jednog takvog potpisa je "%PDF-" za Adobe PDF fajlove. [1]

Nakon što algoritam pronađe fajl, odnosno njegov početak, dolazi u fazu računanja dužine fajla koji zavisi od njegovog tipa. Neki fajlovi sadrže informaciju o dužini u headeru, dok kod nekih fajlova algoritam mora proći sve podsektore u cilju lociranja kraja fajla, dok kod .html ili .txt fajlova kraj se određuje na osnovu simbola koji nisu ASCII vrijednosti. Međutim sami algoritam ne može previše učiniti ukoliko su naši podaci prepisani s drugim podacima i u najboljem slučaju moguće je samo djelomično povratiti sadržaj podataka. Također, kada je riječ o velikim fajlovima, ukoliko nije rađena redovita defragmentacija diska, ovi se fajlovi spremaju u fragmentima širom diska i u tom slučaju nije moguće, ovim algoritmom, spasiti određeni fajl.

[1] www.hetmanrecovery.com/recovery_news/recovering-information-with-signature-search.htm (pristupano, 16.02.2021.)

3. OPORAVAK PODATAKA NAKON PADA BIOS-A

Ponekad nam se može desiti da dođe do pada BIOS-a, odnosno da prilikom paljenja računara dođe do zamrzavanja procesa paljenja i da nam računar izbaci grešku da je došlo do pada BIOS-a. Obično ta greška glasi: "Disk boot failure, please insert system disk and press enter". Ova greška se može pojaviti iz više razloga ali najčešći razlozi su u hardverskom pogledu. Dakle ukoliko smo stavili novi hardvere u naš računar a koji nije kompatibilan sa računarom može doći do pada BIOS-a Jedan od mogućnosti popravka sistema je i da izvadimo CMOS bateriju na nekoliko minuta, a zatim je ponovo vratimo u računar.

Nakon što uspijemo riješiti probleme sa BIOS-om, moguće je da će doći do nemogućnosti pristupa samom sistemu, međutim Windows operativni sistemi imaju poseban mehanizam za rješavanje ovog problema.
Na početku potrebno je da vodimo računa o sljedećim stvarima:

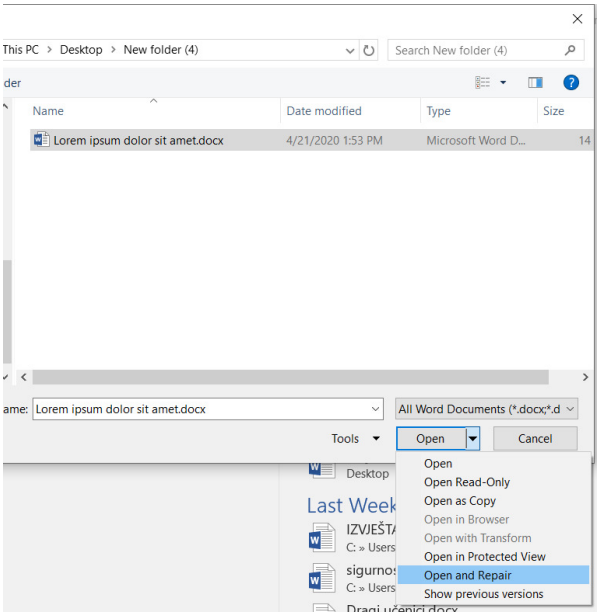
- Trebamo imati barem 9GB prostora na particiji na kojoj je instaliran Windows (C:\).
- Mediji koji koristimo mora biti bootabilan i ista licenca (Pro, Home …) mora biti kao na prethodnom sistemu.
- Moramo podesiti isti jezik (ovaj korak je vrlo važan za oporavak podataka).
- Moramo odabrati istu arhitekturu (32-bit ili 64-bit).

Potrebno je da ubacimo disk sa bootabilnim sistemom i da pokrenemo sistem sa tog diska i nakon što odaberemo opciju Repair My PC Windows će izvršiti popravku sistema bez gubitka podataka. Nakon toga je potrebno izvaditi bootabilan mediji i sistem će se pokrenuti sa HDD-a. U slučaju da sistem ne prepozna sam da je došlo do promjene možemo u postavkama BIOS-a promijenit lokaciju sa koje se podiže sistem.

4. OPORAVAK NAKON FATALNE GREŠKE KOD .DOCX ILI .DOC DOKUMENATA

Često se dešava da prilikom prijenosa sa jednog računara na drugi dođe do oštećenja fajlova .docx i .doc formata. Postoji nekoliko metoda kako vratiti sadržaj tih fajlova, a najlakša metoda je korištenjem softvera namjenjenjenih u tu svrhu poput

"Recoverytoolbox" koji ima opciju cloud oporavka ili lokalnog u zavisnosti šta nam odgovara.

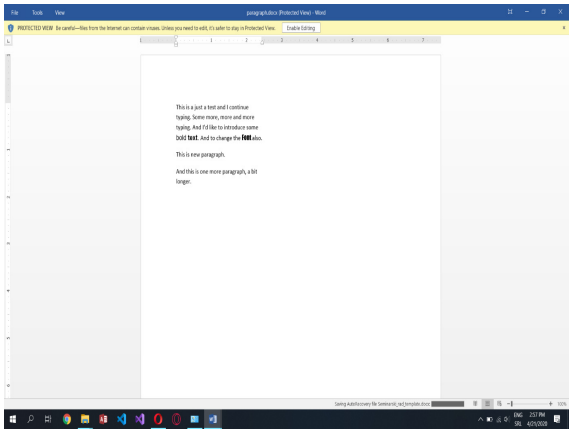


Slika 1. Open and Repair funkcija

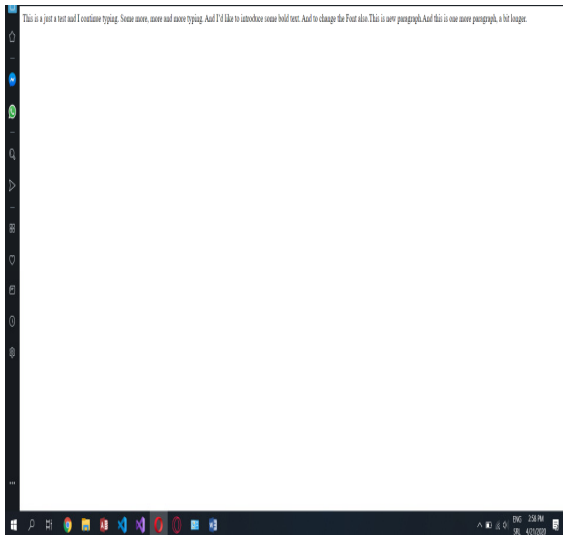
Ova funkcija Word-a ponekad neće raditi te je potrebno koristiti poseban program koji je namijenjen tom oporavku. Svaki .docx file je zapisan kao serija .xml fajlova, odnosno .docx je .zip arhiva .xml fajlova.[2] To znači da za svaku komponentu teksta imamo odgovarajući .xml file pa tako npr. za obični tekst bez stiliziranja odgovarajući .xml file je document.xml, za stilove je styles.xml itd. Ovo nam je naročito korisno ukoliko je došlo do oštećenja .docx fajla, a način na koji možemo spasiti bar dio teksta je sljedeći:

1. Promijenimo ekstenziju našeg fajla u .zip
2. Raspakujemo naš fajl
3. Potražimo folder "word" i uđemo u njega
4. Preimenujemo fajl "document.xml" u "document.html"
5. Otvorimo fajl sa Internet browserom

[2] https://www.toptal.com/xml/an-informal-introduction-to-docx (pristupano, 16.02.2021.)



Slika 2. Izvorni Word dokument



Slika 3. Word dokument otvoren u Internet browseru

5. OPORAVAK DIREKTORIJA SA KRIPTOVANIH DISKOVA

Postoji više algoritama za kriptiranje podataka koji se razlikuju u raznim poljima, od sigurnosti do mogućnosti oporavka enkriptovanih fajlova.

5.1. AES

Ovom vrstom enkripcije podataka upravlja kontroler samog hard diska, dakle enkripcija se vrši na nižim nivoima funkcionisanja uređaja i kao takva u pravilu ne oduzima previše resursa CPU ili RAM-a. Jedini pad performansi može biti u smislu brzine čitanja ili pisanja podataka sa ili na disk. U osnovi ova enkripcija vrši kodiranje podataka pri pisanju na hard disk i kao takve ih smješta u pohranu. AES enkripcija je implementirana na način da ukoliko dođe do premještanja HDD-a u

drugi računar ili njegovog uključivanja, da od korisnika traži unos šifre za otključavanje samog uređaja.

Sa stajališta operativnog sistema pristup enkriptovanim podacima se ništa bitno ne razlikuje od pristupa podacima koji nisu enkriptovani upravo zbog toga što se dekripcija vrši na nižim nivoima kojima ne upravlja operativni sistem. Dakle, oporavak ovako enkriptovanih podataka se ništa bitno ne razlikuje od oporavka podataka koji nisu zaštićeni, osim u slučaju kada naš HDD priključimo na drugi računar preko kojeg želimo vršiti opravak.

5.2. BIT LOCKER

Bit Locker je tip enkripcije koji radi na većem nivou za razliku od AES-a jer njime upravlja operativni sistem. Obično je Bit locker integriran unutar Windows 7, 8, 10, a vrši enkripciju cijele sistemske particije (npr. C:\) uključujući sve sistemske fajlove, međutim sistem ostavi mali dio neekriptovan da bi se sami sistem mogao boot-ali jer u protivno ne bi bilo moguće pokretanje sistema. Kao što je već rečeno Bit Locker radi na većem nivou, dakle za svoj rad ne koristi hardver nego njime upravlja CPU i RAM što logičnim slijedom događaja dovodi do toga da performanse samog sistema opadaju više nego kada je riječ o AES enkripciji.

Za razliku od AES enkripcije oporavak fajlova enkriptovani Bit Lockerom ponekad zna prouzrokovati probleme koje je moguće riješiti nekim softverskim rješenjima koja su za to sposobna. Neki softveri će početi čitati podatke kroz blokove fajlova koji predstavljaju tehnologiju kojom se spremaju fajlovi i kroz nju čitati podatke umjesto kroz Windows-ov API za pristup fajlovima, što može rezultirati da dođe do čitanja sirovih enkriptovanih podataka umjesto čitanja već dektriptovanih podataka.[3]

5. ZAKLJUČAK

U današnje vrijeme javlja se porast broja zločina počinjenih upotrebom računara. Razvoj tehnologije je s jedne strane olakšao mnoge poslove i riješio različite probleme, no s druge strane ta ista tehnologija se može koristiti u zločinačke svrhe. Više nije pitanje hoće li netko postati žrtvom zlouporabe računara već kada će to postati. Stoga je neizmjerno važno da forenzički stručnjaci i provoditelji zakona postupaju s digitalnim dokazima s pažnjom te ih analiziraju i predstave temeljito i transparentno. U postupku forenzičke istrage koriste se mnogi računalni alati i uređaji koji pomažu istraživateljima u očuvanju, pretraživanju i analizi digitalnih dokaza.

Računalna forenzika važno je područje forenzičke nauke ne samo zbog hvatanja i osude cyber-kriminalaca, već i ubica te drugih zakonskih prijestupnika. Računalni sigurnosni incidenti su postali svakodnevica i neizbježni su. Kako bi se otkrili krivci iza incidenata potrebno nužno je upotrijebiti tehnike računalne forenzike. Osim u rješavanju slučajeva u kojima su kriminalci iskoristili slabosti računara, računalnih programa i mreža, računalni forenzičari koriste svoja znanja u praćenju i otkrivanju različitih kriminalaca i ubica. Čini se kako budućnost rješavanja kriminalnih slučajeva leži upravo u računalnoj forenzici i sličnim metodama otkrivanja informacija o kriminalu.

LITERATURA

[1] Dragičević, D. Kompjutorski kriminalitet i informacijski sustavi. Zagreb. Informer. 1999.

[2] Grubor, G., Milosavljević, M. Digitalna forenzika računarskog sistema. Beograd. Univerzitet Singidunum. 2009.

[3] Hadjina, N. Zaštita i sigurnost informacijskih sustava. Zagreb. Sveučilište u Zagrebu. Fakultet elektrotehnike i računarstva. 2009.

[4] Ćosić, J. Druga strana socijalnih mreža. CUC 2010 – CarNET korisnička konferencija. Split-Croatia. 2010.

[5] Bača, M., Ćosić, J. Prevencija računalnog kriminaliteta. Policija i sigurnost. 2013. Vol.22 No1.

[6] Bača, M., Ćosić, J. Računalna forenzika – široki aspekti primjene. Jahorina. INFOTEH. Vol.9.

[7] NCERT:Računalna forenzika; NCERT-PUBDOC-2010-05-301, Zagreb. 2010.

[8] http://zastita.info/hr/clanak/2009/10/dragan-primorac-split-i-hrvatska-postaju-centar-forenzickogsvijeta!,105,3494.html, časopis Zaštita, broj 6, 2009. (pristupano, 16.02.2021.)

[9] www.hetmanrecovery.com/recovery_news/recovering-information-with-signature-search.htm (pristupano,16.02.2021.)

[10] https://www.toptal.com/xml/an-informal-introduction-to-docx (pristupano, 16.02.2021.)

[11] https://recoverhdd.com/blog/recovering-encrypted-data.html (pristupano, 16.02.2021.)

[3] https://recoverhdd.com/blog/recovering-encrypted-data.html (pristupano, 16.02.2021.)

MODIFIKOVANI DVONIVOVSKI ALGORITAM ZA DETEKCIJU IVICA NA SATELITSKIM SLIKAMA

MODIFIED TWO-LEVEL EDGE DETECTION ALGORITHM ON SATELLITE IMAGES

Vukman Korać[1], Perica Štrbac[1], Miloš Pejanović[1]
ATUSS – Odsek Visoka škola elektrotehnike i računara[1]

Sadržaj – *Rad prikazuje modifikovani dvonivovski algoritam za detekciju ivica i njegovu primenu na satelitskim slikama. Dvonivovski algoritam za detekciju ivica je modifikovan dodavanjem ekvilizacije histograma u cilju boljeg podešavanja kontrasta na satelitskoj slici. Korišćene su javno dostupne satelitske slike sa 7 satelita. Model modifikovanog dvonivovskog algoritma za detekciju ivica je prikazan pomoću Nadgradenih Petri-mreža nakon čega je dati model transformisan u računarski program. Podmreža za modelovanje ekvilizacije histograma je data na niskom nivou apstrakcije. Dati su eksperimentalni rezultati primene kreiranog računarskog programa za modifikovani dvonivovski algoritam detekcije ivica nad odabranim skupom satelitskih slika. Prikazana je i komparativna analiza modifikovanog i nemodifikovanog dvonivovskog algoritma za detekciju ivica za različite satelitske slike.*

Abstract - *The paper presents a modified two-level algorithm for edge detection and its application on satellite images. The two-level edge detection algorithm has been modified by adding histogram equalization in order to better adjust the contrast in the satellite image. Publicly available satellite images from 7 satellites were used. The model of the modified two-level algorithm for edge detection was presented using Upgraded Petri nets, after which the given model was transformed into a computer program. The subnet for the histogram equalization model is given at a low level of abstraction. Experimental results of the application of the created computer program for a modified two-level edge detection algorithm over a selected set of satellite images are given. A comparative analysis of the modified and unmodified two-level algorithm for edge detection for different satellite images is also presented.*

DIGITALNA TRANSFORMACIJA U KOMPANIJAMA - USVAJANJE AR TEHNOLOGIJA IZ PERSPEKTIVE KOMPANIJA

DIGITAL TRANSFORMATION IN ORGANIZATIONS - ADOPTION OF AR TECHNOLOGY FROM THE PERSPECTIVE OF COMPANIES

Teodora Lukić[1], Marija Jović[2]
Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka[1]
Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka[2]

Sadržaj *- U današnjem, savremenom svetu, okruženi modernim društvom koje neverovatno brzo i dinamično napreduje na svim poljima, gotovo je nemoguće zamisliti uspešnu kompaniju koja ne prolazi, odnosno nije prošla kroz proces digitalizacije svog poslovanja. Digitalna transformacija u poslovanju predstavlja inkorporiranje digitalnih tehnologija u određene oblasti poslovanja kompanije. Jedna od najpopularnijih digitalnih tehnologija, koju prati neverovatna naklonost potrošača jeste tehnologija proširene realnosti.*

Ova tehnologija pruža mogućnost unapređenja okruženja, dodavanjem digitalnih i virtuelnih elemenata u stvaran svet, tokom celokupnog korisničkog iskustva. AR (AUGMENTED REALITY) tehnologije povezuju realno, fizičko okruženje sa virtuelnim objektima projektvanim preko mobilnih uređaja. Na taj način se poboljšava ptrošačko iskustvo i obezbeđuje neverovatan doživljaj korisniku. Nasuprot činjenici da tehnologije proširene realnosti izazivaju pozitivne reakcije iz perspektive korisnika, sa stanovišta kompanija one još uvek nisu dostigle očekivani nivo primene. Stoga, ovaj rad ima za cilj da identifikuje ključne faktore koji utiču na prihvatanje i usvajanje tehnologije proširene realnosti iz perspektive kompanija.

Namera o usvajanju I prihvatanju AR tehnologije u kompaniji, ne zavisi isključivo od karakteristika date tenologije, već se mora sagledati širi kontekst u pogledu organizacionih, upravljačkih,finansijskih I ekoloških faktora. U skladu sa tim, polaznu osnovu predstavlja Model TOE - Tecnology, Organization, Environment koji istovremeno analizira kako tehnološke kompetencije, tako i organizacioni aspekt, uz razmatranje posvećenosti rukovodioca, specifičnih znanja, sposobnosti i veština menadžera i finansijskih mogućnosti kompanije. Ispitivanjem ovog modela utvrdiće se relacija između različitih faktora usvajanja i namere prihvatanja tehnlogije proširene realnosti, čime se inicira potreba za definisanjem budućih strateških pravaca za kreiranje vrednosti kroz AR tehnologiju.

Zaključci izneti u ovom radu su od ključnog značaja za prihvatanje i usvajanje tehnlogije proširene realnosti u kompanijama. Takodje, ovaj rad predstavlja odličnu teorijsku osnovu za buduća istraživanja u ovoj oblasti.

Ključne reči : *proširena realnost, digitalizacija, TOE model*

PRIMENA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE U E-UPRAVI
THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN E-GOVERNMENT

Aleksandra Vukmirović[1], Jovanka Vukmirović[2], Milica Branković[1], Ana Zekavica[1]
Beogradska akademija poslovnih i umetničkih strukovnih studija[1]
Fakultet organizacionih nauka Univerzitet u Beogradu[2]

Sadržaj *– Sektor vlade i svih vladinih institucija predstavlja složeni sistem koji uključuje mnogobrojne procese i segmente koji imaju potrebu da međusobno kolaboriraju. Integracija svih tih procesa i njihova interoperabilnost predstavlja najveći izazov za e-upravu jedne države.*
U ovom radu su prikazane prednosti i mane uvođenja veštačke inteligencije u procese e-uprave.

Abstract *- The government sector and all government institutions are a complex system that includes many processes and segments that need to collaborate with each other. The integration of all these processes and their interoperability is the biggest challenge for the e-government of a country.*
This paper presents the advantages and disadvantages of introducing artificial intelligence into e-government processes.

1. UVOD

Uvođenjem novih tehnologija u vidu automatizacije procesa i samostalnog odlučivanja uz podršku veštačke inteligencije dovodi do revolucionarnog napretka e-uprave.

Po podacima istraživanja koje su sprovele Ujedinjene nacije u 2018. godini sve je više država na globalnom nivou koje pružaju online usluge svojim građanima. Najčešće korišćene usluge su plaćanje računa, podnošenje poreskih prijava i registracija privrednih društava. [1]

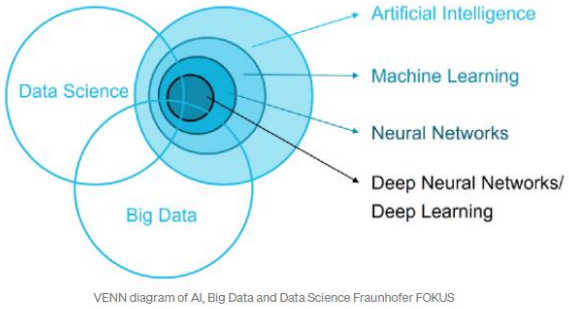
Uvođenju veštačke inteligencije u e-pravu prethodio je razvoj *cloud computing* i IoT (*interent of things*) tehnologija i napredne analitike koju one podrazumevaju. Neke države uvidele su potencijal uvođenja automatizacije procesa jos 2019. godine. Npr. Australija je bila jedna od prvih država na svetu koja je počela da koristi naprednu analitiku podataka, mašinsko učenje i veštačku inteligenciju u cilju predviđanja i sprečavanja nepravilnosti u plaćanju poreskih obaveza. [2]

Estonija je jedna od država sa najnaprednijom e-upravom na svetu. Najmanje 99% celokupnih javnih usluga obavlja se online, a servisi javne uprave dostupni su 24 časa dnevno 365 dana u godini. Takođe, skoro trećina građana glasa na izborima online putem, a praktično se samo veliki životni događaji poput venčanja obavljaju uživo. [3]

2. VEŠTAČKA INTELIGENCIJA

Veštačka inteligencija predstavlja sposobnost računara ili računarski kontorolisanog robota da izvršava zadatke. Ipak, uprkos kontinuiranom napretku u brzini računarske obrade i kapacitetu memorije, još uvek nema programa koji mogu da se podudaraju sa ljudskom fleksibilnošću u širim domenima ili u zadacima koji zahtevaju mnogo svakodnevnog znanja. S druge strane, neki programi postigli su nivo performansi ljudskih stručnjaka i profesionalaca u obavljanju određenih zadataka, tako da se veštačka inteligencija u ovom ograničenom smislu nalazi u tako raznolikim aplikacijama kao što su medicinska dijagnostika, računarski pretraživači i prepoznavanje glasa ili rukopisa. [4]

Veštačka inteligencija je oblast koja se nalazi u preseku tehnologija kao što su *Big Data*, nauka o podacima (*Data sciences*), mašinsko učenje, duboko učenje i duboke neuronske mreže (*Deep Neural Networsk*) [5]



Slika 1. Grafički prikaz preseka veštačke inteligencije i drugih naučnih oblasti [6]

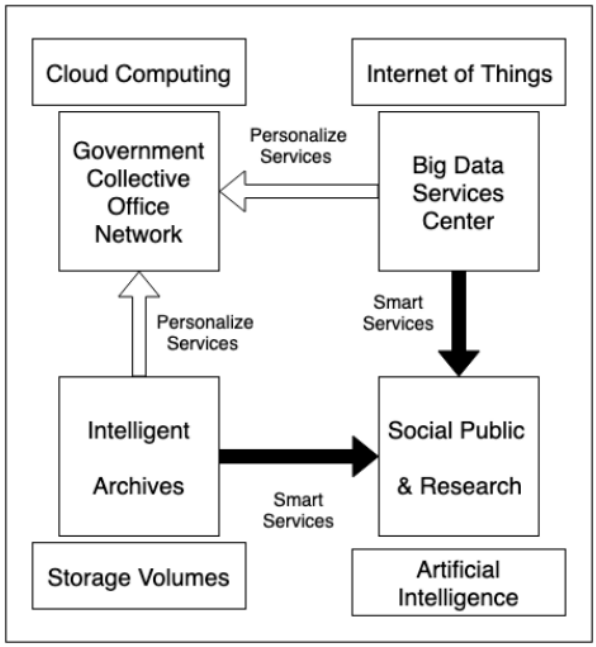
Postoji veliki dijapazon definicija koji se odnose na veštačku inteligenciju. Za potrebe ovog rada, pod terminom veštačke inteligencije podrazumevaćemo sistem koji je razvijan sa ciljem da ima sposobnost rasuđivanja, otkrivanja značenja, uopštavanja ili učenja iz prethodnih iskustava. [7]

Prednosti veštačke inteligencije su mnogobrojne i predstavljaju povećanu efikasnost i tačnost informacija. Skalabilna efikasnost veštačke inteligencije podrazumeva da sistem može izvršiti i najjednostavnije taskove, kao i najkompleksnije nebrojeno mnogo puta bez umaranja i bez povećanja procenta greške. Npr. Google *DeepMind* softver može može dijagnostikovati stanja jednako precizno kao i najbolji svetski oftamolozi.

3. VEŠTAČKA INTELIGENCIJA U E-UPRAVI

S obzirom na količnu podataka kojom vlada jedne države raspolaže i koje svakodnevno prikuplja, kao i na osnovu razvoja tehnologije koja je doprinela da se ti podaci skladište, obrađuju i analiziraju u približno realnom vremenu (Big Data koncept), sve je veće potreba e-uprave za uvođenjem veštačke inteligencije u sistem poslovanja.

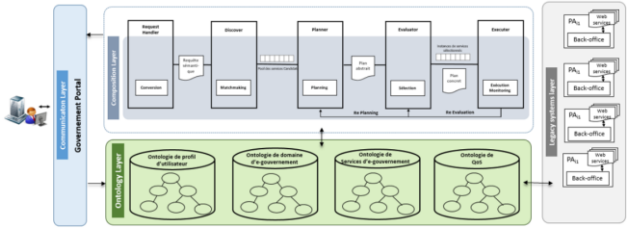
Na slici 2 prikazana je opšta arhitektura platforme elektronske vlade koja se bazira na savremenim IKT konceptima: Veštačkoj inteligenciji, Big Data, IoT i Cloud Computing-u. [6]



Slika 2. Pregled arhitekture za centralizovani okvir za upravljanje informacijama u e-upravi

Generalno, osnovni preduslov za razvoj servisa elektronske vlade (uprave) predstavja uspostavljanje odgovarajuće infrastrukturne platforme.

Na slici 3 dat je prikaz jedne arhitekture na visokom nivou. [8]



Slika 3. Arhitektura visokog nivoa predloženog pristupa

Organizovan je u četvoroslojnoj arhitekturi koja prati životni ciklus usluge od zahteva do isporuke:

Nasleđeni sistemski sloj: sadrži zastarele aplikacije dostupne u svakoj od javnih uprava uključenih u sistem.

Sloj ontologija:
(a) Ontologija domena e-uprave koja sadrži tipovi domena, koncepte i odnose među njima (može se naći potpuna primena naše ontologije domena e-uprave
(b) Ontologija servisa e-uprave igra ulogu UDDI (*Universal Description, Discovery, and Integration*) tj. univerzalnog registra sa proširenim funkcionalnostima koje omogućavaju čuvanje bogatog semantičkog opisa veb usluga uključenih u PA (*personal assistant*) usluge.
(c) QoS ontologije određuju zajedničko znanje i rečnike o kvalitetu svojstava usluga i njihov odnos s obzirom na semantičke usluge.
(d) Onotlogije profila korisnika uključuje koncepte i svojstva koja se koriste za modeliranje korisničkih preferencija i dodatnih informacija i omogućuje personalizovan proces isporučenih usluga.

Kompozicioni sloj predstavlja suštinsku komponentu predložene arhitekture koja pruža potrebne funkcionalnosti kao što su otkrivanje, kompozicija i izvršavanje usluga. Sastoji se od skupa inteligentnih agenata koji su sposobni za interakciju i saradnju kako bi automatski sagradili plan kompozicije. Proces kompozicije prikazan je u četiri faze: analiza, planiranje, evaluacija i realizacija.

Sloj komunikacije je korisnički interfejs koji upravlja interakcijom između korisnika i sistema. Ovaj sloj osigurava integraciju *front office*-a predlažući jedinstvenu pristupnu tačku uslugama e-Uprave koja integriše i objedinjuje bilo koji drugi pristupni kanal tim uslugama. [8]

4. E-UPRAVA U SRBIJI I POTENCIJAL ZA UVOĐENJE KONCEPTA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE

Prema rezultatima istraživanja Republičkog zavoda za statistiku evididentan je potencijal za dalji razvoj servisa elektronske uprave u pravcu implementacije koncepata vešačke inteligencije.

Istraživanje pokazuje da 37,0% internet populacije koristi internet usluge umesto da ostvaruje lične kontakte ili da posećuje javne ustanove ili organe administracije, dok preko 1.415.000 lica koristi veb-sajt/aplikaciju javne uprave za dobijanje informacija. [9]

Najčešće korišćene usluge e-Uprave su dobijanje informacija sa veb sajta institucije (34%), preuzimanje dokumenata (*download*) (25,2%) i slanje popunjenih obrazaca (23,9%). [9]

Vlada Republike Srbije je krajem 2019 godine, prva u regionu, donela Strategiju razvoja veštačke inteligencije u Republici Srbiji za period 2020–2025. čiji je cilj upotreba veštačke inteligencije u funkciji ekonomskog rasta, zapošljavanja, razvoja poslova budućnosti i kvalitetnijeg života. Strategija je usklađena sa Evropskom inicijativom o veštačkoj inteligenciji. Strategija podrazumeva i donošenje regulativa o zaštiti podataka o ličnosti. [10]

Strategiju prati i Akcioni plan za primenu stragtegija razvoja veštačke inteligencije u e-Upravi. Akcioni plan sadrži opšte i posebne ciljeve predviđene strategiom. Posebni ciljevi su: razvoj obrazovanja usmeren ka potrebama savremenog društva i privrede uslovljenim napretkom veštačke inteligencije, razvoj nauke i inovacija u oblasti veštačke inteligencije i njenih primena, razvoj

ekonomije zasnovane na veštačkoj inteligenciji, unapređenje infrastrukture za razvoj veštačke inteligencije u javnoj upravi i etična i bezbedna primena veštačke inteligencije. [11]

5. ZAKLJUČAK

Bez obzira na ogroman potencijal i prednosti koje koje donosi razvoj veštačke inteligencije može se zaključiti da je veštačka inteligencija u infrantilnoj fazi razvoja. Razvoj novih tehnologija i rešenja prate evidentni nedostaci i nedoumicice, koje se pre svega odražavaju u ankisoznosti šire populacije (subjektivni domen) i objektivno zbog pristustva određenih vrsta pristrasnosti (eng. Bias) koje su još uvek pristustne, generalno u svim vrstama automatizovanog učenja i donošenja odluka.

Naravno, progres se ne može zaustaviti, ni u jednom domenu, pa ni u razvoju novih tehnolgija i veštačke inteligencije i njenoj primeni, u svim oblastima, tako i poslovima elektronske uprave. U Republici Srbiji, postoji dobro uspostavljen pravno-strateški okvir i akcioni plan za uvđenje novih i podizanje standarda i kvaliteta postojećih servisa.

Primena aplikacija e-uprave (zasnovanih na veštačkoj inteligenciji) može podstaći nekoliko drugih prednosti, uključujući, ali ne ograničavajući se na sledeće [6]:

• Transparentnost: aplikacije i medijse objave e-uprave prodajna doprinose vladinoj transparentnost svoje politike i tekućih projekata koji omogućavaju lakši pristup najnovijim vestima i obaveštenjima.
• Poverenje: obezbeđivanje pristupa uslugama i informacijama putem transparentnih i jednostavnih za upotrebu tehnologija doprinose povećanju poverenja između građana i vlada.
• Učešće građana: prijave e-Uprave mogu olakšati proces uključivanja građana u donošenje odluka, a učešćem u anketama građani mogu da odražavaju mišljenja i poboljšaju svoje učešće u izgradnji svoje budućnosti.
• Podrška okoline: Korišćenjem usluga e-Uprave dovodi do smanjenja količine utrošenog papira.

Primena e-Uprave suočava se i sa ozbiljnim izazovima:
• Poverenje: poverenje u online usluge u velikoj meri zavisi od nekoliko faktora, uključujući i poverenje građana u sam rad vladinih institucija, kvalitet mrežnih usluga i lično poverenje (npr. još uvek postoji veliki broj građana koji radije rade sa papirnim prijavama nego što koriste veb usluge).
• Nedostatak iskustva: primena visokokvalitetnih online usluga zahteva uspostavljanje pravog tima stručnjaka koji pokriva sve oblasti online rada, od funkcijonalnosti do bezbednosti i privatnosti.
• Dostupnost: Neke nerazvijene države se i dalje suočavaju sa izazovima dostupnosti internet usluga svim svojim građanima.
• Bezbednost: potrebne su najsavremenije mere bezbednosti da bi se obezbedile prijave e-uprave i građanske privatnost.

LITERATURA

[1] UN E-Government Survey 2018, Gearing E-Government to Support Transformation towards sustainable and resilient societies https://publicadministration.un.org/egovkb/en-us/Reports/UN-E-Government-Survey-2018

[2] Forbes „How Governments Use AI To Create Better Experiences For Citizens“, 2019.

[3] Kitsing, M. „Success Without Strategy: E-Government Development in Estonia”, Vol. 3, Iss. 1, 2011.

[4] Copeland, B.J.. "Artificial intelligence". Encyclopedia Britannica, 11 Aug. 2020, https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence. Accessed 18 February 2021.

[5] Lin, K. „Role of Data Science in Artificial Intelligence“, Toward Data Science, 2019.

[6] Al-Mushayt, O. S. „Automating E-Government Services With Artificial Intelligence“, IEEE Access, 2019.

[7] Kersting, K. „Machine Learning and Artificial Intelligence: Two Fellow Travelers on the Quest for Intelligent Behavior in Machines“, Big Data, 2018.

[8] Adadi, A., Berrada, M. & Akkad, N. „Artificial Intelligence based Composition for E-Government Services“, Third International Conference on Computing and Wireless Communication Systems, ICCWCS 2019, April 24-25, 2019, Faculty of Sciences, Ibn Tofaïl University -Kénitra- Morocco, 2019.

[9] „Upotreba informaciono-komunikacionih tehnologija u Republici Srbiji“, Republički zavod za statistiku,2020.

[10] Strategija razvoja veštačke inteligencije u Republici Srbiji za period 2020–2025. godine, Vlada Republike Srbije, 2019.

[11] Akcioni plan za period 2020–2022. godine za primenu Strategije razvoja veštačke inteligencije u Republici Srbiji za period 2020–2025.Službeni glasnik Republike Srbije, br. 81, 2020.

Synchronous and asynchronous Tasks in ASP.Net Core technology

Velibor Premčevski*, Aleksandar Jašić*, Branko Markoski*, Dragana Šević*, Aleksandar Sofić**
* University of Novi Sad, Technical Faculty "Mihajlo Pupin", Zrenjanin, Serbia
** University of Novi Sad, Faculty of Tehnical Sciences, Novi Sad, Serbia
aleksandar.jasic96@gmail.com, velibor.premcevski@tfzr.rs, markonins@yahoo.com, draganasevic@outlook.com
sofic.ftn@gmail.com

ASP.NET provides synchronous actions starting with .NET 4.5. Nowadays, asynchronous programming is a trendy subject that no one could just ignore or resist customizing. This paper explores what brings asynchronous task execution and how it compares to the good old synchronous approach we have used for years. Instead of giving only the assertions, examples (programs) of programs were created and their behavior was observed in predefined scenarios. The ASP.Net Core framework was used as the most current of Microsoft frameworks to realize examples. This approach aims to help us understand how ASP.NET Core handles requests (tasks) when it comes to thread management.

Keywords: synchronous, asynchronous, tasks, ASP.NET Core

I. INTRODUCTION

Asynchronous programming is inevitable today. Using a large number of devices applications must be ready for a large number of requirements and the goal is to achieve the best performance.

This is where asynchronously programming takes effect. The very concept of asynchronous programming has been around for a long time but it is almost it was a great challenge to write, read, and maintain the code itself.

Asynchronous programming allows you to write programs that do not block the operation or instruction, which means that the computer can interrupt other tasks before waiting to be complete previous tasks. As a result, asynchronous programming allows creating applications that are more scalable and acceptable. The paper describes the concept of asynchronous programming through the ASP.Net Core framework, as and comparison of the standard ASP.Net work framework with the new, improved ASP.Net Core.

The principle of asynchronous code execution and comparison is explained concerning synchronous execution. After expert research, it was explained to implement a practical example. The practical example aims to display the results preforms when loading an application that runs synchronous versus an application that runs asynchronous code. The realized example includes two sample applications, basic data, and research results after load tests and pressure tests conducted over the application.

II. CLIENT-SIDE STORAGE

Not so long ago, apps became faster simply by buying newer computers or servers after that this trend stopped. 1ghz mobile phones have appeared single-core ARM chips, and server workloads have been shifted to virtual machines. Users still want the appropriate interface, and business owners want servers that are scaled with their business. Switch to mobile devices and the cloud and an internet population of more than 3 trillion users resulted in a new set of software patterns. [9]

- Client applications are expected to be always available, always connected, and yes constantly respond to user actions (e.g. touch, mouse click),
- Services are expected to solve data traffic problems by increasing and
- By reducing the speed.

Asynchronous programming is a key technique that makes it easier to manage input blocking and outputs and simultaneous (frequent) operations on multiple cores. .Net provides the ability to applications and services will be fast and resilient using the asynchronous programming model on a language level that is easily used in C #, VB, and F #. [3]

Modern applications make extensive use of file and network inputs/outputs (hereinafter I/O). I/O (e.g. Database), API (Application Programming Interface) are usually blocked during a large number of requests, resulting in poor user experience and usability troubleshooting hardware, unless we opt for asynchronous programming with the help of challenging patterns. Asynchronous task-based APIs language-level asynchronous programming models solve this problem by making it asynchronous execution by one of the new concepts interesting to learn.

Asynchronous code characteristics:

- Processes multiple server requests by providing multiple threads to process multiple threads requests while waiting for I/O requests to be returned.

- Allows the user interface to be faster by providing the ability to thread no waiting for a response from time-consuming requests to I/O.

Whether you are developing applications for computers with one or more processors, you want to your app provides the best user interaction, even if the app currently does other work. Using multiple execution threads is one of the most powerful ways to customize the application to the user and at the same time use the processor in between or even during user events. With .NET it is possible to write applications that perform more operation simultaneously.

Operations with the potential to hold other operations can be run on separate threads. Applications that use multithreading are more responsive to user input because user attention remains high while CPU-intensive tasks are performed on separate threads in the background. Multithreading is also useful when creating extensible applications because you can add threads as they work the load increases.

NET Framework 4 introduced the concept of asynchronous programming called Task, and ASP.NET 4.5 supports Task. Tasks are represented by task type and related types in the namespace System.Threading.Tasks. .NET framework 4.5 is based on this asynchronous keyword support that waits and asynchronizes and acts working with Task objects is much less complex than previous asynchronous approaches. The key the word "await" is a syntactic abbreviation that means that part of the code is needed asynchronously wait for some other piece of code. The keyword async represents a hint that you can use to mark methods as asynchronous methods based on the task. The combination of await, async, and the Task object makes it easy to write asynchronous code in .NET 4.5. The new model of asynchronous methods is called the Task-based Asynchronous Pattern (TAP). [2]

On a .NET web server, the framework maintains a set of threads that are used for servicing ASP.NET requires. When the request arrives, the thread from the pool is sent to process that a request. If the request is processed synchronously, the thread processing the request is busy while processes the request so that the thread cannot service another request.

This may not be a problem, as the thread pool may be large enough to accommodate a lot of busy threads. However, the number of threads in the thread pool is limited (default the maximum for .NET 4.5 is 5,000). In large applications with high competition long-term requirements, all available threads can be occupied. This condition is also known as "Starvation" threads. When this state is reached, the webserver queries the requests. If the order requests become full, the webserver rejects requests with HTTP 503 status (Server Too Busy). A web application that uses synchronous methods to serve high latency requests, at why the thread pool grows to the .NET 4.5 default maximum of 5,000, nor will it occupy. In the case of synchronous request processing, the thread-pool creates a new thread for each request.

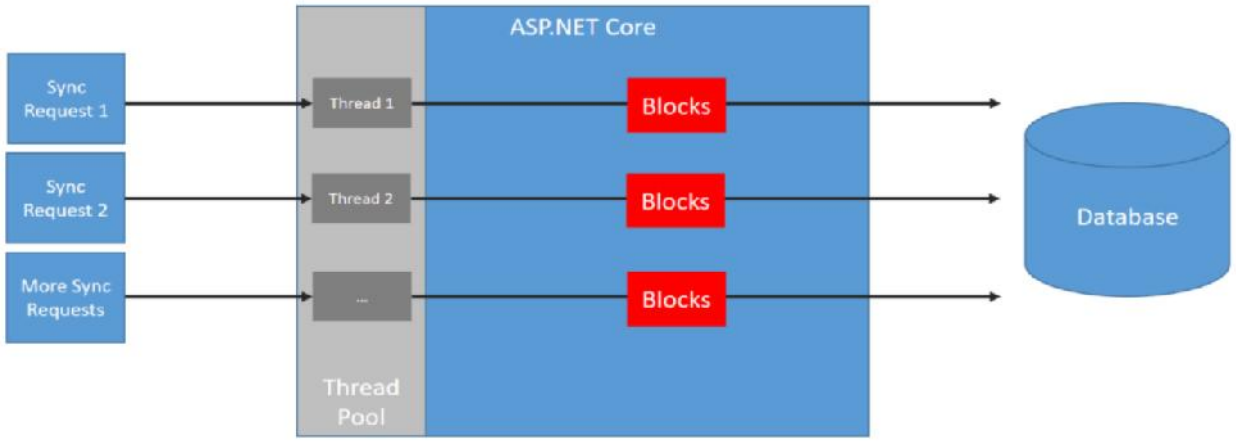


Figure 1. Thread pool in case of synchronous processing

From the image above we see that a thread has been created for each synchronous request. Nor are they "expensive" computer resources) thus our goal is to optimize the distribution of threads to tasks, i.e. server requests.

In the case of asynchronous request processing, when the request is sent to the server, the thread from the thread-pool serves the request (as in the case of synchronous request processing). If the code is created

asynchronous I / O request, the thread will be returned to the thread-pool at the beginning of the I / O request and will be usable for other requirements.

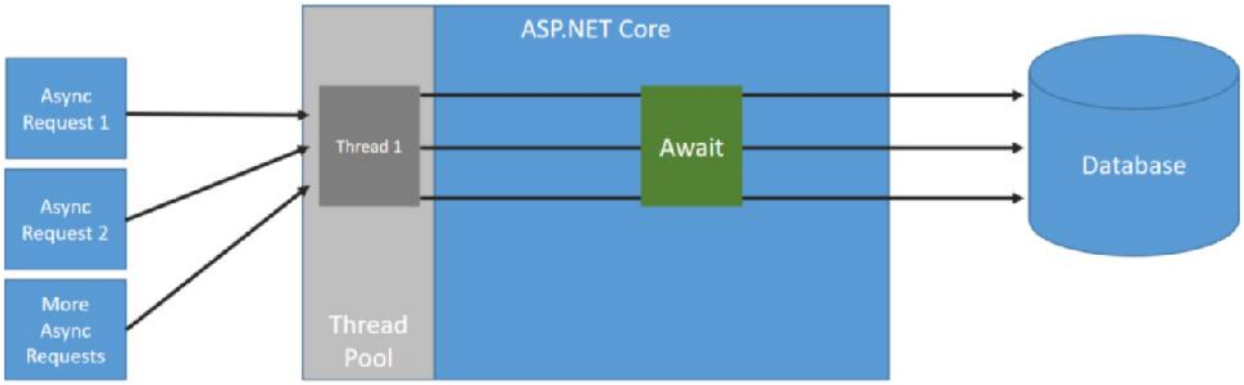


Figure 2. Thread pool in case of asynchronous request processing

Therefore, by creating asynchronous operations, we will allow our API to work more efficiently with ASP: NET Core thread pool. Theoretically, it should allow us to make better use of its resources, which we will try to prove below. approximately 5 GB more memory than an application that can serve the same requirements using asynchronous methods and only 50 threads. When doing an asynchronous task, do not always use a thread. For example, when you create an asynchronous web request, ASP.NET will not use any threads in between calls and waiting methods. Use thread pool for service requests with high latencies (delay) can lead to a large "trace (memory) of memory" and bad use of server hardware.

In web applications that see a large number of concurrent requests or have them when started heavy workload (where concurrency increases), by creating asynchronous web services the application response increases. An asynchronous request requires the same amount of time as a synchronous request. For example, if the request calls a web service that takes two seconds, the request takes two seconds whether it is done synchronously or asynchronously. However, during an asynchronous call, the thread is not blocked to respond to other requests while waiting to be the first to fulfill the request. Therefore, asynchronous requests prevent request queues and thread growth pool when many concurrent requirements call for long-term operations. [8]

When to use synchronous and when asynchronous methods

In essence, it is good to use synchronous methods in the following cases:

- The operation is simple or short in time
- Simplicity is more important than efficiency
- Operations that use a CPU (central processor unit) processor. By using asynchronous methods over CPU operations nothing is achieved and results in greater using hardware.

The benefits of the asynchronous method come to the fore in the following cases:

- Network-bound or I/O operations instead of CPU-bound.
- Parallelism is more important than code simplicity.
- When you want to enable a mechanism that allows the user to cancel requests which take a long time to execute.
- When the benefit of switching threads outweighs the cost of a context switch. In general, you should make the method asynchronous if the synchronous method blocks an ASP.NET thread requires it without working. By creating an asynchronous call, thread An ASP.NET call is not blocked and does not work while waiting for a web service request finish.
- Testing shows that blocking operations are a bottleneck in web performance applications and IIS (Internet Information Services) can serve multiple requests using asynchronous methods for blocked calls.

As a result of scientific research, this part of the paper presents experiences during the development, selection of technology for the development of demonstration applications. An illustration is given of the use of thread during asynchronous calls on a simple example of a web application.

An example is a web application whose main role is to display content and render pages to the user. Using IIS, when an ASP.Net application is hosted and responds to requests, a simple code synchronization model is that each request is assigned to a working thread (Worker) and it will retain that thread for the duration of the request. The thread is the construction of the operating system and as such takes up certain resources, in other words, they are not "free", and therefore we would like to need fewer threads, not more of them. There are no abstractions or operating systems in .Net, but to make the example clearer, we will equate these two things for demonstration purposes.

Before using async/await, it was possible to do the same thing but it was much more complex, you had to deal with code that would be full of callback operations and you had to manually forward all the references you want to access in those callback calls. It was possible to do

but with code that was very difficult to write, read, maintain, which very often led to errors.

When the .Net environment deals with await, the thread on which the call on hold occurred will be released. Then when the asynchronous job is completed, the thread will be returned to the request so that it can continue working.

To illustrate this, imagine that the image below (Figure 3) represents a web request. The blue parts are when working on the thread and the white parts are when the thread is waiting for an external source (e.g. database).

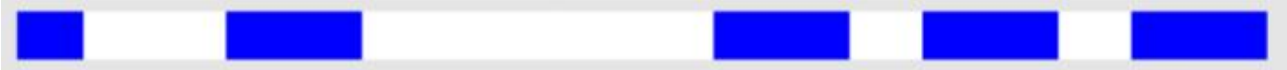


Figure 3. An illustration of the duration of a request over time

From the illustration, it is clear that for one request there will be a lot of time spent that the thread spends doing nothing (being in a blocked state). If we scale this model - one thread, one request. What is perhaps a little less easy to imagine, how many unnecessary threads would be created at any given moment if all the requirements were such. Figure 4.

To illustrate the above, we will place one request called several times at certain load intervals.

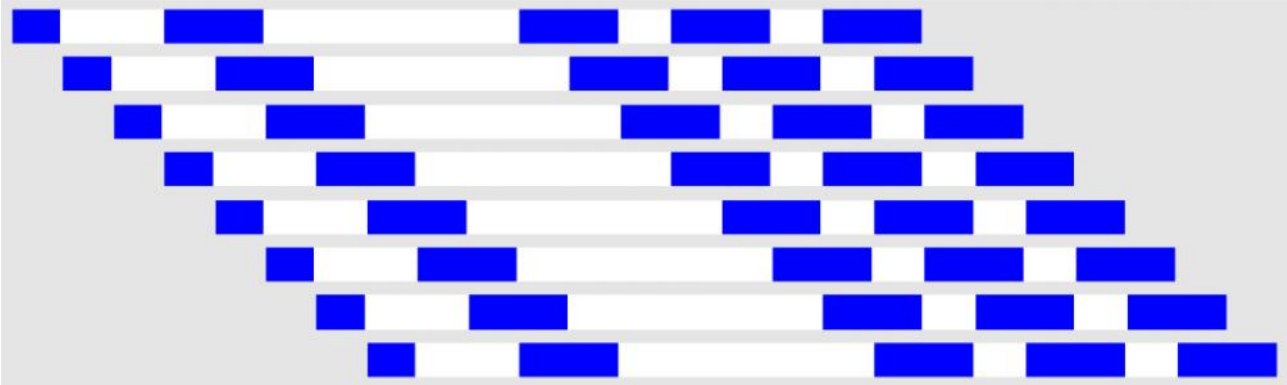


Figure 4. Illustration of the duration of multiple calls of the same request

In this case, too, blue represents the time when each request is actively working, and white represents the time while waiting for the response of the external resource. Gray represents the time before the request arrived on the server and the end time of the request.

With the standard principle, one thread - one request, we would use eight threads for most of the time, initially, only one thread would be active, and then another request would arrive that would create a new thread, and then a third request and neither would release until the first request is completed.

On the other hand, if we were to release a thread every time it waits for an external resource, then we would never need eight or simultaneously for the same eight requests because it makes no sense for eight requests to do the job at the same time.

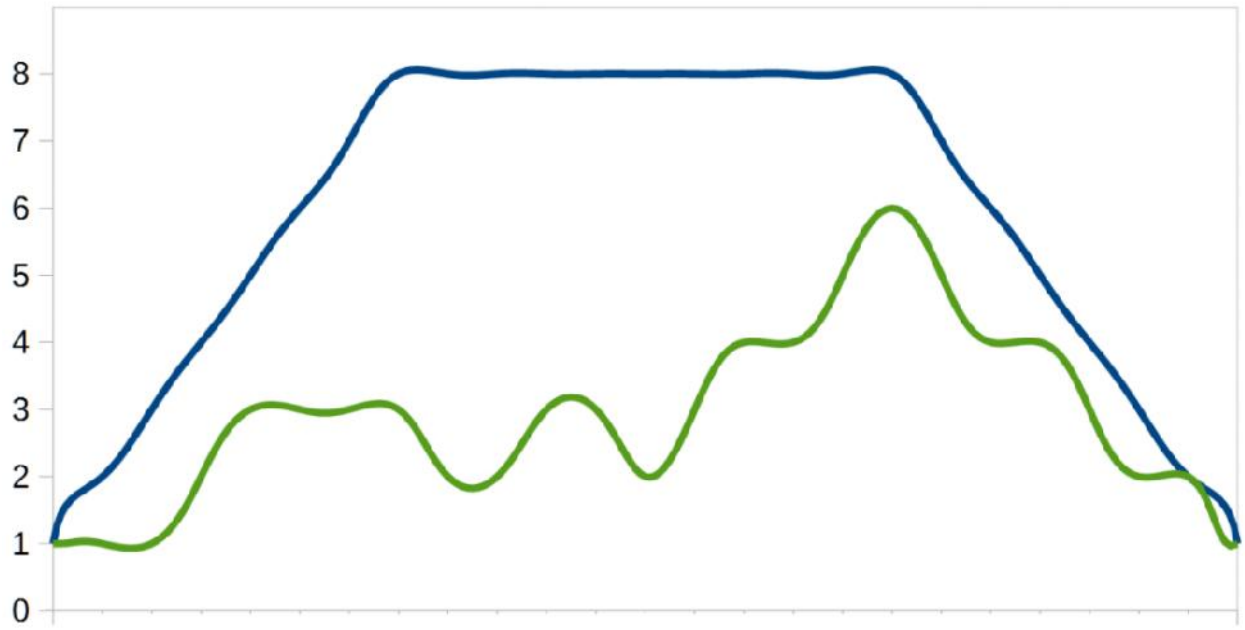


Figure 5. Demonstration of thread usage in asynchronous requests [7]

The blue line shows the number of active requests. If we have one thread per request, the blue line also shows how many threads are needed to execute the received requests.

The green line shows how many requests are working at any one time. If we can use the async / await model and only have web requests that take up threads while actively doing the job then the green line shows how many threads will be needed.

Using the "West Wind Web Surge" software tool, test scenarios were created using which we simulated the load over the application in two test cases.

The test parameters are the number of users accessing the application at the same time as the length test duration due to load over time and as relevant data as possible.

The test on the synchronous example was performed with the parameters: test duration 30 seconds, number of users 50.

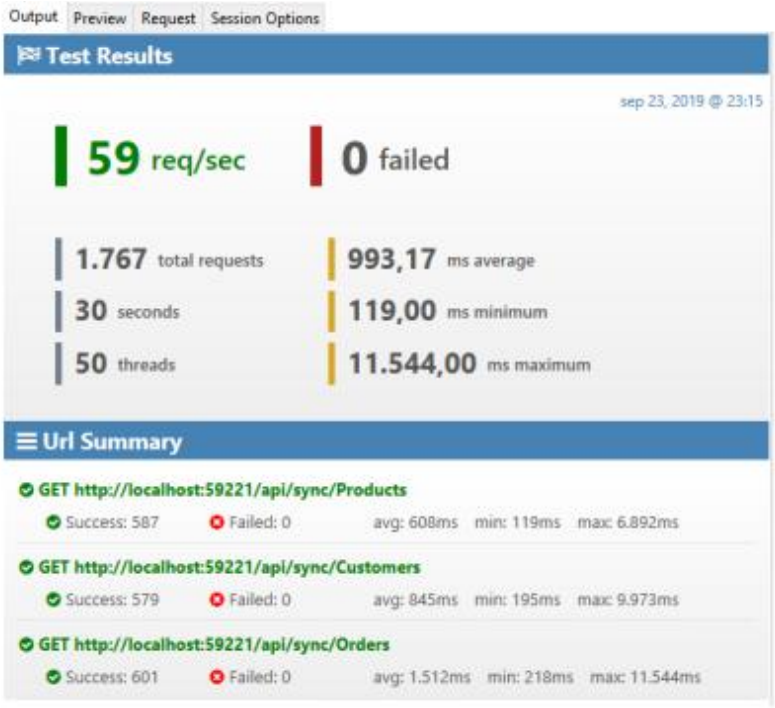


Figure 6. Test results (30 seconds 50 users synchronously)

From the results of the test with parameters: duration 30 seconds, 50 users, synchronous. We can conclude that all requests were successfully processed, the average duration of requests is 993.17ms and the number of requests per second is 59.

The test on the synchronous example was performed with the parameters: test duration 30 seconds, number of users 100.

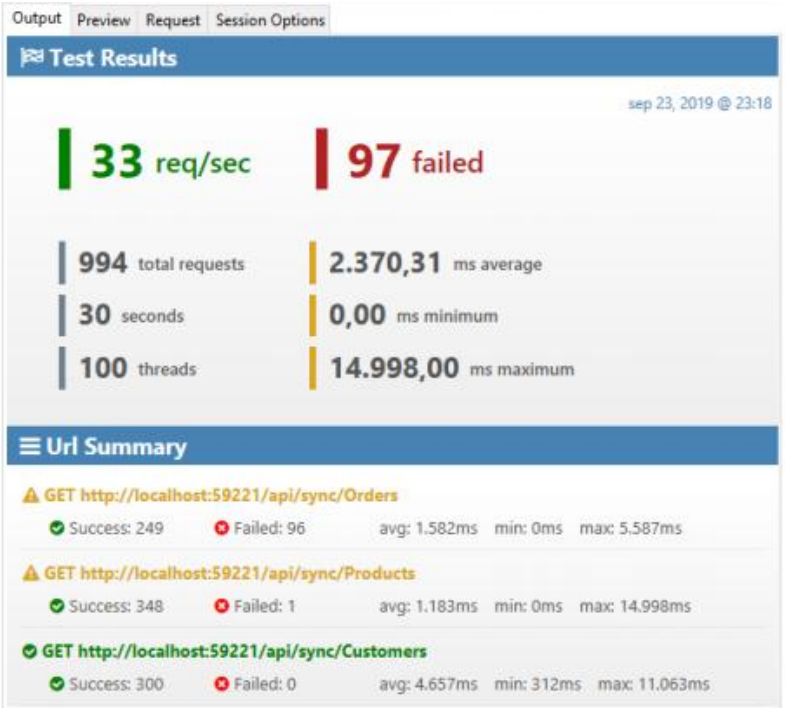


Figure 7. Test results (30 seconds 100 users synchronously)

From the results of the test with parameters: duration 30 seconds, 100 users, synchronous. As a result, we have 97 unsuccessfully processed requests, the average duration of requests is 2370.31ms and the number of requests per second is 33.

The test on the synchronous example was performed with the parameters: test duration 30 seconds, number of users 150.

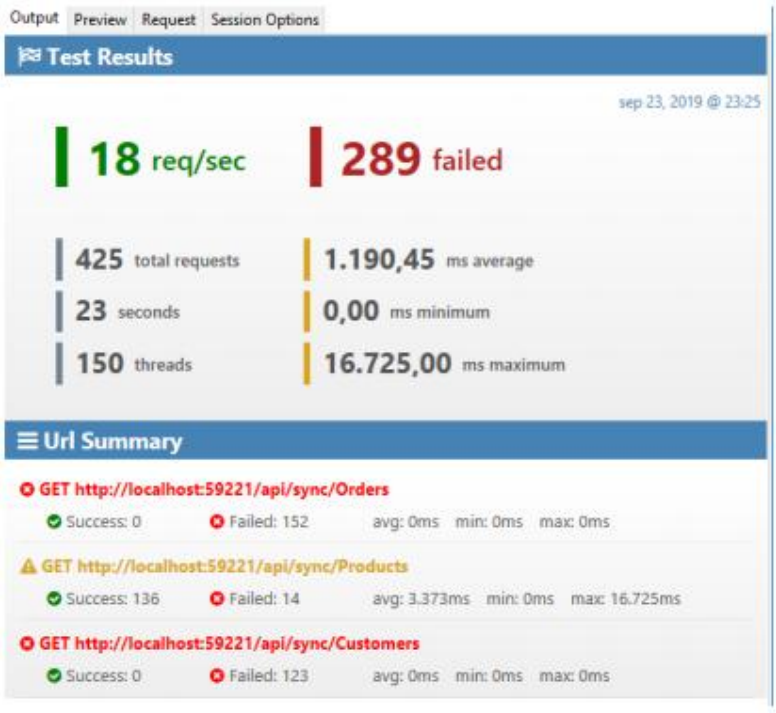


Figure 8. Test results (30 seconds 150 users synchronously)

From test results with parameters: duration 30 seconds, 150 users, synchronous. As a result, we have 289 unsuccessfully processed requests, the average duration of requests is 1,190.45ms and the number of requests per second is 18.

In the test case, three asynchronous APIs are called. For the set values: test duration 30 seconds and the number of users 50.

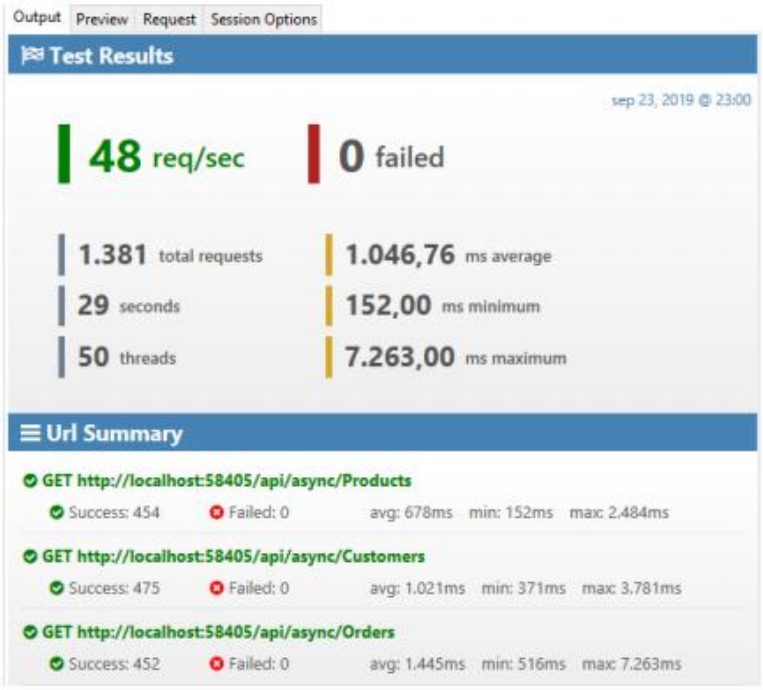


Figure 9. Test results (30 seconds 50 users asynchronous)

Based on the results of the test, with parameters: duration 30 seconds, 50 users, asynchronous. We can conclude that all requests have been successfully processed, the average request duration is 1,046ms and the number of requests per second is 48.

In the test case, three asynchronous APIs are called. For the set values: test duration 30 seconds and the number of users 100.

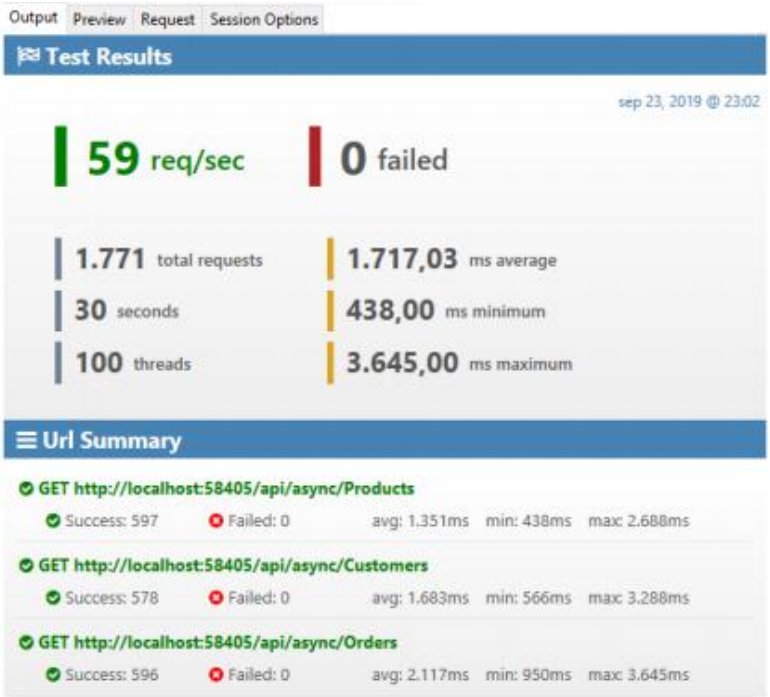


Figure 10. Test results (30 seconds 100 users asynchronous)

Based on test results, with parameters: duration 30 seconds, 100 users, asynchronous. We can conclude that all requests were successfully processed, the average duration of requests is 1,717.03ms and the number of requests per second is 59.

In the test case, three asynchronous APIs are called. For the set values: test duration 30 seconds and the number of users 150.

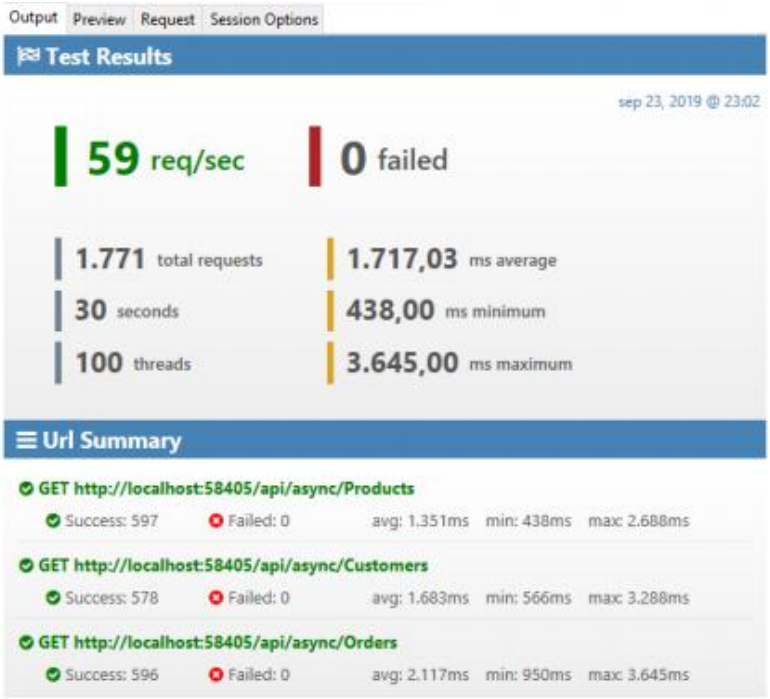


Figure 11. Test results (30 seconds 150 users asynchronous)

Based on test results, with parameters: duration 30 seconds, 150 users, asynchronous. We can conclude that all requests have been successfully processed, the average duration of requests is 3,081.39ms and the number of requests per second is 51.

III. Conclusion

We can conclude that the set hypothesis is confirmed by asynchronous execution tasks during application load were obtained on performance and throughput application code. By analyzing the results of the conducted tests, it was proven that asynchronous request execution manages to serve 150 competing requests while synchronous execution already during 100 competitive requests we notice shortcomings.

References

[1] Programming ASP.NET Core (Developer Reference) 1st Edition, Dino Esposito(Author), Microsoft Press; 1 edition (May 19, 2018), ISBN-13: 978-1509304417, ISBN-10: 150930441X

[2] Pro ASP.NET MVC 5, Adam Freeman, Apress, 2014 M02 28 - 832 pages, Apress, 2014.

[3] ASP.NET Core in Action 1st Edition, Andrew Lock (Author), Manning Publications; 1 edition (July 13, 2018), ISBN-10: 1617294616, ISBN-13: 978-1617294617

[4] Modern API Design with ASP.NET Core 2: Building Cross-Platform Back-End Systems, Fanie Reynders, March 7, 2018, ISBN: 1484235185

[5] ASP.NET Core Recipes: A Problem-Solution Approach 2nd ed. Edition, John Ciliberti (Author), Apress; 2nd ed. edition (September 13, 2017), ISBN-10: 9781484204283, ISBN-13: 978-1484204283

[6] https://websurge.west-wind.com/features.aspx

[7] https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/programming-guide/concepts/async/

[8] https://webpifeed.blob.core.windows.net/webpifeed/Partners/PDF-6-18-18.pdf

[9] https://devblogs.microsoft.com/dotnet/performance-improvements-in-net-core

Primena tehnike praćenja pokreta očiju u nastavi
Eye tracking technique implementation in the education process

Robert Pinter[1], Mikloš Pot[1], Sanja Maravić Čisar[1], Attila Kővári[2]
Visoka Tehnička Škola Strukovnih Study Subotica[1]
University of Dunaújváros, Hungary[2]

Sadržaj *– Praćenje očiju omogućava snimanje položaja i kretanja očiju na osnovu optičkog praćenja odraza svetla sa oka. Analiza podataka o pokretu i položaju oka omogućava određivanje načina na koji osoba obrađuje vizuelne informacije. Ako je proces prikupljanja podataka neprimetan i ne smeta učesniku, tada su podaci manje subjektivni, nego da su prikupljeni upitnikom. Tehnika praćenja pokreta očiju koristi se u istraživanjima raznih oblasti, kao što su medicina, marketing, obrazovanje, istraživanje upotrebljivosti, računarske igre itd. Ovaj rad prikazaje projekat koji ima cilj da se sistem za praćenje pokreta očiju implementira u nastavnom procesu na Visokoj tehničkoj školi strukovnih studija iz Subotice. Tokom studija na smeru Informatika, studenti imaju predmete u kojima samostalno dizajniraju i razvijaju softverske aplikacije (mobilne, veb i desktop), i izrađuju multimedijalne sadržaje, kao na primer flajere, postere i drugo. Uz pomoć uređaja za praćenje očiju, studenti mogu dobiti objektivne informacije o načinu kako drugi posmatraju ili koriste njihovu aplikaciju ili neki proizvod. Podaci o načinu pregleda, brzini ili redosledu biranja opcija na nekoj aplikaciji su u direktnoj vezi sa kvalitetom dizajna korisničkog interfejsa, odnosno upotrebljivosti aplikacije. Rezultati praćenja očiju mogu pomoći studentima da razviju kvalitetniju aplikaciju čiji dizajn ispunjava zahteve većine korisnika.*

Abstract *– The technique of eye tracking is used to record the position and movement of the eyes. This method calculates the position by tracking the reflection of the light from the cornea and compares it with the center of the eye. Analyzing the data on the eye movement and position makes it possible to determine the way in which a person processes visual information. If the collection process does not bother the participants, the measured data are less subjective than e.g., data gathered by asking the participants directly. Eye tracking is used in various research fields, including medicine, marketing, education, usability research, computer games, among others. This work presents a project which aims to integrate the eye tracking system into the teaching process at Subotica Tech – College of Applied Sciences. During their studies in the field of Informatics, students have courses in which they need to independently design and develop software applications, such as mobile, web or desktop apps, while other tasks focus on creating multimedia contents, e.g., posters or flyers. With the help of eye tracking devices, students can obtain information about how others use their application. Data on how other users generally use the user interface, how fast or in which order they are would select the options, is directly related to the quality of the design and the usability of the application. Results from the eye tracking system can help students to develop better applications whose design and user experience meet the requirements of most users and will therefore be perceived as optimal apps.*

1. UVOD

Kratka definicija praćenja pokreta očiju mogla bi da glasi, da je to tehnika sa kojom je moguće meriti smer očiju (tamo gde se gleda) ili pomeranja oka u odnosu na glavu. Istraživanje pokreta očiju je počelo na samom početku prošlog veka. Uređaji za praćenje pokreta očiju prvenstveno su se koristili u medicinske svrhe. Razvoj informaciono komunikacionih tehnologija omogućava da se ova vrsta merenja i rezultati sve više primenjuju i u drugim oblastima, na primer u marketingu, u ergonomiji aplikacija i softvera, u razvoju proizvoda i naravno kod asistivnih tehnologija, koje se bave razvojem pomagala za slepe i slabovide.

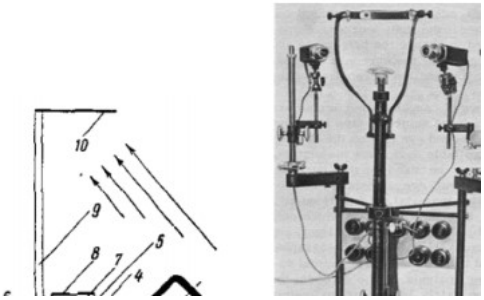
2. ISTORIJA PRAĆENJA POKRETA OČIJU

Za prvu značajnu publikaciju iz oblasti istraživanja praćenja pokreta očiju smatra se Gui T. Busvelova knjiga pod naslovom: How People Look at Pictures: A Study of The Psychology of Perception in Art [1]. Autor u ovoj knjizi opisuje merenje u kojem posebno prati vodoravno i vertikalno kretanje očiju, i time određuje kako su učesnici posmatrali test objekte. Značajno istraživanje se odvijalo i u Visual Perception laboratoriji, gde su došli do zaključka da je prilikom gledanja slike karakterističan "opšti" pregled sa dobro definisanim sekvencama: uočeni glavni detalji su se posmatrali u uzastopnim kratkim pauzama. Na osnovu tog istraživanja zaključeno je da većina ljudi prvo uopšteno gleda sliku, a zatim prelazi na detalje, gde se oko duže zadržava. Redosled pregleda manjih detalja nije uvek isti. To se može reći i za dužinu ponovnog zadržavanja

pogleda na nekom detalju. Međutim, podaci merenja su pokazali da pokret očiju nije bio slučajan: karakteristike posmatrane slike utiču na kretanje očiju. 1940-te godine započinju istraživanja čiji cilj je da se analizira kako ljudi posmatraju/vide reklame. Rezultati istraživanja ukazuju na to da postoje razlike kod pokreta očiju pojedinaca, ali i da postoje šeme pokreta koji su vrlo slične kod većine učesnika [2].

3. METODE MERENJA POKRETA OČIJU

Pedesetih godina 20. veka, Alfred Lukianovich Yarbus, psiholog ruskog porekla, razvio je prvi savremeniji sistem za praćenje pokreta očiju (Slika 1). Njegov uređaj se sastojao iz sistema lakih ogledala težine 0.15 i 0.2 grama, koji su pomoću vakuma bili pričvršćeni na oko. Svetlo sa ogledala je bilo usmereno na fotoosetljiv papir, gde se putanja pokreta očiju iscrtavala [3].

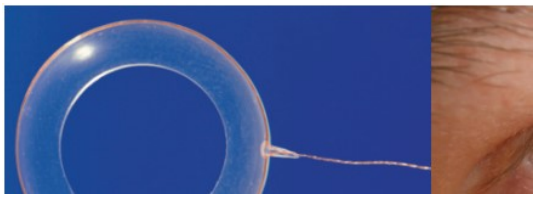


Slika 1. Yarbusov uređaj za praćenje pokreta očiju

Jedna od metoda ispitivanja pokreta očiju je i elektrookulografija (EOG). Osnova testa je da se očna jabučica ponaša kao električni dipol: njen pozitivni pol je a na površini rožnjače, a njen negativni pol nalazi se iza mrežnjače. Potencijalna razlika se menja sa pokretima očiju, i ona se može meriti elektrodama postavljenim pored oka [5].

Slika 2. EOG - elektrookulografija

Razvijene su i metode za određivanje položaja oka u kojima se koriste kontaktna sočiva (Slika 3). Jedno takvo rešenje koristi sočivo koje sadrži namotaj. Pokret oka, pomeranje namotaja u magnetnom polju generiše napon koji se meri, i na osnovu toga se određuje pozicija. Za merenje se koriste i sočiva sa reflektujućom površinom. Princip rada je isti kao kod Yarbusovog uređaja [6].



Slika 3. Sočivo sa namotajem

Položaj oka se može ispitati i pomoću infracrvene svetlosti (IC). Infracrveno svetlo nije vidljivo oku i ne ometa ga. Određivanje položaja se vrši na osnovu detekcije reflektovanog IC zraka sa oka.

Slika 4. Uređaj ugrađen u naočare[7]

Slika 5. Uređaj koji postavlja ispred monitora [8]

Pored specijalnih naočara koji imaju IC izvor svetlosti i kameru (Slika 4), postoji i verzija uređaja koja se može prikačiti na monitor, ili ispod njega (Slika 5). Kamera uređaja detektuje refleksiju infracrvene svetlosti sa oka, i taj podatak kombinuje sa koordinatama središta zenice. Kao rezultat merenja može se utvrditi gde gleda korisnik, može se zaključiti njegovo/njeno ponašanje ili interesovanje za detalje koje gleda. Uređaj koji se može montirati u klasične ili VR naočare omogućava da se istraživanje pokreta očiju radi i van laboratorije. Ovakvi uređaji omogućavaju da se prate na primer kupovne navike korisnika. Rezultati merenja u nekoj radnji će pokazati gde je korisnik prvo gledao, koju policu, koji red, koji proizvod. Na osnovu podataka moguće je optimizovati raspored proizvoda [9][10].

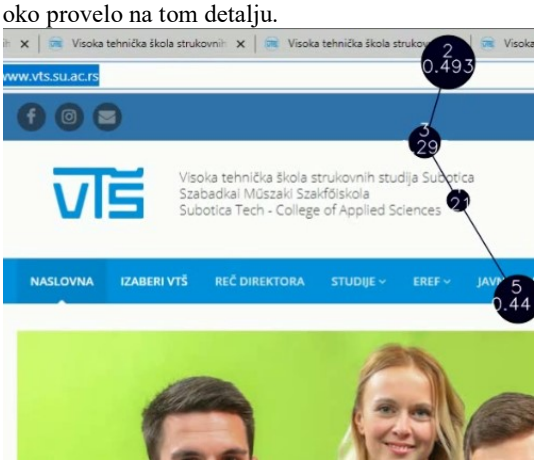
4. ISTRAŽIVANJE

Studije na Visokoj tehničkoj školi strukovnih studija (Škola) su strukovne studije, i nastavni plan sadrži mnoge praktične predmete. U mnogim predmetima provera znanja se vrši putem projekata. Ovaj rad se fokusira na one predmete u kojima studenti razvijaju projektne zadatke tipa softverske aplikacije, odnosno multimedijalne sadržaje. Za određivanje kvaliteta jedne aplikacije, pored same funkcionalnosti, bitan faktor je i korisničko iskustvo. Korisničko iskustvo (user experience, UX ili UE) je način na koji korisnik komunicira sa proizvodom, sistemom ili uslugom, odnosno kako ga doživljava. To iskustvo obuhvata percepciju o korisnosti, lakoći upotrebe i efikasnosti. Poboljšanje korisničkog iskustva je važno za većinu kompanija, i za dizajnere prilikom kreiranja i usavršavanja proizvoda. Negativno korisničko iskustvo može umanjiti upotrebu proizvoda. Prestanak korišćenja proizvoda ili usluge usled slabog ili lošeg UX-a će se desiti i uprkos tome da nema grešaka u funkcionalnosti. Korisničko iskustvo je subjektivno. Međutim, atributi koji čine korisničko iskustvo su objektivni.

Krajem prošle godine Škola je nabavila GazePoint G3 uređaj za praćenje očiju (Slika 5). Finansiranje nabavke je u velikoj meri potpomognuto od strane Pokrajinskog sekretarijata za visoko obrazovanje i naučnoistraživačku delatnost Vojvodine. Pomoću uređaja trenutno je moguće pratiti pogled korisnika na jednoj slici, ili na nekoj veb stranici. Rezultati se prikazuju u obliku toplotnih mapa ("heat-map") i putem „linija i krugova". Linije pokazuju putanju oka, a krugovi dužinu fiksaicije pogleda na datoj lokaciji (Slike 6 i 7). Toplotne mape sa bojama prikazuju dužinu fiksacije jednog detalja. Plava označava kratko vreme, dok crvena boja da je korisnik duže vreme držao pogled na tom detalju (Slika 8).

U ovom radu se želi prikazati način na koji će se ovaj uređaj koristiti u poboljšanju procesa učenja. Planirano je da studenti analiziraju kako njihove aplikacije koriste kolege. Primenom uređaja za praćenje pokreta očiju moguće je dobiti objektivne informacije o tome da li je jedna aplikacija ergonomski dobro dizajnirana, da li je laka za korišćenje i dobija se uvid u način kako je drugi koriste. To su informacije na osnovu kojih je moguće poboljšati ergonomiju, UX i funkcionalnost aplikacije, a sa time i kvalitet. Analiza podataka je proces u kojem dizajneri uče da razumeju klijente. Mnogi studenti još nemaju iskustvo u razvoju korisničkog interfejsa i smernice razvoja određuju sami. Vrlo često se primenjuje pristup u kojem se zanemaruje činjenica da korisnici aplikcije ne razmišljaju na isti način kao i dizajner (bilo da se radi o dizajnu korisničkog interfejsa ili o funkcionalnosti).

Pandemija je u velikoj meri uticala na način eksploatacije uređaja i realizacije istraživanja. Planiran rad sa više studenata i analizom većeg broja radova je samo delimično bio uspešan. Studenti su analizirali zvanični sajt Škole i flajere koje su sami izradili. Sledi prikaz merenja kako student izvršava zadatak pretrage sajta Škole da bi našao šablon za završni rad. Njegov pogled i način na koji je uradio zadatak je sniman. Na slici 6 je prikazan samo jedan detalj iz tog snimka. Putanja pokreta očiju je data linijama, dok je sa krugovima prikazan podatak o redosledu i dužini fiksacije. Ceo broj označava redosled, a broj ispod se odnosi na vreme koje je oko provelo na tom detalju.

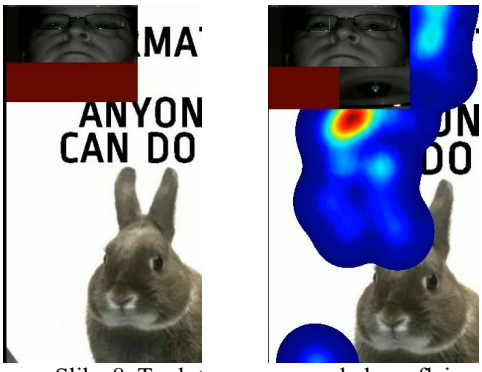


Slika 6. Redosled izvršenja zadatka pretrage na stranici Škole

Sledeća slika prikazuje način na koji je korisnik čitao deo stranice koja sadrži vesti.

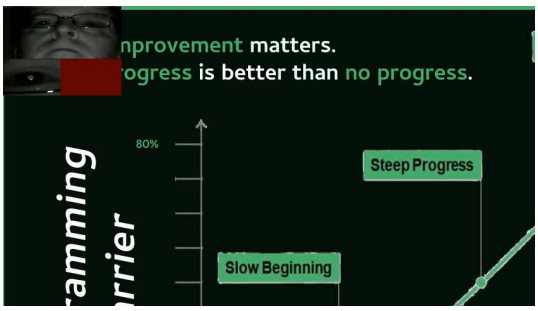
Slika 7. Pregled sekcije Vesti na stranici Škole

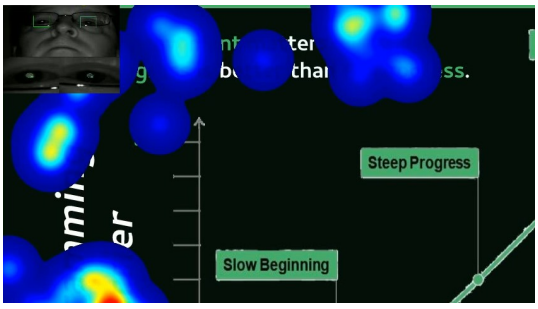
Sledeće merenje je rađeno na flajerima, koje su student razvili kao marketing materijal. Studenti su imali date smernice razvoja, na primer jednobojna pozadina sa malo teksta, jedna slika i jedna rečenica, više slika i više teksta itd. Sledeći rezultati prikazuju toplotne mape nekih od tih flajera.



Slika 8. Toplotna mapa pregleda na flajeru

Slika 9. Toplotna mapa pregleda na flajeru





Slika 10 i 11. Toplotna mapa pregleda na flajeru

6. ZAKLJUČAK

Metode praćenje pokreta očiju sve više nalaze primenu u raznim oblastima. Paralelno sa primenom u medicini, praćenje pokreta očiju se istražuje i na primer u oblastima marketinga i u razvoja proizvoda. Merenje koje ne ometa oko ili percepciju korisnika daje objektivne rezultate.

Kvalitetni podaci mogu poslužiti da se popravi ergonomija i korisničko iskustvo nekog proizvoda. U ovom radu je prikazan pilot projekat primene uređaja za praćenje pokreta očiju u nastavi. Cilj projekta je bio da studenti analizirajući toplotne mape i skice frekvencije fiksacije oka na nekom od njihovih proizvoda, nauče da drugi korisnici mogu da razmišljaju, da koriste aplikaciju na sasvim drugačiji način nego oni.

Povratna sprega objektivnih informacija u vezi kreativnih sadržaja kao što su na primer slike, skice, posteri, flajeri, takođe mogu da pomognu studentima da razumeju na koji način se njihov proizvod posmatra i koristi, i da na osnovu podataka o fiksaciji pogleda zaključe šta je dobro ili šta nije dobro na njihovoj slici ili aplikaciji. To je proces učenja koji može doprineti da njihov sledeći proizvod bude kvalitetniji.

LITERATURA

[1] Buswell, G. T. (1935): How People Look at Pictures. Chicago: The University of Chicago Press.

[2] Brandt, H. F. (1945): The Psychology of Seeing. New York: Philosophical Library.

[3] Yarbus, A. L. (1967): Eye Movements and Vision. New York: Plenum Press

[4] Moore, Ph.: Eye Tracking: Where it's Been and Where it's Going. [Online] https://www.usertesting.com/ blog/2015/06/04/eyetracking/

[5] Metrovision: Electro-oculography by Metrovision. [Online] http://www.metrovision.fr/mveo-notice-us.html

[6] Chronos Vison: Scleral Search Coils 2D/3D. [Online] http://www.chronosvision.de/ downloads/CV_Product_SSC.pdf

[7] https://www.tobii.com/group/about/this-is-eye-tracking/

[8] https://www.gazept.com/product/gp3hd/

[9] https://www.psychologyinaction.org/psychology-in-action-1/2019/10/10/the-use-of-eye-trackers-in-research

[10] http://neurorelay.com/2016/09/11/eye-tracking-in-neuromarketing-research/

Digital Image Compression Using Bit Plane Slicing Method

Mikloš Pot*, Robert Pinter*
*Subotica Tech, Subotica, Serbia

***Abstract* – This paper describes digital image compression using bit planes of a digital image. Bit planes are generated in two ways: first by slicing the original image, and second using fractal geometry. Signal to noise ratio is investigated after omitting some of the bit plane slices.**

I. INTRODUCTION

Among many image types, a special class are images that contain from only two levels. The need for storing and transmitting digital images that contain only two discrete levels is rising rapidly.

This paper describes how grayscale images can be decomposed to its bit planes, and how those bit planes can be compressed and efficiently stored.

II. FRACTAL GEOMETRY

In Euclidean geometry it is well known that the dimensionality of geometric bodies can be only integer. The dimensionality of a dot is zero, the dimensionality of a line is one, the dimensionality of a surfage is two, and the dimensionality of a volume is three. On the other hand, measuring the length of a coastline disrupted the classical, Euclidean geometry, and the understanding of an integer dimensionality of geomatric bodies.

For measuring the coastline, it is needed to measure a distance between two points. If the coastline is approximated with a line, its length will be considerably shorter from the length if all bays and peninsula was taken into consideration. By using more precise measuring (by decreasing the measuring unit „Yardstick") longer length is obtained. It can be concluded that by further decreasing the Yardstick the result would be more and more increased to infinitym so the coastline is not a line because it would have certain length.

Mandelbrot was the first who described the use of fractals. He stated that shapes of classical geometry (circles, triangles, squares) are a natural way to represent man-made objects, and fractal curves are a natural way to represent objects that we observe in nature. He developed a new geometry, the geometry of nature. The word fractal is derived from the Greek word „fractus" what means broken, or irregular shape.

Scientists realized that if a curve covers the whole plane, and it does not cross itself, its dimension is not any more only its length. Hausdorff and Besicovitch defined a dimension which determines what part of the plane will be filled by the curve. So the curve can have not only integer, but also fractal dimension. In classic geometry every curve has dimension one, while in fractal geometry that number is a fraction, and it is called Hausdorff dimension, or fractal dimension.

Based on these observation, Mandelbrot gave a definition of a fractal: „Fractal is a curve whose Hausdorff dimension is greater than its Euclidean dimension".

Mandelbrot's results were not fully acepted by classic mathematicians, but later fractals gained popularity because they were recognized in many shapes in nature. Fractal geometry found its application in mathematics, biology, chemistry, physics and computer graphics.

Direct application of fractal geometry in signal compression means the forming of fractal code of signals. The fractal code is a series of mathematical rules that describes the image, and according to M. Barnsley it uses 1kB of memory space. Thus, the memory consuption of each image decreases hundreds of time.

The basic idea is to consider the image as couple of fractals which can be generated using simple mathematical rules. Since these rules are compact, they require much less memory in comparison with the classical pixel-by-pixel memorization. Also, when the image is defined as a fractal, the image can be reconstructed with the desired resolution because one of the main features of fractals is that using more iteration, we get a more detailed image, so theoretically it is possible at the reception to get an image with more details than the original image had.

But, because of very slow convergence of the fractal approach to the original image and because of the complexity of the algorithm, fractal image compression is not suitable for image compression. Thus, IFS is not used for image compression because for more complex structures it would still need human assistance.

The precise definition of Hausdorff dimension is a very long mathematical process, and for many fractals it is almost impossible to determine this dimension. But for a big class of fractals (Koch, Peano, Hilbert) the fractal dimension is obtained quite easily.

The generation of a fractal curve is usually started using a simple geometric shape which are connected with line segments (triangle, square or

line). This strting curve is an iniciator. After that a generator is definedas a set of line segments that will replace each segment of the iniciator. The generator consits of N lines (each has length r), while the line segments are an integer multiple of r. The replacement is repeated in(finite) times by replacing each segment of the iniciator with the scaled generator. Then the Hausdorff dimension of the resulting fractal curve is

$$D = \log N / \log(1/r)$$

Self similarity is one of the basic term of fractal geometry. It is closely related with the intuitive understanding of dimension.

Unlike Euclidean dimension, fractal dimension does not have to be an integer. If fractal dimension is compared with the Euclidean dimension, it can be seen that for D=1 we get a simple line, and for D=2 the curve covers the whole plane.

For example, to get a Koch curve, a simple line segment is partitioned into 3 parts. Then, the tho middle segments are replaced with two identical segments. In the following step, each segment is replaced with 4 new segments whose lengths are 1/3 of the initial segment, Figure 2. By repeating this, we get the Koch curve. In this example, N=4, r=1/3, so the Hausdorff dmimension is 1.26.

Figure 2. Koch curve

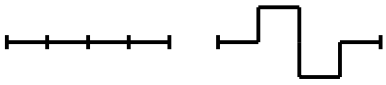


Figure 3. Application of different rule on the line segment

It is possible to apply a different rule to each line segment, for example a rule on Figure 3, where the initial line segment is divided into 4 equal parts, and a replacement is applyed. In every next step the same modification rule is applied to get a curve of a certain level. In this example, N=8, r=1/4, D=log8/log4=1.5.

The Hilbert curve belongs to the class of Peano curves, but it also differs from them. The Hilbert curve generator is shown in Figure 4, and the level 2 Hilbert curve is shown in Figure 5.

Figure 4. Generator of Hilbert curve

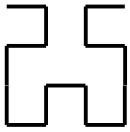


Figure 5. Level 2 Hilbert curve

It is a bit difficult to understand what happens with the Hilbert curve because the replavement of the line segment with the generator is not direct. In this case the parameters are r=1/2, N=4 what means that the line segment of the generator equals ½ of the line segment, and the generator is applied 4 times.

It can be observed that after a lot of iterations the Hilbert curve passes through every point of some plane. By calculating the fractal dimension we get that D=2, what proves that the Hilbert curve belongs to the Peano curves, so it completely covers the plane. Also, the Hilbert curve has an important feature that it does not cross itself. This feature allows the Hilbert curve to scan a digital image (to convert the 2D data into a 1D streak).

The Hilbert-Peano curve fills the 2D plane by always connecting neighbouring pixels horizontally and vertically in a certain order. Image scanning based on the Hilbert-Peano curve is done recursively from a basic 4x4 block.

However, the Hilbert curve has some limitations. It can be applied only to square images that has dimension that is a power of 2. The first six Hilbert curves are shoown on Figure 6.

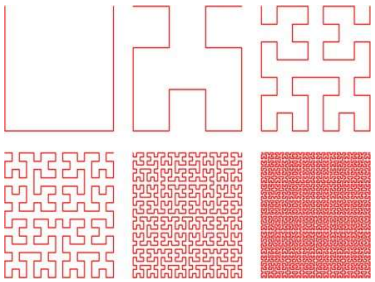


Figure 6. Hilbert curves

Figure 7 shows part of the Cameraman test image scanned by a Hilbert curve.

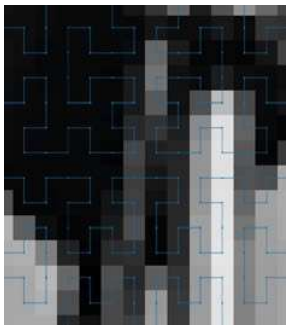


Figure 7. Part of cameraman image scanned with Hilbert curve

The Hilbert curve is not the only curve that is capable of collecting all image pixels, other curves are the zig-zag, the perimeter and the z-curve, Figure 8. But these curves are not territory oriented, except the z-curve which again does not

collect pixels only from the 4-neighbourhood. The abovementioned curves are shown on Figure 8.

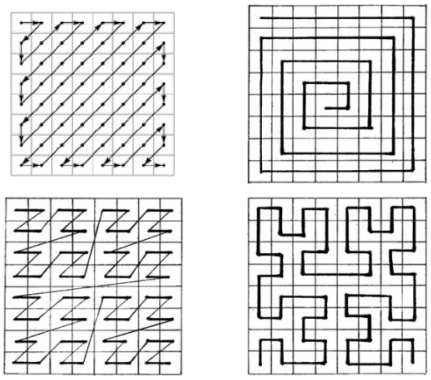


Figure 8. Different curves that are capable of collecting all image pixels. a/ zig-zag, b/ perimeter, c/ z-curve, d/ Hilbert curve

Figure 9. Original Cameraman image and the image after Hilbert scanning

III. BIT PLANE SLICING

Bit plane slicing is a decomposiotion of the digital image into number of binary images. Since we are concerned with 8-bit images, the images will be decomposed into 8 planes. In the least significant bit plane values correspond to 0 and 1. In the next bit plane values correspond to 0 and 2. Finally, in the most significant bit plane values correxpond to 0 and 128. Schematically, bit plane slicing is shown in Figure 10.

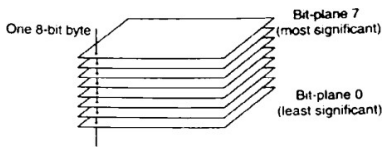


Figure 10. Bit planes of a 8-bit digital image

As an explanation, in Figure 11 bit plane slicing is shown for a simple 3-bit image.

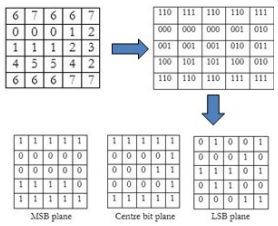


Figure 11. Bit plane slicing for a 3-bit image

For a real test image Cameraman bit planes are shown in Figure 12.

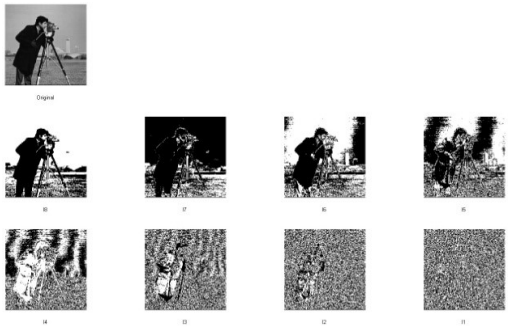


Figure 12. Original Cameraman image with its bit planes

From the decomposition it is clear that the first 4 bit planes carry the most information, and the 2 last bit planes carry the least information. The question that arises for image compression purposes is how many bit planes can be ignored but to still get a visually good quality. Figure 13 shows this analysis by adding up bit planes one by one.

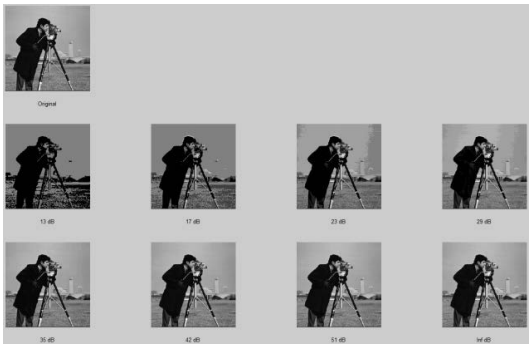


Figure 13. Adding bit planes one by one

It can be observed that by adding up the first 5 bit planes result in image that is very similar to the original. This subjective notice was justified by calculating the Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) between the original and the resulting image. It is well known that the satisfactory quality starts at 25-30dB. The PSNR is calculated using the following formula:

$$PSNR = 20\log_{10}\left(\frac{MAX_f}{\sqrt{MSE}}\right)$$

$$MSE = \frac{1}{mn}\sum_{0}^{m-1}\sum_{0}^{n-1}\|f(i,j) - g(i,j)\|^2$$

In the above formula, m and n is the size of the image, f and g are the original and resulting images, respectively.

For different images we got different PSNR values, so the quality depends also on the content of the image.

IV. RESULTS

Tests showed that by ignoring 3 bit planes image degradation is barely visible, sometimes ignoring 4 bit planes also gave satisfactory results. By using such a method, considerable savings became possible. By ignoring 3 bit planes the needed amount of memory is decreased by 37.5%, and by ignoring 4 bit planes memory savings are full 50%.

Table I. summarizes the effects of ignoring bit planes on the PSNR and savings in memory.

Table I.

Cameraman bit planes	PSNR	Savings (%)
8	13	87.5
7-8	17	75
6-8	23	62.5
5-8	29	50
4-8	35	37.5
3-8	42	25
2-8	51	12.5
1-8	∞	0

Figure 14 shows part of zoomed test image. Again, it can be observed that the limit for acceptable quality is 4 or 5 bit planes. Keeping less that 4 bit planes result in false contours around image edges. It is also clear that between the original and the last 3 images there is hardly any visible difference.

Figure 14. Visible artifacts after zooming the test image

The presented savings are only because of ignoring a certain number of bit planes. The rest of the image can be further compressed using some appropriate coding technique such as run-length coding or Huffman coding, so additional savings are possible.

For the coding it is important in which order the image pixels are collected. That's the reason why Hilbert scanning is crucial. Since the Hilbert curve collects the pixels that are 4-connected, it is possible to get long streaks of zeros and ones, so the coding algorithm becomes more efficient. Figure 15 shows image bit planes and the same bit planes scanned using the Hilbert curve.

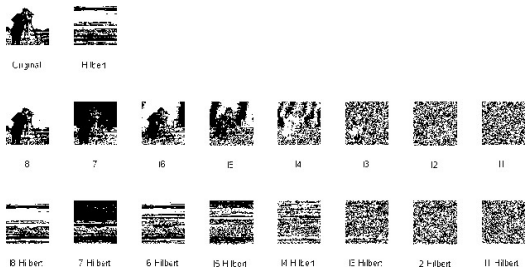


Figure 15. Standard bit planes (middle row) and bit planes scanned with Hilbert curve (bottom row)

In the future, authors plan to compare this method with transform coding methods.

V. CONCLUSION

In this paper a new digital image compression method was investigated. Digital images were decomposed into their bit planes, some of them were ignored, and the PSNR between the original and the resulting images were measured. The method gave promising results.

VI. REFERENCES

[1] Michael P. Ekstrom: *"Digital Image Processing Techniques"*, Academic Press, Inc., Orlando, FL.

[2] M. Salapura, Diplomski rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1996.

[3] Željen Trpovski, Vladimir Crnojević, Miklοš Pot: Kompresija Slike Rastavljanjem na Bitske Nivoe, DOGS 2000.