

XXVII

2023

Međunarodna
konferencija
**INFORMACIONE
TEHNOLOGIJE**

Sadašnjost i budućnost

Urednik
Božo Krstajić

IT'23

**INFORMACIONE
TEHNOLOGIJE**
- SADAŠNJOST I BUDUĆNOST –

**Urednik
Božo Krstajić**

**Zbornik radova sa XXVII međunarodne konferencije
INFORMACIONE TEHNOLOGIJE - sadašnjost i budućnost
održane na Žabljaku od 15. do 18. februara 2023. godine**

Zbornik radova
INFORMACIONE TEHNOLOGIJE – sadašnjost i budućnost 2023

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

Izdavač
IT društvo
Podgorica, Crna Gora
www.it.ac.me

Tehnička obrada
mr Bojana Mališić
Univerzitet Donja Gorica

CIP - Katalogizacija u publikaciji
Nacionalna biblioteka Crne Gore, Cetinje

ISBN 978-9940-8707-3-7
COBISS.CG-ID 26015236

Podgorica 2023.

Sva prava zadržavaju izdavač i autori

Organizator

IT društvo, Crna Gora

Skup podržali

The Institute of Electrical and Electronics Engineers – IEEE

Elektrotehnički fakultet, Univerzitet Crne Gore

Fakultet za informacione sisteme i tehnologije, Univerzitet Donja Gorica

Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu

Čikom d.o.o. informatički inženjering

Programski odbor

Dr Miroslav Bojović, Elektrotehnički fakultet, UB, Beograd, SRB
Dr Miloš Brajović, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Chun-Yen Chang, National Taiwan Normal University, Taipei, TWN
Dr Anđela Draganić, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Boris Dumnić, Fakultet tehničkih nauka, UNS, Novi Sad, SRB
Dr Slobodan Đukanović, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Luka Filipović, Fakultet za informacione sisteme i tehnologije, UDG, Podgorica, MNE
Dr Slavko Gajin, Elektrotehnički fakultet, UB, Beograd, SRB
Dr Gordana Gardašević, Elektrotehnički fakultet, UBL, Banja Luka, BIH
Dr Sašo Gelev, Elektrotehnički fakultet, UGD, Radoviš, MKD
Dr Dragan Janković, Elektronski fakultet, UN, Niš, SRB
Dr Novak Jauković, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Ana Jovanović, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Božo Krstajić, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Aleksandra Krstić, Elektrotehnički fakultet, UB, Beograd, SRB
Dr Vujica Lazović, Ekonomski fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Budimir Lutovac, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Nenad Mijatović, Alstom Signaling LLC, Melbourne, FL, USA
Dr Zoran Milivojević, Visoka tehnička škola strukovnih studija, Niš, SRB
Dr Saša Mujović, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Aleksandar Nešković, Elektrotehnički fakultet, UB, Beograd, SRB
Dr Nataša Nešković, Elektrotehnički fakultet, UB, Beograd, SRB
Dr Gabriel Neagu, National Institute for Research & Development in Informatics, Bucharest, ROU
Dr Milica Pejanović-Djurišić, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Tomo Popović, Fakultet za informacione sisteme i tehnologije, UDG, Podgorica, MNE
Dr Vesna Popović-Bugarin, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Milutin Radonjić, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Milovan Radulović, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Igor Radusinović, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Vesna Rubežić, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Dušan Savić, Fakultet organizacionih nauka, UB, Beograd, SRB
Dr Biljana Stamatović, Fakultet za informacione sisteme i tehnologije, UDG, Podgorica, MNE
Dr Ramo Šendelj, Fakultet za informacione sisteme i tehnologije, UDG, Podgorica, MNE
Dr Goran Šuković, Prirodno-matematički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Nikša Tadić, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Milo Tomašević, Elektrotehnički fakultet, UB, Beograd, SRB
Dr Slavica Tomović, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Zdravko Uskoković, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Zoran Veljović, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE
Dr Siniša Vlajić, Fakultet organizacionih nauka, UB, Beograd, SRB
Dr Sanja Vujnović, Elektrotehnički fakultet, UB, Beograd, SRB
Dr Žarko Zečević, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE

Organizacioni odbor

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

Dr Milovan Radulović, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE

Dr Žarko Zečević, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE

Dr Milutin Radonjić, Elektrotehnički fakultet, UCG, Podgorica, MNE

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

Dr Sandra Tinaj, Univerzitet Donja Gorica, Podgorica, MNE

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

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

P R E D G O V O R

Dragi učesnici i čitaoci,

Pred vama je zbornik prezentovanih radova na XXVII naučno-stručnoj konferenciji „INFORMACIONE TEHNOLOGIJE – sadašnjost i budućnost 2023“, pisanih na našem jeziku i sažetaka radova koji su pisani na engleskom jeziku. Kompletni radovi na engleskom jeziku su dostupni u IEEE Xplore bazi. Programski odbor je tokom procesa anonimne međunarodne recenzije radova odabrao 47 autorska rada, od kojih su pred vama 8 kompletnih i 39 sažetka. Učešće u konferenciji su imali autori iz 18 zemalja i to: Crne Gore, Srbije, Hrvatske, Rumunije, Mađarske, Bugarske, Indonezije, Francuske, Turske, Junžnoafričke Republike, Saudijske Arabije, USA, Japana, Kipra, Iraka, Bahreina, Njemačke i Grčke. Programski odbor se zahvaljuje autorima koji kvalitetom svojih radova doprinose kvalitetu i ugledu same konferencije prezentujući originalna dostignuća svojih istraživanja. Procenat radova koji su prihvaćeni za prezentovanje je bio 77%. Opšti utisak je da se kvalitet radova poboljšava iz godine u godinu, a teme su veoma aktuelne i raznovrsne. Pred vama su radovi i sažeci iz različitih oblasti kao što su: upotreba bežičnih senzorskih mreža, ponašanje korisnika socijalnih medija, enkripcija pomoću QR koda, softver za obradu slike, komunikacija u pomorskoj sigurnosti, navigacija i praćenje zadatog puta kod samostalnih podvodnih vozila, optimizacija i aproksimacija u različitim primjenama, digitalna obrada signal, vještačka inteligencija i mašinsko učenje, kao i watermarking, elektronski servisi i primjene IT-a u energetici.

Osim autorskih radova, ove godine smo imali prezentacije rezultata na velikom broju međunarodnih projekata (EuroCC2 - Nacionalni centri kompetencija za HPC, FoodHub centar izvrsnosti, 2 H2020-MSCA projekta TRACEWINDU i ODDEA, H2020 projekti NI4OS-Europe i DEMETER, Horizon Europe FishEUTrust, Eureka TRADE, Erasmus DigNest i IPA HPC4S3ME), radionice, panele i trening iz oblasti vještačke inteligencije, standardizacije u informacionim tehnologijama i sajber bezbjednosti.

Napokon, posle 2 godine i isto toliko online IT konferencija, ponovo smo osjetili neposrednu ljudsku toplinu, zajedništvo, druženje i sve druge blagodeti klasične konferencije. Naravno, zadržali smo i online dio kako bi veliki broj učesnika i autora radova mogli uzeti učešća i prezentovati svoje rezultate istraživanja. Raduje nas da su nam došli učesnici koji su više do 2 decenije dolazili na Žabljak, da smo imali preko 50 novih učesnika, da su nam online „došli“ učesnici iz inostranstva koji su bili protekle dvije godine, da smo tražili krevet više na Žabljaku za učesnike i da smo ponovili druženje u neponovljivom ambijentu Durmitora. A Durmitor, kao da nam se uželio, pa nas je podario predivnim ambijentom, sunčanim danima, obiljem snijega i neponovljivom ljetom.

Sve detalje o ovom, prošlim i narednim skupovima možete naći na zvaničnoj web stranici konferencije www.it.ac.me.

Prof. dr Božo Krstajić

S A D R Ź A J

Анализа процеса извођења предавања из предмета Софтверски патерни	10
Integracija Swing i JavaFx tehnologija korišćenjem Abstract Factory paterna	14
Primjer STBC implementacije kao PLS tehnike	18
Korišćenje generičkih ekranskih formi u razvojusoftvera zasnovanom na procesima	22
Optimizacija korišćenja naponsko reaktivnihresursa primjenom genetičkog algoritma	29
Analiza solarnog potencijala za gradnju plutajuće fotonaponske elektrane na Slanomjezeru	34
Primjena Padé aproksimacija za rješavanje Lambert W jednačine.....	39
Употреба SignalR радног оквира за имплементацију Web апликације у реалномвремену.....	43
A Blockchain-Based Approach to Managementof University Diploma Authenticity.....	48
User Behavior Analysis of Short-form Video Prolonging Usage towards Purchase Intentionon social media using SEM Method	49
A Maturity Model of Digital Transformation inSupply Chains: A Multi-dimensional Approach.....	50
The importance of information system forseafarers in Montenegro.....	51
A Quantum-Classical Hybrid Classifier UsingMulti-Encoding Method for Images.....	52
Extreme Gradient Boosting based Anomalydetection for Kubernetes Orchestration.....	53
Disease Prediction Using MachineLearning Algorithms	54
Advanced Mission Critical Communication inMaritime Search and Rescue Actions.....	55
Optimization of ETA using information technologies in order to minimize the negativeimpacts of anchoring.....	56
A Machine Learning-Based Framework for DetectingCredit Card Anomalies and Fraud.....	57
The use of GeoGebra software to improveteaching in the field of marine electrical engineering	58
A Systems-oriented Approach to Medical EducationIncorporates Virtual Patients and Gamification.....	59
Vehicle Speed Estimation From Audio SignalsUsing 1D Convolutional Neural Networks	61
Applications Impressed Current CathodicProtection of the Ship Hull	62
Deep learning-based vehicle speed estimationusing the YOLO detector and 1D-CNN.....	63
Automatic Water Distribution SystemUsing Wireless Sensor Network	64
Vision-based Vehicle Speed Estimation Using theYOLO Detector and RNN.....	65
Assistive Technical Communication ofMontenegrin eServices: a Case Study.....	67
Evaluation of the Montenegrin Academic Digital Innovation Hub	68
Authenticated Key Exchange in UnderwaterAcoustic Sensor Networks based on ImplicitCertificates: Performance Analysis.....	69
Effectiveness of Using OWASP TOP 10 asAppSec Standard	72
A Sentiment Analysis to Understand the Roleof Twitter Towards Sustainable Consumption.....	73
LSTM Encoder Decoder Based Text Highlight Abstraction Method Using Summaries Extracted byPageRank.....	74
Applying OptaPlanner in the implementation of doctors' schedule of duty hours	75
Degradation of the Recoloring Specific DegreeProtan CVD Image From inserted Watermark	76
Yolov5 Based Fault Detection Approach inRailway Components	77
A Monitoring System for Postural SwayStabilization Using Tactile Stimulation Near the Auricles	78
QR Code Encryption for improving Bankinformation andConfidentiality	79

FIB Analysis of Corrosion Effects on ShapeMemory Alloys in Marine Environments	80
Analysis and Development of the Model forGoogle Assistant and Amazon Alexa Voice Assistants Integration.....	81
Software for image analysis and inspection ofoptical lens.....	82
Performance Analysis of an Underwater Acoustic Communication System Based onDCSK Modulation	83
Blockchain Principles and Energy ConsumptionConcerns	84
Proposal for Improved Navigation Safety of Non Solas Vessels by Combining TSS And IoTTechnology	85
Binary Watermark Application in Color ImageProtection	86

Анализа процеса извођења предавања из предмета Софтверски патерни

Драгица С. Љубисављевић, Милица Ј. Бачић, проф. др Синиша Влајић

Садржај—У овом раду дата је анализа процеса извођења предавања из предмета Софтверски патерни на Факултету организационих наука, Универзитета у Београду. Детаљно је описан садржај предмета и начин на који се врши трансфер знања студентима. У циљу побољшања процеса извођења предавања из овог предмета, над студентима су спроведена три истраживања. На крају рада, дат је приказ резултата и закључака истраживања.

I. Увод

Област високог образовања све чешће се суочава са изазовима прилагођавања традиционалних облика извођења наставе у правцу веће ангажованости студената у овом процесу [1]. Истраживања су показала да је веће укључење и ангажовање студената током процеса наставе (везано за програмирање), довео до бољег развоја њихових програмерских вештина, као и већих компетенција на тржишту рада. Ово се сматра веома важним аспектом стручног развоја студената, с обзиром да је следећи корак након високог образовања пласирање њиховог знања и вештина на тржиште рада [2]. Тема овога рада је анализа процеса извођења предавања из предмета **Софтверски патерни**. Педагошки модел примењен у процесу извођења предавања из предмета Софтверски патерни представља комбинацију традиционалног начина учења и активног учења. Код традиционалног начина учења, ангажованост студената током извођења наставе је минимална. Студенти су пасивни и нису мотивисани да се активно укључе у процес наставе. Са друге стране, код активног учења, студенти су непосредно укључени у процес наставе кроз континуирану евалуацију и тестирање њиховог знања. Активно учење се може посматрати као низ инструкција задатих студентима, које подразумевају њихово активно укључивање у процес извођења наставе [3]. Концепт активног учења оставља могућност професорима и сарадницима да га прилагоде сопственом извођењу наставе, као и да студенте подстичу да се активно укључе у процес наставе, кроз сопствени предефинисани скуп активности [4]. Такође, може се уочити да активно учење

временом прераста у императив за изучавање софтверских технологија, јер се на основу бројних истраживања дошло до закључка да се ефективност студената, током процеса усвајања знања и квалитета стечених вештина, рапидно повећава [5].

Софтверски патерни су изборни предмет студијског програма **Информациони системи и технологије** на Факултету организационих наука, Универзитета у Београду. Овај предмет се изводи у оквиру седмог семестра, на четвртој години студија. Циљ предмета је схватање дефиниција и различитих облика патерна, могућност практичног коришћења патерна у различитим фазама развоја софтвера и упознавање са постојећим математичким формализмима за описивање патерна. Полагање овог предмета састоји се из три дела

A. Писмени део испита - полаже се уживо на рачунарима и односи се на градиво са вежби.

B. Усмени део испита - полаже се уживо у виду теста и односи се на градиво са предавања.

Ц. Семинарски рад(није обавезан) - полаже се уживо, кроз објашњење сопствених примера који су наведени у семинарском раду.

У поглављу 2 дат је детаљан опис извођења предавања из предмета Софтверски патерни. Ради откривања нових методологија које се могу применити за побољшање процеса извођења наставе, као и уважавање мишљења студената о евентуалним променама овог процеса, спроведена су три истраживања над студентима. Наведена истраживања и њихови резултати биће приказани у поглављу 3. Поглавље 4 представља закључак овог научно истраживачког рада и указује на даље правце усавршавања предавања из овог предмета.

II. ПРОЦЕС ИЗВОЂЕЊА ПРЕДАВАЊА ИЗ ПРЕДМЕТА СОФТВЕРСКИ ПАТЕРНИ

Предавања из предмета Софтверски патерни одржавају се уживо, у рачунарским салама факултета. Поред наставе која се одвија уживо, на платформи MS Teams креиран је канал на коме се налазе професори и сарадници ангажовани на овом предмету и студенти који слушају овај предмет. У оквиру канала налази се секција “Предавања” у којој се постављају обавештења и материјали релевантни за студенте. Студентима је у оквиру овог канала постављен [линк](#) на основу кога могу бесплатно преузети онлајн верзију књиге за овај предмет,

Драгица С. Љубисављевић, Факултет организационих наука, Универзитет у Београду, Јове Илића 154, 11000 Београд, Република Србија (e-mail: dl20223706@student.fon.bg.ac.rs).

Милица Ј. Бачић, Факултет организационих наука, Универзитет у Београду, Јове Илића 154, 11000 Београд, Република Србија (e-mail: mb20223704@student.fon.bg.ac.rs).

Проф. др Синиша Влајић, Факултет организационих наука, Универзитет у Београду, Јове Илића 154, 11000 Београд, Република Србија (e-mail: sinisa.vlajic@fon.bg.ac.rs).

чији је аутор проф. др Сениша Влајић, главни и одговорни професор за овај изборни предмет. У фолдеру Предавања/Files/ налазе се фолдери именовани редним бројем недеље предавања на коју се односе. У оквиру одговарајуће недеље налази се Word документ који садржи план рада за дату недељу организован по часовима, као и фолдери са програмским кодом и видео материјалима који су усклађени са планом рада. Материјали за предстојећу радну недељу доступни су унапред, како би студенти имали могућност да градиво које ће бити обрађено унапред погледају и припреме се за наредно предавање. Видео материјали настали су у периоду онлајн наставе услед пандемије Корона вируса. Након што се режим наставе вратио на наставу уживо, ови материјали употребљени су као додатна помоћ студентима да савладају градиво које се изучава на овом предмету.

Предавања се изводе 9 радних недеља и тематске јединице које се обрађују у оквиру одређених недеља су следеће:

1. недеља: Основе о патернима
2. недеља: Програмски концепти патерна пројектовања
3. недеља: Самостална израда задатака и креациони патерни (Abstract Factory, Builder)
4. недеља: Креациони патерни (Factory Method, Singleton, Prototype)
5. недеља: Патерни структуре (Adapter, Bridge, Composite)
6. недеља: Патерни структуре (Decorator, Facade, Flyweight, Proxy)
7. недеља: Патерни понашања (Chain of Responsibility, Command, Interpreter, Iterator)
8. недеља: Патерни понашања (Observer, Strategy, State, Template Method)
9. недеља: Патерни понашања (Mediator, Memento, Visitor)

У оквиру самосталне израде задатака која се одвија на петом часу, студентима је задато десет програмерских задатака који се односе на тестирање знања везаних за опште концепте патерна и објектно-оријентисаног програмирања. Резултати остварени при решавању ових задатака бележе се у поене за додатне активности студената. *На овај начин подстиче се активно учествовање студената током извођења предавања.* Градиво које се обрађује везано за одређени патерн обухвата објашњење дефиниције датог патерна и приказ и појашњење структуре патерна уз одговарајући дијаграм класа. Дефиниција и структура пропраћене су са два примера и једним задатком који студенти самостално израђују током предавања, након одслушаних примера. *На овај начин извршена је комбинација традиционалног (објашњење примера) и активног учења (израда решења постављеног задатка).* Оба примера приказана

студентима задржавају исти доменски проблем кроз свако предавање, а њихова структура и конкретан кориснички захтев се мења у зависности од софтверског патерна.

Први пример односи се на доменски модел комуникације између Управе факултета, шефа Лабораторије за софтверско инжењерство и њених запослених и овај пример је мање сложености (Слика 1).

Пример Adapter патерна⁴⁹

Кориснички захтев PAD1: Управа Факултета је послала захтев Лабораторији за софтверско инжењерство да промени свој интерфејс, тако што ће имена операција kreirajProgramskiJezik(), kreirajSUBP(), kreirajPonudu() и vratiPonudu() променити у KrProgramskiJezik(), KrSUBP(), KrPonudu() и VrPonudu(). Тимови који праве понуде треба да прилагоде (адаптирају) стари интерфејс (SILAB) новом интерфејсу (SILABTarget), који очекује Управа Факултета без промене, старог интерфејса.

Слика 1 Кориснички захтев студијског примера

Други пример је сложенији и представља узор по коме студенти у оквиру домаћих задатака треба да израде сопствене примере (студентима су задате смернице шта је потребно променити приликом израде сопственог примера). Домен другог примера односи се на обраду испитних пријава помоћу десктоп апликације која се састоји из екранске форме, контролера и брокера базе података. Структура и организација кода се мења у зависности од патерна који се обрађује.

Решење корисничког захтева примера (Слика 1), као и сложенији пример, који се односи на софтверски систем[6] за обраду испитних пријава, доступни су студентима за преузимање на Teams платформи. Од студената се очекује да преузму ове примере и покрену их на својим рачунарима током предавања. У оквиру ових материјала такође се налази и задатак за самосталну израду. Оно што је карактеристично за сваки сложенији пример јесте организација програмског кода. Како би студентима било интуитивно јасно који део кода се односи на одређени елемент структуре софтверског патерна, код је подељен на истоимене фолдере. Такође, класе у оквиру кода назване су исто као и дате класе на дијаграму класа примера.

Као што је већ наведено, други пример у оквиру предавања за конкретан патерн користи се као узор за израду сопственог примера. С обзиром да се патерни деле на три групе: креационе патерне, структурне патерне и патерне понашања, тако и студенти израду својих примера врше у три фазе. Прве две групе односе се на израду првог и другог домаћег задатка, док израда треће групе сопствених примера (патерни понашања) захтева обједињавање са прва два домаћа задатака и као крајњи резултат добија се *семинарски рад*. Семинарски рад мора испоштовати одговарајућу структуру и упутства, а смернице за његову израду доступне су студентима за преузимање. Такође, упутства за израду сопственог примера налазе се у оквиру фолдера Documents датог пројекта. Домаћи задаци и семинарски

рад нису обавезни, али они носе 20% оцене које је могуће стећи само на овај начин.

Усмени део испита, који носи половину оцене, полаже се преко два теоријска теста. Први тест организује се половином семестра у коме се слуша овај предмет, док се други тест ради крајем семестра.

III. ЕВАЛУАЦИЈА ИСТРАЖИВАЊА СПРОВЕДЕНОГ НАД СТУДЕНТИМА

У циљу побољшања предавања из овог предмета, над студентима су спроведена три истраживања. Њихов опис и резултати биће приказани у наставку.

Истраживање 1

Дана 2.12.2022. године, у оквиру термина предавања на предмету Софтверски патерни, над студентима је спроведена анкета како би се испитало *задовољство студената извођењем предавања на овом предмету.*

Питања су конципирана тако да се испита задовољство студената предавањима, њихово поимање знања које стичу на овом изборном предмету и времена које су утрошили како би савладали материју која се обрађује у оквиру предавања.

Такође, испитани су и разлози због којих се студенти одлучују да слушају овај предмет, с обзиром да он представља изборни предмет у оквиру седмог семестра основних академских студија.

Како би се одржало континуирано побољшавање наставе из овог предмета и уважила мишљења студената, у оквиру анкете додата је и секција која је тренутним студентима омогућила да исказу своје мишљење и савете како би предавање из овог предмета могло бити унапређено.

С обзиром да предавања не представљају само научни, већ и социјални процес, у оквиру анкете истакнута су и питања која се тичу евалуације односа између наставника на овом предмету и студената који овај предмет похађају.

Циљ је био да студенти исказу своја искрена запажања без задршке, тако да је анкета спроведена анонимно, и то коришћењем Google Forms платформе.

Анкета садржи 10 питања отвореног и затвореног типа [7].

Анкету је попунило 18 студената од 33, колико их укупно слуша овај предмет.

Резултати анкете показали су следеће:

- 94,4% испитаних студената на питање да ли је редовно похађало наставу одговорило је са “Да”
- У просеку, студенти су недељно уложили 4,2 часа за припрему предавања из овог предмета
- 94,4% испитаних студената су увек или повремено користили видео материјале унапред постављене како би се припремили за предавања предстојеће недеље

- 88,9% испитаних студената није имало предзнање из софтверских патерна пре слушања овог изборног предмета
- Већина испитаних студената (шеснаест студената) изразила је као разлог избора овог предмета корисност материје која се на њему обрађује у пракси, док је неколицина као додатне разлоге навела препоруку старијих студената, презентацију предмета, унапређење знања које већ поседују из области и наставнике и сараднике који су ангажовани на овом предмету
- Као најкорисније елементе предавања студенти су истакли задатке рађене на крају предавања и тестове на предавањима
- Области које студенти сматрају да могу да савладају без тешкоћа су следеће: препознавање шпaгeти кода, прилагођавање постојеће структуре кода одговарајућој структури патерна и примена софтверских патерна у развоју нових пројеката
- Сви студенти сматрају да су предавања и видео материјали усклађени са материјом која се налази на тестовима везаним за усмени испит
- Генерално, студенти су већински задовољни свим наведеним аспектима односа студената и наставника
- Као главни предлог за побољшање предавања из овог предмета студенти наводе потребу да се дода још разноврсних примера примене софтверских патерна, који ће бити праћени програмским кодом

Истраживање 2

Поред анкете, у шестој недељи наставе, студентима је у оквиру платформе MS Teams подељен тест у виду Assignment-а. Тест је конципиран тако да садржи осам питања на препознавање тачних одговора и два питања на допуну. *Циљ овог тестирања студената јесте провера колико је знање које стичу у оквиру предавања трајно, с обзиром да се тест одржао недељу дана након првог теоријског колоквијума.* Тест је радило 24 студента од 33 колико укупно слуша наставу. Максималан број поена који је било могуће остварити јесте 5 (свако питање носило је 0.5 поена). Резултати показују следеће:

- 17 студената остварило је максималних 5 поена
- 2 студента остварило је 4.5 поена
- 4 студента остварило је 4 поена
- 1 студент остварио је 3.5 поена

Из ових резултата може се уочити да је већина студената тест одрадила са више од 90% успешности,

што показује да је знање из основа софтверских патерна које су стекли трајно

Истраживање 3

Поред истраживања које је спроведено над самим студентима, извршено је и истраживање успешности полагања усменог дела испита по годинама. Године за које су компаративно приказани подаци су 2018/19, 2020/21, 2021/22. и 2022/23. Овом анализом може се уочити правилност успешности полагања испита пре, током и након онлајн наставе која је била организована услед пандемије Ковид 19 вируса.

Подаци о успешности полагања елемената испита приказани су у Табели 1.

ТАБЕЛА 1
ПОДАЦИ О УСПЕШНОСТИ ПОЛАГАЊА

Школска година	Број студената	Студенти који нису положили тест (%)	Између 25 и 35 поена (%)	Између 35 и 45 поена (%)	Више од 45 поена (%)
2018/19.	42	35,73%	11,90%	11,90%	40,47%
2020/21.	34	17,66%	5,88%	38,23%	38,23%
2021/22. (онлајн)	33	24,25%	24,24%	30,30%	21,21%
2022/23.	33	45,46%	6,06%	15,15%	33,33%

На основу добијених резултата могу се извести следећи закључци:

1. За време онлајн наставе значајно се смањила успешност полагања тестова, у односу на период пре и после Корона вируса.

2. Успешност полагања тестова пре и после периода Корона вируса је на сличном нивоу.

3. Процент студената који није полагао тест и који није редовно пратио наставу се повећао након периода онлајн наставе.

Можемо закључити да се након периода онлајн наставе смањило број студената који је пратио предавања и радио тестове. Међутим студенти који су били активни у текућој школској години (редовна настава) остварили су боље резултате на тестовима у односу на претходну годину (онлајн настава). Један од узрока смањења посећености наставе и израде тестова је доступност материјала за предавања у онлајн облику. Превелика доступност материјала доводи до демотивације студената да активно учествују током процеса наставе. Ово оставља простора за побољшање процеса предавања у циљу утврђивања баланса материјала који ће бити доступни студентима унапред или ван самих термина предавања.

IV. ЗАКЉУЧАК

Различите методе програмирања имају сврху да промовишу добар дизајн кода, подстакну програмере да се придржавају добрих структура, као и да омогуће одговарајућу стандардизацију овог процеса. Софтверски патерни омогућили су да се апстракције одговарајућих решења програмерских проблема поново искористе у одговарајућим ситуацијама [8].

Циљ предавања из овог предмета управо и јесте да се студентима укаже као добра пракса да постојећа решења софтверских патерна уведу као стандардизацију за писање свог будућег кода.

Из спроведене анализе процеса извођења предавања, може се уочити и да се сам процес може посматрати као патерн који се успешно примењује већ годинама, уз одговарајуће варијације. Истраживања су показала да новије генерације студената све већи значај придају концепту активног учења и да теже да нове концепте усвајају кроз разне практичне примере. Ово оставља могућност за побољшање процеса извођења наставе кроз активно учење студената током извођења наставе.

Један од начина активнијег учествовања студената у процесу извођења предавања, а на основу предлога студената из *Истраживања 1*, као додатан материјал студентима може се креирати каталог практичних примера примене софтверских патерна. Сваки пример из каталога садржао би појашњење примера и програмски код чија је структура прилагођена одговарајућем патерну.

Даљи правци истраживања односе се на креирање метрика за оцењивање педагошких модела примењених у извођењу наставе. Циљ истраживања јесте креирање јединствених атрибута за оцену педагошког модела, а затим и математичких формализама који би омогућили да се изводе квантитативне оцене ових параметара. На овај начин омогућила би се одговарајућа униформност у процесу анализе успешности извођења наставе из било ког предмета.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] S. Hartikainen, H. Rintala, L. Pylväs, & P. Nokelainen, "The Concept of Active Learning and the Measurement of Learning Outcomes: A Review of Research in Engineering Higher Education." in *Education Sciences*, vol. 9, 2019, pp. 1-3.
- [2] E. D. Justo, & A. Delgado, "Change to Competence-Based Education in Structural Engineering." in *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, vol. 143, 2015, pp. 1-8.
- [3] M. Prince, "Does Active Learning Work? A Review of the Research." in *The Research Journal For Engineering Education*, vol. 93, 2004, pp. 223-231.
- [4] M. Prince, & R. Felder, "Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons, and Research Bases." in *The Research Journal For Engineering Education*, vol. 95, 2006, pp. 123-138.
- [5] M. R. Lima, P. Hammar Andersson, & E. Saalman, "Active Learning in Engineering Education: A (re)introduction." in *European Journal of Engineering Education*, vol. 42, 2017, pp. 1-4.
- [6] Ljubisavljević, D. (2022). Adapter[Source code]. <https://github.com/dragicalj/adapter>
- [7] Ljubisavljević, D. (2022). Anketa. <https://github.com/dragicalj/anketa>
- [8] E. Gamma, R. Helm, R. Johnson, & J. Vlissides, "Design Patterns: Abstraction and Reuse of Object-Oriented Design", Addison-Wesley, 1994. pp. 1-2.

Integracija Swing i JavaFx tehnologija korišćenjem Abstract Factory paterna

Prvi A. Ana Korunović, Drugi B. Siniša Vlajić

Sadržaj – U ovom radu je objašnjena integracija Swing i JavaFX GUI tehnologija, korišćenjem Abstract Factory paterna. Dat je pregled osnovnih osobina Swing i JavaFX tehnologija, nakon čega su objašnjeni paterni projektovanja sa naglaskom na Abstract Factory patern. U našem studijskom primeru smo pokazali kako se, postojeći softverski sistem, koji je zasnovan na Abstract Factory paternu i Swing GUI tehnologiji, može integrisati sa JavaFX GUI tehnologijom na relativno jednostavan način. Navedena integracija je urađena, kako bi se studentima sa Fakulteta organizacionih nauka (FON), Univerzitet u Beogradu, u nastavi na predmetu Softverski paterni, objasnila primena softverskih paterna u povezivanju različitih GUI tehnologija.

I. UVOD

Prilikom razvoja softverskih sistema veoma je važno obezbediti arhitekturu koja je fleksibilna i održiva. Arhitekturu čine međusobno povezane komponente koje su između sebe povezane preko njihovih interfejsa [1]. Arhitekture softverskog sistema se mogu realizovati korišćenjem makro (*Enterprise Component Framework* (ECF), *Model View Controller* (MVC),...) i mikro arhitekturnih paterna (GOF paterni projektovanja) [1,2]. GOF (*Gang of Four*) paterni projektovanja predstavljaju generička rešenja koja se mogu primeniti u rešavanju nekog skupa sličnih problema. Ovi paterni su podeljeni u tri grupe: kreacioni, strukturni i paterni ponašanja. **Abstract Factory patern**, koji je korišćen u ovom radu, je jedan od kreacionih paterna projektovanja.

Arhitektura softverskog sistema, konceptualno se može podeliti na klijentski (*front end*) i serverski deo (*back end*). Klijentski deo softverskog sistema čine ekranske forme i kontroleri tih formi. Implementacija ekranskih formi se može realizovati korišćenjem različitih GUI (*Graphical User Interface*) tehnologija. U ovom radu smo koristili Javine GUI biblioteke **Swing i JavaFX**, za kreiranje grafičkog korisničkog interfejsa. Swing i JavaFx predstavljaju dve heterogene tehnologije koje se kao takve mogu zajedno koristiti prilikom implementacije grafičkog korisničkog interfejsa nekog softverskog sistema. Obe tehnologije se zasnivaju na MVC paternu i teže odvajanju grafičkog interfejsa od aplikacione logike [3].

Prvi A. Ana Korunović, Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, Jove Ilića 154, 11000 Beograd, Srbija (e-mail: ak20223702@student.fon.bg.ac.rs).

Drugi B. Siniša Vlajić, Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, Jove Ilića 154, 11000 Beograd, Srbija (e-mail: sinisa.vlajic@fon.bg.ac.rs).

U ovom radu je objašnjen način integracije Swing i JavaFX GUI tehnologija, korišćenjem Abstract Factory paterna. Shodno tome, kreiran je softverski sistem[4] u Java programskom jeziku koji je povezan sa MySQL bazom podataka. Navedena integracija je urađena, kako bi se studentima Fakulteta organizacionih nauka (studijski program, Informacioni sistemi i tehnologije), Univerzitet u Beogradu, na izbornom predmetu Softverski paterni (4. godina studija), objasnila primena softverskih paterna u povezivanju različitih GUI tehnologija.

Rad je organizovan u šest poglavlja. Nakon uvoda u predmet i cilj ovog rada, sledi objašnjenje osnovnih karakteristika Swing i JavaFX GUI tehnologija (drugo i treće poglavlje). U četvrtom poglavlju data je opšta definicija paterna i objašnjenje Abstract Factory paterna. U petom poglavlju je objašnjen softverski sistem u kome je izvršena integracija Swing i JavaFX GUI tehnologija korišćenjem Abstract Factory paterna. Šesto poglavlje sadrži zaključna razmatranja.

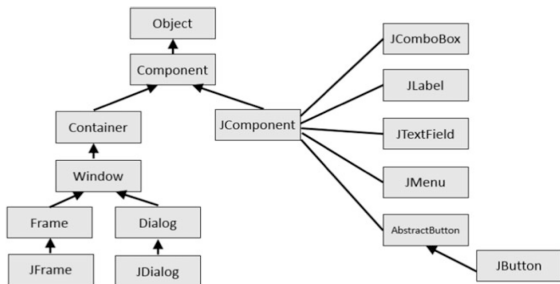
II. SWING

Realizacija grafičkog korisničkog interfejsa u Javi omogućena je korišćenjem *Java Foundation Classes* (JFC), sastavljenim od grupe biblioteka [5]. JFC čine biblioteke *Abstract Window Toolkit* (AWT), *Java 2D*, *Accessibility*. Nemogućnost izmene izgleda grafičkih komponenti, platformska zavisnost, nepoštovanje MVC paterna kod AWT komponenti, kao i njihova oskudnost, implicira razvoj Swing-a [6]. Uvođenje Swing komponenti, kako bi se neutralisala brojna ograničenja AWT tehnologije, ne dovodi do zanemarivanja iste, jer je upravo ona osnova za izgradnju nove biblioteke za kreiranje grafičkog interfejsa. Iako Swing predstavlja veliki iskorak u odnosu na AWT komponente, bitno je napomenuti da se upravljanje događajima odvija na isti način u pomenutim bibliotekama.

Swing komponente su napisane u Java programskom jeziku i omogućeno je da se izgled komponenti menja, kao i da ne zavise od konkretne implemetacione platforme, već od same biblioteke (imaju *pluggable-look-and-feel*) [5]. U kontekstu paterna, Swing podržava *Model-View-Controller* (MVC) patern koji odvaja upravljanje prikazom komponenti na formama (*View*), način na koji komponente reaguju u interakciji sa korisnikom (*Controller*) i stanje koje komponente sadrže (*Model*).

Razvoj grafičkog korisničkog interefejsa korišćenjem Swing biblioteke zahteva poznavanje dva suštinska elementa:

komponente i kontejnera. Kontejneri su zapravo komponente kojima je svrha da objedinjuju grupu komponenti, poput JButton, JComboBox i JTextField i njihovo prisustvo je preduslov da bi se elementi prikazali korisniku. U Swing-u su prisutni kontejneri višeg nivoa, koji nasleđuju klase *Container* i *Component* AWT biblioteke i njih karakteriše nemogućnost promene oblika i zavisnost od operativnog sistema konkretne platforme [5].

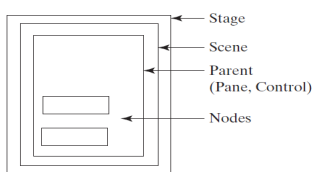


Slika 1. Primer hijerarhije klasa Swing biblioteke [3]

III. JAVA FX

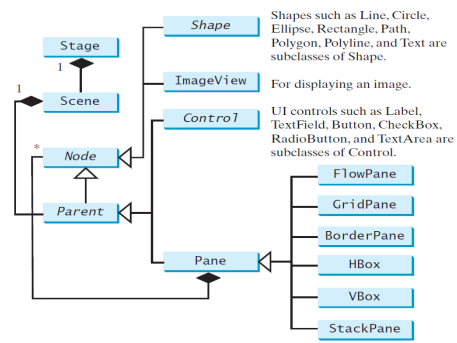
Nasuprot Swing komponenti koje su osmišljene za razvoj isključivo grafičkog korisničkog interfejsa *desktop* aplikacija, nalazi se JavaFX tehnologija koja omogućava i kreiranje grafički bogatih internet i mobilnih aplikacija (*Rich Internet Application*) [7]. Ova biblioteka je razvijena od strane kompanije *Sun Microsystems* i zasnovana je na programskom jeziku Java. JavaFX uvodi i karakteristike Java programskog jezika poput Generics-a, Lambda izraza, anotacija i višenitnog programiranja. Napredak u odnosu na Swing tehnologiju predstavlja FXML, skriptabilan jezik zasnovan na XML-u, koji opisuje korisnički interfejs i omogućava definisanje kontrolera koji reaguje na događaje. Logika sadržana u FXML-u omogućava kontroleru pravovremeno reagovanje na događaje bez komunikacije sa korisničkim interfejsom, formirajući MVC arhitekturu [8].

Grafički korisnički interfejs u JavaFX-u konstruisan je kao kolekcija čvorova (*nodes*) koji čine stablo [9]. Čvorovi su sastavni deo scene (*Scene*), odnosno pozornice (*Stage*) i mogu da budu 2D i/ili 3D objekti, slike, video i/ili audio zapisi, labele, polja za unos teksta i slično [10].



Slika 2. Odnos komponenti i čvorova u JavaFX-u [7]

Komponenta *javafx.stage.Stage* predstavlja kontejner višeg nivoa, konstruisane od strane konkretne platforme. Sastavni deo pozornice čini scena sastavljena od jednog čvora ili stabla čvorova grafičkog korisničkog interfejsa.



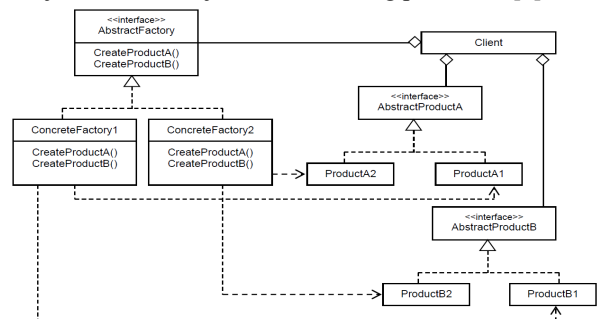
Slika 3. Dijagram klasa JavaFX-a [7]

JavaFX je kontrolisana od strane JavaFX platforme, koja kreira objekte i niti aplikacije [11]. Sve promene nad pozornicom (*Stage*) i čvorovima moraju da se odvijaju u okviru niti JavaFX aplikacije, da bi bile prikazane korisniku.

IV. ABSTRACT FACTORY PATERN

Softverske paterne posmatramo kao trodelno pravilo, koje uspostavlja relaciju između konteksta, sistema sila koje se ponavljaju u tom kontekstu (problem) i softverske konfiguracije koja omogućava tim silama da uspostave odgovarajuće odnose (rešenje) [1]. Paterni obezbeđuju opšte rešenje za grupu problema prilikom razvoja softverskog sistema, odnosno ponovnu upotrebljivost jednom napisanog programskog koda. Softverski paterni se mogu podeliti na tronoivjske paterne, anti-paterne i meta paterne. Od tronoivjskih paterna posebnu pažnju privlače GOF uzori projektovanja (*GOF design patterns*).

Abstract Factory patern je jedan od kreacionih paterna unutar familije 23 GOF paterna projektovanja. Abstract Factory definiše interfejs za kreiranje povezanih i zavisnih objekata (proizvoda) bez navođenja konkretnih klasa. Ovakav način enkapsulacije onemogućuje klijentu direktan pristup konkretnim proizvodima i udaljava ga od odgovornosti kreiranja istih. Klijent manipuliše pojavljivanjima (instancama) preko reference na *AbstractFactory*, upravlja i nadzire proces kreiranja složenog proizvoda i kreira složeni proizvod, dok *AbstractFactory* određuje način kreiranja delova složenog proizvoda [1].



Slika 4. Struktura Abstract Factory paterna [2]

Prednost upotrebe Abstract Factory paterna se ogleda u izolovanju konkretnih klasa (proizvoda) od klijenta, što obezbeđuje bolju kontrolu nad procesom instanciranja.

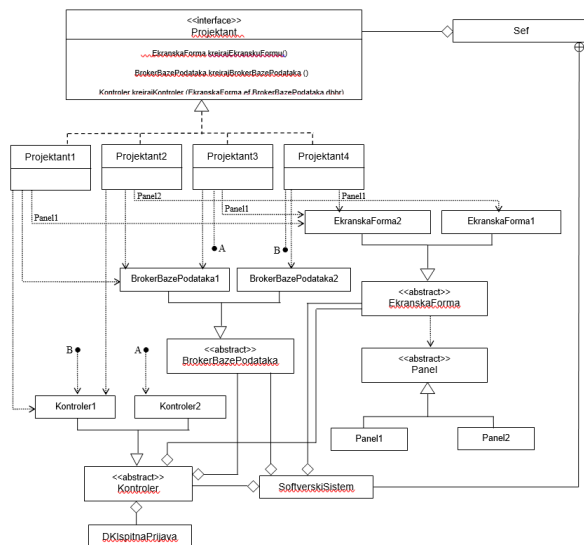
Takođe, ukoliko je neophodno promeniti proizvod, to se može vrlo lako uraditi jer se konkretni proizvod nalazi na samo jednom mestu u softverskom sistemu, a to je mesto njegovog instanciranja. Interfejs *AbstractFactory* ograničava kolekciju proizvoda koji mogu biti kreirani, zbog toga dodavanje nove i drugačije implementacije zahteva izmenu interfejsa i prethodno kreiranih konkretnih proizvoda [2].

V. INTEGRACIJA SWING I JAVA FX TEHNOLOGIJE PRIMENOM ABSTRACT FACTORY PATERNA

Ideja integracije dve heterogene GUI tehnologije nastala je iz želje da se studentima FON-a pruži praktičan primer primene softverskih paterna (Abstract Factory-a) u povezivanju različitih GUI tehnologija (Swing i JavaFX).

Bitno je naglasiti da suština našeg nastavnog pristupa u radu sa softverskim paternima nije samo u tome da se studentima prikaže konačna struktura održivih softverskih sistema. Studenti, pre svega, treba da nauče postupak transformacije neodrživih u održive softverske sisteme korišćenjem softverskih paterna, kako bi samostalno mogli da projektuju i implementiraju sopstvene studijske primere (seminarski radovi).

U našem studijskom primeru izgrađen je softverski sistem[4] za obradu prijava studenata. Činioci tog sistema su ekranska forma sa poljima za prihvatanje i prikaz podataka, broker baze podataka i kontroler za razmenu podataka između kontrolera i brokera. Shodno ulogama klijenta i servera kod Abstract Factory paterna, klijent (*Šef*) nadzire proces izrade složenog proizvoda i kreira složeni proizvod, dok server (*Projektant*) je odgovoran za kreiranje delova složenog proizvoda. Softverski sistem studijskog primera je zasnovan na softverskom sistemu (Slika 5) kod koga je primenjen Abstract Factory patern u razvoju Swing GUI Java aplikacije.



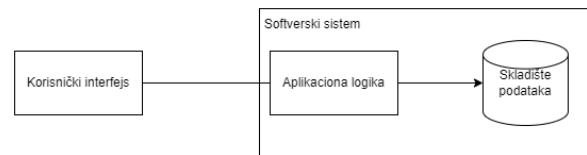
Slika 5. Dijagram klasa – Swing GUI tehnologija

Kod navedenog softverskog sistema (Slika 5) može se primetiti da *Šef* predstavlja klijenta koji inicira razvoj

složenog proizvoda i on sadrži referencu na *Projektanta*, odnosno *AbstractFactory*. Implementacije interfejsa *Projektant* kreiraju sopstvene kombinacije delova složenog proizvoda.

Ono što čini ovu strukturu održivom jeste uvođenje apstrakcija i izmeštanje logike obrade događaja nad ekranskom formom do kontrolera. Na ovaj način prevaziđen je nedostatak Swing-a, koji se odnosi na automatsko generisanje programskog koda i navođenje programera da logiku reagovanja na događaje smesti u okviru ekranskih formi, što dovodi do nefleksibilnih i neodrživih struktura.

Apstrakcije u aplikaciji su klase: *Panel*, *EkrskaForma*, *Kontroler* i *BrokerBazePodataka*. Metode sadržane u apstraktnim klasama *Panel* i *EkrskaForma* odnose se isključivo na stilizaciju izgleda korisničkog interfejsa, postavljanje polja za unos podataka i komponenti koje mogu da reaguju na događaje. Izmeštanjem osluškivača na događaje van korisničkog interfejsa, aplikaciona logika podignuta je na viši nivo, na nivo kontrolera. Na ovaj način postignuta je tronivojska arhitektura aplikacije, koja teži MVC paternu.



Slika 6. Tronivojska arhitektura softverskog sistema [12]

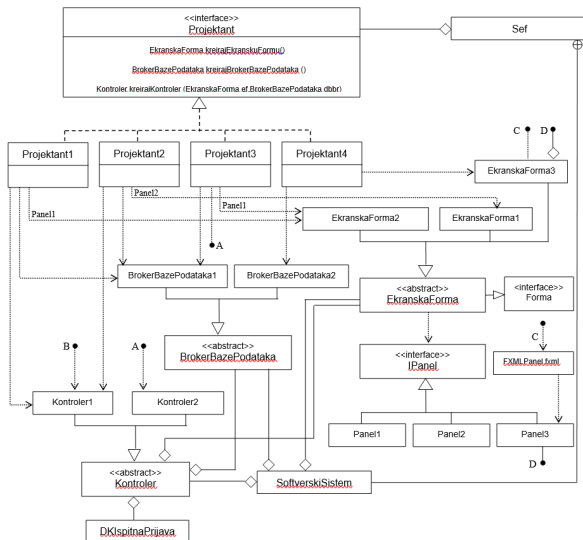
Tronivojsku arhitekturu aplikacije čine sledeći elementi[12]:

- Korisnički interfejs razvijen je primenom Swing tehnologije. Na ekranskim formama omogućen je unos nove ispitne prijave, izmena, pretraga i brisanje postojeće prijave;
- Nivo aplikacione logike sadrži kontroler koji predstavlja sponu između korisničkog interfejsa i brokera baze podataka. Kontroler aplikacione logike odgovoran je za postavljanje osluškivača na ekranske forme, reagovanje na događaje pokrenute tim osluškivačima pozivajući metode brokera baze podataka. Broker baze podataka sadrži metode koje izvršavaju operacije nad skladištem podataka, koristeći opšte domenske objekte.
- Nivo skladišta podataka sadrži podatke o ispitnim prijavama.

Uvođenjem apstrakcija omogućeno je razdvajanje više različitih ekranskih formi i panela od kontrolera aplikacione logike. Korišćenjem paterna eliminisana su mesta u programu koja su bila promenljiva i teška za održavanje i nadogradnju. Napravljene su generičke komponente koje se mogu ponovo koristiti u razvoju drugih sličnih softverskih sistema

Iako je prethodno opisani softverski sistem na pravi način pružao uvid studentima kako da prepoznaju mesta promenljivog i nepromenljivog programskog koda, kao i da shvate kada je pravi trenutak da se inkorporiraju apstrakcije i

generičke strukture, pojavila se ideja nadogradnje ovog sistema. Cilj je bio da se postojeći sistem (Slika 5) integriše sa JavaFX GUI tehnologijom, kako bi se omogućilo da se ekranske forme (preko kojih se obrađuju ispitne prijave), mogle realizovati u JavaFX tehnologiji. Integrisanjem Swing i JavaFX korišćenjem Abstract Factory paterna (Slika 7) je u suštini napravljena matricna struktura koju obrazuju ekranske forme i različite GUI tehnologije.



Slika 7. Dijagram klasa – Swing i JavaFx GUI tehnologija

Iako je struktura dobijena korišćenjem paterna lako nadogradiva, uključivanje nove tehnologije, nameće prilagodavanje specifičnih komponenti. Razlike u implementaciji Swing-a i JavaFx-a zahtevaju da apstraktna klasa *Panel* bude zamenjena sa interfejsom *IPanel*, čime je ostvaren viši nivo apstrakcije. U apstrakcijama se više ne nalaze reference na klase paketa *javax.swing* već se koristi nadklasa svih klasa *Object*. Dodat je još jedan nivo apstrakcije kod ekranskih formi, kreiranjem interfejsa *Forma*.

EkrskaForma3 i *Panel3* razlikuju se od ostalih formi i panela po tehnologiji koju koriste. Naime, *EkrskaForma3* nasleđuje klasu *javafx.application.Application*, kako bi se prilikom instanciranja objekta klase *EkrskaForma3* pozvala metoda *start(javafx.stage.Stage)*. U okviru ove metode, učitava se FXML fajl u kome je opisan izgled korisničkog interfejsa. *Panel3* sadrži FXML anotaciju koja deklariše članice kontrolera paketa *javafx.scene.control* koje inicijalizuje *FXMLLoader*.

Manje izmene su učinjene na nivou kontrolera, ali suština je ostala ista. Izmeštena je logika obrade događaja iz ekranskih formi u *Kontroler*, *SofverskiSistem* sadrži reference na apstrakcije delova složenog proizvoda, a odluku o instanciranju istih donosi *Projektant*.

VI. ZAKLJUČAK

Da bi jedan softverski sistem bio održiv i efikasan neohodno je da bude izgrađen na stabilnoj osnovi. Srž softverskog sistema treba da bude takva da može da omogućiti

dodavanje novih i promenu postojećih funkcionalnosti, kao i dodavanje novih tehnologija, uz minimalne izmene. To je omogućeno korišćenjem Abstract Factory paterna, koji je zasnovan na MVC paternu. U našem studijskom primeru smo pokazali kako se, relativno lako, postojeći softverski sistem (Slika 5) može integrisati sa JavaFX GUI tehnologijom (Slika 7).

Pravci daljeg istraživanja odnose se na proširenje uočene matricne strukture, koja je dobijena integrisanjem JavaFx-a i Swing-a, sa jedne strane i različitih implementacija ekranskih formi, sa druge strane. Naime, korak dalje u razvoju ovakve strukture biće načinjen uvođenjem novih Javinih tehnologija grafičkog korisničkog interfejsa. Na taj način, u aplikaciji će postojati integracija različitih *desktop*, *android* i *web* GUI tehnologija. Krajnji cilj istraživanja jeste dobijanje generatora programskog koda, koji bi na osnovu izbora željene tehnologije i izgleda ekranskih formi generisao programski kod koji odgovara definisanim zahtevima.

LITERATURA

- [1] S. Vlajić, *Softverski Paterni*, ISBN: 978-86-86887-30-6, Zlatni Presek, 2014.
- [2] E. Gamma, R. Helm, R. Johnson, R. E. Johnson & J. Vlissides, "Creational Patterns," in *Design patterns: elements of reusable object-oriented software*, Pearson Deutschland GmbH, 1995
- [3] 3K. Sage, *Concise Guide to Object-Oriented Programming*, Springer International Publishing, 2019.
- [4] A. Korunović. (2022). SoftwareSystem-FON [Source code]. <https://github.com/AnaKorunovic/SoftwareSystem-FON>.
- [5] S. Vlajić, D. Savić, V. Stanojević, I. Antović, M. Milić, *Napredne Java tehnologije*, ISBN: 978-86-86887-03-0, Zlatni presek, 2008.
- [6] H. Schildt, *Java The Complete Reference, 7th ed.*, The McGraw-Hill Companies, 2007.
- [7] Y. D. Liang, "JavaFx Basics," in *Introduction To Java Programming, Comprehensive Version*, Pearson Education India, 2009, pp 535-584.
- [8] G. Kruk, O. Alves, L. Molinari, E. Roux, "Best practices for efficient development of JavaFX applications," Proceedings of the 16th International Conference on Accelerator and Large Experimental Control Systems, ICALEPCS 2017, Barcelona, Spain, 2017.
- [9] K. Sharan, *Beginning Java 8 APIs, Extensions and Libraries: Swing, JavaFx, JavaScript, JDBC and Network programming APIs*, Apress, 2014.
- [10] P. Xiao, "Java programming for Windows Application," in *Practical Java programming for IoT, AI, and Blockchain*, 1st ed., John Wiley & Sons, Inc., 2019, pp 99-127.
- [11] S. Chin, J. Vos, J. Weaver, "JavaFx Fundamentals," in *The Definitive Guide to Modern Java Clients with JavaFX*, Apress, 2019, pp 33-80
- [12] S. Vlajić, *Projektovanje Sofvera (Skripta – Radni material)*, Dr Siniša Vlajić, 2020.

Primjer STBC implementacije kao PLS tehnike

Vasilije Lutovac, Vladimir Đurišić, Uglješa Urošević, Zoran Veljović

Sadržaj — U ovom radu je analizirana već postojeća tehnika prostorno-vremenskog blok kodiranja (STBC – Space Time Block Coding) koja ima dvije predajne i proizvoljan broj prijemnih antena. Ova tehnika je poznatija pod imenom Alamouti STBC kodiranje i u ovim sistemima nije potrebna informacija o stanju na kanalu (CSI - Channel State Information) na predajnoj strani. Takođe, uz određene modifikacije se može primijeniti za siguran prenos podataka, odnosno kao tehnika za sigurnost na fizičkom nivou (PLS - Physical Layer Security). PLS sprečava neovlašćen pristup korisnim informacijama koje se prenose bežičnim kanalom. U razmatranom scenariju je pretpostavljeno da se legitimni i nelegitimni prijemnici ne mogu naći toliko blizu da bi imali iste uslove na kanalu.

I. UVOD

Ovaj rad se odnosi na veoma aktuelnu temu sigurnosti na fizičkom nivou. Kao što je poznato, mobilne mreže su doživjele ekspanziju poslednjih godina i iz dana u dan raste broj njihovih korisnika, zbog toga su i tema brojnih istraživanja. Naime, siguran prenos podataka mora biti obezbijeđen korisnicima, a mobilni radio kanal sam po svojoj prirodi to samo otežava. U TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) arhitekturi je definisano da nivoi ispod nude servise nivoima iznad, pa tako sve što se radi na višim nivoima, radi se uz pretpostavku da je fizički nivo siguran.

Kako se signali prostiru slobodno u prostoru tako ti signali dolaze i do uređaja koji pokušavaju da zloupotrijebe te signale. U ovom radu, kao i u mnogim drugim radovima na slične teme, ovi uređaji su okarakterisani kao nelegitimni prijemnici. Potrebno je obezbijediti da pošiljalac i legitimni prijemnik nesmetano razmjenjuju informacije, a da te informacije budu nedostupne nelegitimnim prijemnicima. Dakle, potrebno je da željeni korisnici razmjene ključ uz pomoć kojeg bi samo ta dva korisnika mogla da dekodiraju poslate simbole [1-6].

Vasilije Lutovac, Elektrotehnički fakultet u Podgorici, Univerzitet Crne Gore, Džordža Vašingtona bb, 81000 Podgorica, Crna Gora (e-mail: vasilije.lutovac@ucg.ac.me).

Vladimir Đuri, Elektrotehnički fakultet u Podgorici, Univerzitet Crne Gore, Džordža Vašingtona bb, 81000 Podgorica, Crna Gora (e-mail: vladimir.djurisic@ucg.ac.me).

Uglješa Urošević, Prirodno-matematički fakultet u Podgorici, Univerzitet Crne Gore, Džordža Vašingtona bb, 81000 Podgorica, Crna Gora (e-mail: ugljesa.urosevic@ucg.ac.me).

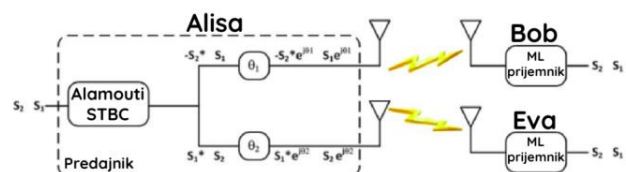
Zoran Veljović, Elektrotehnički fakultet u Podgorici, Univerzitet Crne Gore, Džordža Vašingtona bb, 81000 Podgorica, Crna Gora (e-mail: zoran.veljovic@ucg.ac.me).

Brojne su tehnike koje koriste informaciju o stanju na kanalu (CSI - Channel State Information) kako bi pomoću nje razmjenili tajni ključ i započeli komunikaciju. Postoje tehnike koje koriste samo dvije ili više antena, neke koriste i mogućnost vještačkog generisanja šuma kako bi obezbijedili sigurniji prenos. Ono što je važno jeste da većina njih povećava odnos vršne i srednje snage (PAR - Peak-to-Average Power Ratio), što dalje uslođnjava sistem i predstavlja opterećenje elektronskim komponentama, kako na prijemu tako i na predaji. Ove tehnike su detaljno objašnjene u radovima [7-12].

U ovom radu je razmatrana tehnika koja koristi dobro poznato Alamouti prostorno-vremensko blok kodiranje (STBC - Space Time Block Coding). Alamouti kod je nastao devedesetih godina prošlog vijeka, ali je našao veliku primjenu i koristi se u današnjim sistemima. Sistem koji je opisan u ovom radu ima dvije predajne i jednu legitimnu prijemnu antenu. Ono što je interesantno i vezano za STBC Alamouti kodiranje jeste da se uz modifikaciju može primijeniti i kao tehnika sigurnosti na fizičkom nivou. Ideja je da se tajni ključ razmijeni pomoću informacije o nivou prijemne snage (RSSI - Received Signal Strength Indicator) i da se na osnovu tog ključa slučajno mijenja ugao svakog simbola i tako onemoguću prisluškivanje kanala. Priroda bežičnog kanala je slučajna i promjenljiva pa će kanal bilo kojeg drugog prijemnika drugačiju statistiku imati, tj. biće drugačiji uslovi na kanalu i samim tim će RSSI za te prijemnike biti nepoznata. RSSI je informacija koja se mjeri od 0 do -120 dBm-a. Ukoliko je vrijednost bliža nuli, to znači da je veći nivo primljenog signala. Tipično za mreže kojima se prenosi govor je to oko -65dBm-a dok za mreže u kojima se prenose podaci RSSI treba da je veća od -80dBm-a. RSSI se kreće u opsegu između -45dBm-a i -87dBm-a u zavisnosti od karakteristika na prijemnoj i predajnoj strani.

II. MODEL SISTEMA I PRETPOSTAVKE

Na slici 1. je prikazana slika sistema koji je simuliran.



Slika 1. Blok dijagram sistema

U pitanju je MISO (Multiple Input Single Output) sistem

tj. sistem koji ima dvije predajne i jednu prijemnu antenu. Alisa je korisnik koji sa svog terminala šalje informacione simbole Bobu dok je Eva u ovom slučaju tzv. nelegitimni prijemnik.

Kao što se vidi sa slike 1, na predajnoj strani postoje dvije grane i obje simbolima na ulazu dodaju različite uglove. Pretpostavljeno je da se nelegitimni prijemnik nalazi blizu legitimnog prijemnika, ali ne i dovoljno blizu da bi njihovi kanali imali istu multipath propagaciju. Tačnije, njihovi kanali imaju različito koherentno vrijeme i različit koherentni opseg. Čak, u najgorem slučaju, kada bi Eva imala informaciju o stanju na kanalu (CSI), ona ne bi mogla imati isti nivo snage na prijemu.

Razmatran je kanal sa Rayleigh-evom raspodjelom uz aditivni bijeli Gausov sum (AWGN). U sistemu je razmatrana BPSK (Binary Phase-shift keying) modulacija.

Kao što je već rečeno, korišćeno je prosotрно-vremensko blok Alamouti kodiranje pa su informacioni biti podijeljeni u kodne riječi. Što znači da se različite kodne riječi šalju sa različitim antena u vremenski različitim slotovima. Pa se tako u prvom vremenskom slotu prenosi po jedna riječ sa obje antene i to sa prve se prenosi $S_{1,k}e^{j\theta_{1,k}}$ a sa druge $S_{2,k}e^{j\theta_{2,k}}$. Dok se u drugom vremenskom slotu prenosi $-S_{2,k}e^{j\theta_{1,k}}$ sa prve antene, a $S_{1,k}e^{j\theta_{2,k}}$ sa druge predajne antene posmatranog SIMO sistema. Po ovome je i karakterističan Alamouti kod, jer u određenim iteracijama, šalje konjugovane kompleksne vrijednosti kodnih riječi, kako bi se osiguralno da će se na prijemu moći izvući tačna vrijednost kodnih riječi, ma kako različito se ponašali signali na dva odvojena multipath kanala.

$$C(S_{1,k}, S_{2,k}, \theta_{1,k}, \theta_{2,k}) = \begin{pmatrix} S_{1,k}e^{j\theta_{1,k}} & S_{2,k}e^{j\theta_{2,k}} \\ -S_{2,k}e^{j\theta_{1,k}} & S_{1,k}e^{j\theta_{2,k}} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Dodatno, što se tiče pretpostavki, razmatrani su najgori mogući slučajevi, tj. da Eva ima savršen CSI kao i Bob, a da Eva ima informaciju kako su simboli raspoređeni na konstalacionom dijagramu, da Eva zna da Alisa koristi STBC Alamouti kod sa potpuno nasumičnom rotacijom faza i da rotacije faza mijenjaju za svaku narednu kodnu riječ.

III. PREDLOŽENI STBC ZA SIGURAN PRENOS

U ovom dijelu rada ce biti razmatran i opisan proces kodiranja na predajnoj strani kao i proces dekodiranja na prijemnoj strani, kako iz ugla Boba, tako i iz ugla Eve kao prislušivača.

A. Kodiranje

Prenos se pokreće razmjenom tajnog ključa na osnovu RSSI-a: Alisa i Bob prenose poznati signal jedno drugom. U idealnom slučaju, Alisa i Bob bi trebali da izmjere RSSI istovremeno. Međutim, nije moguće da istovremeno šalju i primaju signale, pa je Alisa ta koja inicira proces, a Bob na njega odgovara. Ovo dvosmjerno mapiranje se vrši preko dva uzastopna vremenska slota. Taj signal moće biti poznat i Evi,

ali ona neće moći izmjeriti istu RSSI vrijednost zbog više faktora kao što su multipath propagacija, različita osjetljivost uredjaja, različita lokacija itd.

Ovdje je pretpostavljeno da i Alisa i Bob neće biti u mogućnosti da izmjere istu RSSI vrijednost pa će to samim tim i uticati na vjerovatnoću greške (BER) koja će biti prikazana na graficima. Razmatrano je tako da se nizovi faza rotacije razlikuju u određenom procentu, tj. da ce Alisa i Bob imati jedan dio različitih faza za pojedine kodne riječi.

B. Dekodiranje

Dokodiranje se vrši na prijemnoj strani od strane Boba i Eve. Kao što je već rečeno, Eva kao prislušivač ne moće nikako doći u posjed RSSI i samim tim ne posjeduje niz po kojem se mijenjaju faze simbola.

Ovdje je pretpostavljeno da su Bob i Alisa uspješno razmijenili ključ i izmjerili vrijednost prijemne snage. Takođe pretpostavlja se da se koristi ML algoritam za tvrdo odlučivanje.

$$\begin{pmatrix} r_{1,k} \\ -r_{2,k}^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{1,k}e^{j\theta_{1,k}} & h_{2,k}e^{j\theta_{2,k}} \\ -h_{2,k}^*e^{j\theta_{1,k}} & h_{1,k}^*e^{j\theta_{2,k}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S_{1,k} \\ S_{2,k} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} n_{1,k} \\ -n_{2,k}^* \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$r_k = H(\theta) S_k + n_k \quad (3)$$

Jednačinom iznad su izraženi vektori primljenog signala na Bobovom prijemniku. H predstavlja funkciju prenosa kanala dok je sa n standardno označen AWGN, koji ima nultu srednju vrijednost i varijansu jednaku $N_0/2$.

Ukoliko se primljenim simbolima vrati faza na prvobitnu vrijednost dobiće se originalno poslate simbole. To nije slučaj sa Evinim prijemnikom. Pošto Eva ne zna podatke o fazama onda moće pokušati da na osnovu primljenih simbola i njihovih faza pretpostavi faze sledećih simbola. Međutim oni se veoma brzo šalju i veliki je broj simbola pa sloćenost ML algoritma koji je implementiran i kod Eve rapidno raste. Na primjer, kad kodna riječ sadrži 3 simbola i 4 moguće faze tada je sloćenost proporcionalna L^7 , gdje je L broj mogućih vrijednosti simbola. Moguće je naravno koristiti i M-QAM konstalaciju, gdje uglovi rotacije mogu uzimati sledeće vrijednosti $\theta = \{0, \pi/2, \pi, 3\pi/2\}$, da bi se izbjeglo povećanje PAR odnosa. Eva i Bob mogu koristiti iste ML detektore kao kod L-PSK modulacije.

TABELA I
ML DIVERZITI ZA SIGURNI STBC

Rotacija Faze	Bobov diversity	Evin diversity	Kodne rijeci Minimalni rang
1	4	3	$C_k = (1, 1, 1, \pi, 0, 0, 0)$ $\bar{C}_k = (-1, -1, -1, 0, 0, 0, 0)$
2	4	2	$C_k = (1, 1, 1, \pi, \pi, 0, 0)$ $\bar{C}_k = (-1, -1, -1, 0, 0, 0, 0)$

3	4	1	$C_k = (1,1,1,\pi,\pi,\pi,0)$ $\bar{C}_k = (-1,-1,-1,0,0,0)$
4	4	0	$C_k = (1,1,1,\pi,\pi,\pi,\pi)$ $\bar{C}_k = (-1,-1,-1,0,0,0)$

$$C(S_{1,k}, S_{2,k}, S_{3,k}, \theta_{1,k}, \theta_{2,k}, \theta_{3,k}, \theta_{4,k}) = \begin{pmatrix} S_{1,k}e^{j\theta_{1,k}} & S_{2,k}e^{j\theta_{2,k}} & S_{3,k}e^{j\theta_{3,k}} & 0 \\ -S_{2,k}^*e^{j\theta_{1,k}} & S_{1,k}^*e^{j\theta_{2,k}} & 0 & S_{3,k}e^{j\theta_{4,k}} \\ S_{3,k}^*e^{j\theta_{1,k}} & 0 & -S_{1,k}^*e^{j\theta_{3,k}} & S_{2,k}e^{j\theta_{4,k}} \\ 0 & S_{3,k}^*e^{j\theta_{2,k}} & S_{2,k}^*e^{j\theta_{3,k}} & -S_{1,k}e^{j\theta_{4,k}} \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$r_k = C(S_{1,k}, S_{2,k}, S_{3,k}, \theta_{1,k}, \theta_{2,k}, \theta_{3,k}, \theta_{4,k}) \cdot h + n_k \quad (5)$$

Ukoliko je rotacija uglova primjenjena na sve predajne antene to će dovesti do nultog diversity-ja kod nelegitimnog prijemnika. U slučaju ako je RSSI izmjeren od strane Alise i Boba unutar koherentnog vremena kanala čak i u bez šumnom okruženju Evin ML detektor će imati nulti diversity. Tj. Evin ML detektor nije u stanju da napravi razliku između simbola sa rotacijom 0 i π .

Alisa i Bob izvode *two-way probing* tokom dva uzastopna vremenska slota. Dok god je kanal fiksiran tokom dva slota, zbog reciprocity kanala Alisa i Bob mjere isti RSSI.

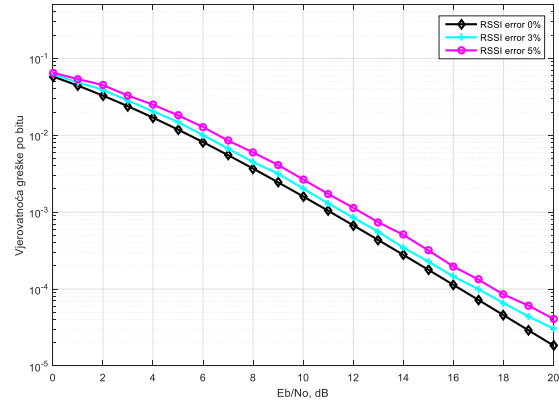
IV. SIMULACIJE

Bitna činjenica, koja se analizirala u ovom radu jeste da je veoma teško da Alisa i Bob izmjere istu vrijednost primljenog signala, tj. da dobiju potpuno istu RSSI vrijednost. To može zavistiti od više faktora. Uređaji koji se koriste u komunikaciji će se vrlo vjerovatno razlikovati u performansama, pa će tako i osjetljivost tih uređaja biti različita. Takođe, osjetljivost uređaja može zavistiti i od starosti uređaja i samih komponenti terminala koje učestvuju u procesu slanja i prijema podataka. Pa tako na jednoj strani možete imati prilično nov i kvalitetan mobilni terminal koji ima odlične performanse u odnosu na drugi uređaj koji može biti stariji i biti iz kategorije starijih modela nekog proizvođača.

Moguća su i neka kašnjenja u obradi signala koja mogu biti i veća od koherentnog vremena kanala. Bitno je napomenuti i da se mobilni radio kanal uvijek razmatra kao jedan slučajni proces i da se svi scenariji razmatraju sa određenom vjerovatnoćom.

Iz ovih razloga je pretpostavljeno da će se javiti greška u očitavanju RSSI informacije na predajnoj i prijemnoj strani. Usled različitog očitavanja RSSI parametra i faze simbola kojima se modifikuje STBC kod su različite. Rađene su simulacije sa različitim procentom promijenjenih faza simbola. Na slici 2. su prikazani rezultati za slučaj da su oba korisnika izmjerila istu ili malo različitu vrijednost RSSI

parametra. Prikazana je vjerovatnoća greške u zavisnosti od odnosa energije bita i spektralne snage šuma. Razmatrane su MSPE (Mean Squared Percentage Error) vrijednosti od 0%, 3% i 5%, za RSSI greške na predajnoj i prijemnoj strani.



Slika 2. Rezultati simulacije, RSSI MSPE=0,3,5%.

V. ZAKLJUČAK

U radu je analiziran modifikovani STBC, tj. Alamouti kodiranje, kao moguća PLS tehnika. U sistemu koji ima dvije predajne i jednu prijemnu antenu je primijenjena BPSK modulacija. Pokazaju se da ML detektor postiže potpuni diversity za Boba, tj. za legitimnog prijemnika, dok je istovremeno za nelegitimnog korisnika (Eva) postignut nulti diversity. Čak i kada bi imala informaciju o stanju na kanalu, Eva nije u mogućnosti da izmjeri RSSI vrijednost kao i Bob zbog brzopromjenljive prirode mobilnog radio kanala, kojim se odvija komunikacija. Akcenat je na tome da legitimni predajnik i predajnik takođe neće uspjeti izmjeriti identičnu vrijednost RSSI-a ali će ipak imati sigurnu komunikaciju uz malu degradaciju vjerovatnoće greške, jer će se RSSI razlikovati za veoma malu vrijednost. Složenost te procedure je velika i zahtijeva veliki broj iteracija tj. složenost rapidno raste sa povećanjem nivoa modulacija. Ukoliko bi Eva skladištila sve informacije koje bi uspjela da primi i kasnijom dugotrajnom analizom uspjela da dekodira signale, dospjela bi u posjed dijela informacija.

Literatura

- [1] T. Allen, Senior Member, IEEE, J. Cheng, Senior Member, IEEE, and N. Al-Dhahir, Fellow, IEEE "Secure Space-Time Block Coding without Transmitter CSI" 12.2014.
- [2] Gautam, K. (2017). Implementation of space-time block code in MIMO system using antenna diversity. 2017 Recent Developments in Control, Automation & Power Engineering (RDCAPE).
- [3] Gupta, M., & Murmu, G. (2018). "Experimental Study of Fading using Alamouti Space-Time Block Code" 2018 IEEE International Students' Conference on Electrical, Electronics and Computer Science (SCEECS)
- [4] Jie Tang, Long Jiao, Kai Zeng, Hong Wen, "Physical Layer Secure MIMO Communications Against Eavesdroppers with Arbitrary Number of Antennas" 2020.
- [5] Jihoon Choi, Senior Member, IEEE, Jingon Joung, Senior Member, IEEE, and Bang Chul Jung, Senior Member, IEEE "Space-Time Line Code for Enhancing Physical Layer Security of Multiuser MIMO Uplink Transmission" 2020.

- [6] Anil Kumar Yerrapragada, Taylor Eisman, and Brian Kelley, "Physical Layer Security for Beyond 5G: Ultra Secure Low Latency Communications" IEEE 2021.
- [7] C. Guo, B. Liao, D. Feng, C. He, and X. Ma, "Minimum secrecy throughput maximization in wireless powered secure communications," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 67, no. 3, pp. 2571–2581, Mar. 2018.
- [8] B. Li, Z. Fei, Z. Chu, and Y. Zhang, "Secure transmission for heterogeneous cellular networks with wireless information and power transfer," IEEE Syst. J., vol. 12, no. 4, pp. 3755–3766, Dec. 2018.
- [9] X. Tian, Q. Liu, Z. Wang, and M. Li, "Secure hybrid beamformers design in mmWave MIMO wiretap systems," IEEE Syst. J., vol. 14, no. 1, pp. 548–559, Mar. 2020.
- [10] Y. Liu, H.-H. Chen, and L. Wang, "Physical layer security for next generation wireless networks: Theories, technologies, and challenges," IEEE Commun. Surv. Tutor., vol. 19, no. 1, pp. 347–376, Jan.–Mar. 2017.
- [11] T. Allen, A. Tajer, and N. Al-Dhahir, "Secure Alamouti MAC transmissions," IEEE Trans. Wireless Commun., vol. 16, no. 6, pp. 3674–3687, Jun. 2017.
- [12] Mukherjee, A.; Ali, S.; Fakoorian, A.; Huang, J.; Swindlehurst, A.L. Principles of Physical Layer Security in Multiuser Wireless Networks: A Survey; IEEE Commun. Surv. Tutor. 2014, 16, 1550–1573.

Korišćenje generičkih ekranskih formi u razvoju softvera zasnovanom na procesima

Milić N. Mladen, Antović D. Ilija, and Poledica M. Ana, *Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka*

Sadržaj— Uvođenje novog softverskog sistema u poslovni sistem predstavlja veoma osetljivu aktivnost. Poslovni softverski sistemi su veoma složeni pa tako i njihovo projektovanje i implementacija zahteva širok spektar znanja i veština, što podrazumeva mnogo uloženog vremena i napora. U cilju prevazilaženja ovih problema razvijeni su različiti razvojni okviri koji omogućavaju efikasniji razvoj različitih delova softverskog sistema. Primenom Camunda platforme i Angular programskog okvira možemo kreirati savremeni sistem za kreiranje poslovnih softverskih sistema. U radu je prikazano sopstveno rešenje za generisanje korisničkog interfejsa na osnovu definicije procesa, kojim se unapređuje Camunda platforma, korišćenjem Angular okvira.

I. UVOD

Intenzivan razvoj informacionih i komunikacionih tehnologija je ubrzao globalizaciju poslovnih procesa i pojavu elektronskog poslovanja [7]. Ovo je dovelo i do sve veće upotrebe poslovnih softverskih sistema u svakodnevnom poslovanju.

Uvođenje novog softverskog sistema u poslovni sistem predstavlja veoma osetljivu aktivnost. Zbog toga se uvođenje mora veoma pažljivo planirati [8]. Polazna tačka stvaranja bilo kog softverskog proizvoda je faza analize softverskih zahteva i rezultati ove faze predstavljaju osnovu svih ostalih faza u životnom ciklusu softvera. Iz tog razloga, specifikacija zahteva, trebalo bi da bude dovoljno detaljna da pruži informacije neophodne za projektovanje i implementaciju svih elemenata softverskog sistema: počevši od korisničkog interfejsa, logike aplikacije, koja enkapsulira strukturu domensko i ponašanje sistema, sa sve do skladišta podataka [11].

Poslovni sistem čini konačan skup logički povezanih poslovnih procesa. Poslovni proces predstavlja niz aktivnosti koje su potrebne da se izvrše kako bi se postigao jasno definisani cilj [1]. Poslovni model se koristi za opis poslovne logike i tesno je vezan za model podataka [10]. Poslovna logika sistema opisuje ponašanje sistema specificirano kroz systemske operacije – servise koje sistem preko korisničkog interfejsa stavlja na raspolaganje krajnjem korisniku, kao i strukturu sistema nad kojom se vrše systemske operacije, a koja je specificirana konceptualnim modelom, koji predstavlja osnovu za projektovanje shema baze podataka. Projektovanje poslovnih softverskih sistema započinje projektovanjem poslovnih procesa i modela podataka. Zbog toga je jako bitno posvetiti dosta vremena planiranju i projektovanju ovih modela.

Bitan zahtev prilikom kreiranja korisničkog interfejsa je

mogućnost da on funkcioniše na različitim uređajima [9]. Samim tim, i prilikom razvoja savremenih poslovnih aplikacija ovaj zahtev mora biti ispunjen.

Razvoj poslovnih softverskih sistema predstavlja izazov jer su, po pravilu, veoma složeni i treba da ispune niz unapred definisanih zahteva [2], što podrazumeva mnogo uloženog vremena i napora. Jedan od načina kojim bi se smanjilo vreme neophodno za izradu poslovnih softverskih sistema, ali i povećao njihov kvalitet, jeste automatizacija razvoja određenih delova softverskih sistema. Automatizacija razvoja korisničkog interfejsa sistema omogućila bi inženjerima da se fokusiraju na razvoj kompleksne poslovne logike i modela poslovnih procesa koji predstavljaju ključni element poslovnih informacionih sistema.

Generisani korisnički interfejs mora ispunjavati široko prihvaćene savremene standarde i elemente koji su uobičajeni prilikom klasičnog razvoja ovog dela sistema. Specifičnost problema koji je predmet ovog rada jeste kreiranje korisničkog interfejsa kao jednostranične veb aplikacije.

Glavni cilj istraživanja prikazanog u ovom radu je automatsko generisanje modernih korisničkih interfejsa na osnovu modela poslovnih procesa.

Rezultati prikazani u radu su deo šireg istraživanja u sklopu izrade master rada [12] na studijskom programu Softversko inženjerstvo i računarske nauke na Fakultetu organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu.

Sledeća sekcija opisuje karakteristike razvoja softvera zasnovanog na procesima i Camunda platformu. Nakon toga prikazan je predlog unapređenja Camunda platforme u delu razvoja korisničkog interfejsa za korisničke zadatke definisanog procesa korišćenjem Angular programskog okvira. U ovom delu rada detaljno je opisan proces generisanja korisničkog interfejsa i upotrebe različitih grafičkih komponenti u zavisnosti od specifikacije korisničkog zadatka. Četvrta sekcija prikazuje rezultujućim korisnički interfejs kroz studijski primer - proces popunjavanja ankete.

II. RAZVOJ SOFTVERA ZASNOVAN NA PROCESIMA

Razvoj softvera zasnovan na procesima predstavlja jedan od pojavni oblika razvoja softvera vođenog modelima (Model driven MDD). Osnovni model predstavlja model procesa koji se obično specificira korišćenjem neke od standardnih notacija (koji se u većoj ili manjoj meri proširuje drugim modelima – npr. modelom podataka), nakon čega se korišćenjem alata za automatsko izvršenje toka procesa

(workflow engine) dobija izvršna verzija sistema. Postojeća rešenja se zasnivaju na zastarelim tehnologijama, ili su nekompletna i neophodno je modernizovati i dopuniti ih kako bi njihova primena bila moguća u savremenim softverskim sistemima. Jedno od trenutno najkompletnijih softverskih rešenja za razvoj poslovnih sistema je Camunda (<https://camunda.com/>).

Camunda je programski okvir otvorenog koda zasnovan na programskom jeziku Java koji podržava BPMN (Business Process Model Notation) za kreiranje modela poslovnih procesa [3].

Iako je Camunda jedan od trenutno najkompletnijih i najrobusnijih sistema, ona ima i određene nedostatke. Najveći nedostatak je generisanje korisničkog interfejsa na osnovu modela poslovnog procesa. Iako Camunda poseduje ovu funkcionalnost, generisani korisnički interfejs ne ispunjava savremene standarde.

III. PREDLOG REŠENJA

Kako bi se unapredila Camunda platforma biće razvijeno sopstveno rešenje za generisanje korisničkog interfejsa na osnovu definisanih poslovnih procesa. Camunda pruža REST API sa operacijama za pristup procesnom mehanizmu [4].

Za kreiranje ovog korisničkog interfejsa biće korišćen Angular programski okvir. Angular je trenutno jedan od najkorišćenijih programskih okvira otvorenog koda koji je zasnovan na JavaScript ES5 programskom jeziku namenjen izradi jednostraničnih veb aplikacija. Razvijen je od strane kompanije Google 2010. godine [5].

Angular omogućava razvoj generičkog korisničkog interfejsa kao savremenu jednostraničnu veb aplikaciju i povezivanje sa Camunda sistemom uz pomoć asinhronih zahteva kroz Camunda REST API.

Kako bi se ispunio cilj istraživanja biće kreirane Angular komponente koje bi na osnovu poslovnih procesa generisale korisnički interfejs sa mogućnosti izvršenja CRUD operacija. CRUD obuhvata operacije kreiranja, izmene i brisanja podataka [6].

Prilikom razvoja korisničkog interfejsa moramo obratiti pažnju da on bude jednostavan i intuitivan za korišćenje. Na taj način smanjujemo vreme potrebno za obuku novih korisnika za korišćenje poslovnog softverskog sistema. Takođe, korisnički interfejs mora imati mogućnost prilagođavanja različitim veličinama ekrana. Ovo je posebno bitno zbog sve veće primene tableta i pametnih telefona u poslovnim softverskim sistemima.

Svi elementi korisničkog interfejsa moraju biti smisleni i jednostavni za korišćenje, što podrazumeva konzistentno korišćenje pravila imenovanja elemenata korisničkog interfejsa koje vidi korisnik, akcija koje poziva, kao i boja koje se koriste za prikaz

Komponenta za prikaz forme korisničkog interfejsa predstavlja najsloženiji deo rešenja. Ova komponenta omogućava da na osnovu prikupljenih parametara uz pomoć Camunda REST API korisniku budu prikazani odgovarajući grafičke elemente za unos i prikaz podataka.

Proces generisanja korisničkog interfejsa započinje učitavanjem konfiguracije procesa (Sl. 1)

```
public getProcessXML(definitionId: string) {
    return this.http.get(`${this.camundaUrl}/engine/default/process-definition/${definitionId}/xml`);
}
```

Slika 1. Preuzimanje definicije poslovnog procesa

Nakon učitavanja konfiguracije, vrši se parsiranje XML formata i kreiranje JSON objekta koji je pogodniji za dalju obradu (Sl. 2).

```
this.bpmnService.getProcessXML(this.task.processDefinitionId).subscribe(
    (res: ProcessDefinition) => {
        const parser = new XMLParser({
            ignoreAttributes: false
        });
        const xmlToJson = parser.parse(res.bpmn20Xml);
```

Slika 2. Parsiranje XML konfiguracije i kreiranje JSON objekta

Naredni korak je prolazak kroz parsiranu konfiguraciju i kreiranje liste svih korisničkih zadataka (Sl. 3).

```
let listUserTask = [];
const userTasks =
xmlToJson['bpmn:definitions']['bpmn:process']['bpmn:userTask'];
const listMessages =
xmlToJson['bpmn:definitions']['bpmn:message'];
const listBoundaryEvents =
xmlToJson['bpmn:definitions']['bpmn:process']['bpmn:boundaryEvent'];
if((listMessages && listMessages.length) > 0 &&
(listBoundaryEvents && listBoundaryEvents.length > 0)) {
    listBoundaryEvents.forEach(
        (el) => {
            const findMessage = listMessages.find((m) =>
el['bpmn:messageEventDefinition']['@_messageRef'] && m['@_id']
=== el['bpmn:messageEventDefinition']['@_messageRef']);
            this.listTaskActions.push(
                {
                    activityRef: el['@_attachedToRef'],
                    showBackButton: findMessage ?
(findMessage['@_name'] === 'back' ? true : false) : false
                });
            this.listTaskActionsChange.emit(this.listTaskActions);
            if(Array.isArray(userTasks)) {
                listUserTask = userTasks;
            } else {
                listUserTask.push(userTasks);
            }
            if(listUserTask.length > 0) {
                this.initGenericForm(listUserTask);
            }
        });
}
```

Slika 3. Kreiranje liste korisničkih zadataka

U korisničkim zadacima neophodno je pronaći odgovarajući zadatak. Zadatak sadrži informacije o poljima koje forma mora da generiše kako bi korisnik uspešno izvršio zadatak. Informacije čine podaci o tipu polja, ograničenju polja, tipu grafičke komponente koju je potrebno prikazati i podrazumevane vrednosti (Sl. 4).

```

initGenericForm(listUserTask: any[]) {
  const findUserTask = listUserTask.find(el => el['@_id'] ===
this.task.taskDefinitionKey);
  if(findUserTask) {
    const formField =
findUserTask['bpmn:extensionElements']['camunda:formData'];
    let listFormFields = [];
    if(Array.isArray(formField['camunda:formField'])) {
      listFormFields = formField['camunda:formField'];
    } else {
      listFormFields.push(formField['camunda:formField']);
    }
    console.log('listFormFields', listFormFields);
    this.mappingData(listFormFields);
    if(this.formFields.length > 0) {
      this.initFormGroup();
    }
  }
}

```

Slika 4. Kreiranje liste polja na generičkoj ekranskoj formi

Sledeći korak je pronalazak informacija o prosledenom korisničkom zadatku iz kreirane liste korisničkih zadataka. Ako postoji zadatak u listi, čita se specifikacija vezana za taj zadatak i generiše se lista polja koje mora da prikaže generička ekranska forma na osnovu definisanog šablona (Sl. 5). Takođe, vrši se dinamičko kreiranje form group koja služi sa čuvanje unetih podataka na generičkoj ekranskoj formi. Sačuvani podaci su neophodan deo tela (eng. body) Camunda REST API metode za završetak zadatka (eng. complete task) koju pozivamo kada želimo da završimo zadatak i nastavimo proces dalje.

Na kraju moramo formirati šablon generičke forme koji je zadužen za prikaz elemenata u okviru HTML stranice.

```

<form [formGroup] = "formGroup" *ngIf="formGroup && formFields.length
> 0">
  <div class="row">
    <div *ngFor="let item of formFields" [ngClass]="item.wide === 'true' ?
'col-12' : 'col-6'">
      <app-email-field *ngIf="item['data-type'] === 'email' && item['type'] ===
'string' [label]="item.lable" [name] = "item.id" [control] =
"formGroup.controls[item.id]" [appearance]="outline"></app-email-field>
      <app-text-field *ngIf="item['data-type'] == null && item['type'] ===
'string' [label]="item.lable" [name] = "item.id" [control] =
"formGroup.controls[item.id]" [appearance]="outline"></app-text-field>
      <app-number-field *ngIf="item['data-type'] == null && item['type'] ===
'long' [label]="item.lable" [name] = "item.id" [control] =
"formGroup.controls[item.id]" [appearance]="outline"></app-number-
field>
      <app-textarea-field *ngIf="item['data-type'] == 'textarea' &&
item['type'] === 'string' [label]="item.lable" [name] = "item.id" [control] =
"formGroup.controls[item.id]" [appearance]="outline" [maxLength] =
"item.maxLength"></app-textarea-field>
      <app-phone-number-field *ngIf="item['data-type'] == 'phoneNumber'
&& item['type'] === 'string' [label]="item.lable" [name] = "item.id"
[control] = "formGroup.controls[item.id]" [appearance]="outline"
[countryCode] = "item['country-code']"></app-phone-number-field>
      <app-datepicker-field *ngIf="item['type'] === 'date'"
[label]="item.lable" [name] = "item.id" [control] =
"formGroup.controls[item.id]" [appearance]="outline"></app-datepicker-
field>
      <app-checkbox-field *ngIf="item['data-type'] == 'checkbox' &&
item['type'] === 'boolean' [label]="item.lable" [name] = "item.id" [control]
= "formGroup.controls[item.id]" [appearance]="outline"></app-checkbox-
field>
      <app-slide-toggle-field *ngIf="item['data-type'] == 'slide-toggle' &&
item['type'] === 'boolean' [label]="item.lable" [name] = "item.id" [control]
= "formGroup.controls[item.id]" [appearance]="outline"></app-slide-
toggle-field>
      <app-radio-group-field *ngIf="item['data-type'] == null && item['type']
=== 'enum' [label]="item.lable" [name] = "item.id" [control] =
"formGroup.controls[item.id]" [appearance]="outline"
[options]="item.options"></app-radio-group-field>
      <app-divider-field *ngIf="item['data-type'] === 'divider'" [control] =
"formGroup.controls[item.id]"></app-divider-field>
      <app-amount-field *ngIf="item['data-type'] == 'amount' && item['type']
=== 'long' [label]="item.lable" [name] = "item.id" [control] =
"formGroup.controls[item.id]" [appearance]="outline"
[suffix]="item.suffix" [prefix] = "item.prefix"></app-amount-field>
      <app-select-field *ngIf="item['data-type'] == 'select' && item['type'] ===
'enum' [label]="item.lable" [name] = "item.id" [control] =
"formGroup.controls[item.id]" [appearance]="outline"
[options]="item.options"></app-select-field>
      <app-html-field [htmlStr] = "formGroup.controls[item.id].value"
*ngIf="item['data-type'] === 'html' && item['type'] === 'string"
[label]="item.lable" [name] = "item.id" [control] =
"formGroup.controls[item.id]" [appearance]="outline"></app-html-field>
      <app-paragraph-field [paragraphText] =
"formGroup.controls[item.id].value" *ngIf="item['data-type'] ===
'paragraph' && item['type'] === 'string" [label]="item.lable" [name] =
"item.id" [control] = "formGroup.controls[item.id]"
[appearance]="outline"></app-paragraph-field>
    </div>
  </div>
</form>

```

Slika 5. HTML generička forma

Tabela I sadrži listu različitih tipova polja za unos podataka koje generička forma može da sadrži.

TABELA I
TIPOVI PODATAKA I GRAFIČKIH KOMPONENATA

Tip	Opis
string	Element za unos teksta
long	Element za unos broja
date	Element za unos datuma
email	Element za unos email adrese
phoneNumber	Element za unos broja telefona
amount	Element za unos iznosa
select	Element za izbor iz padajuće liste
enum	Element za izbor grupe dugmadi
textarea	Element za unos teksta u više redova
slide-toggle	Element za potvrdu true/false
checkbox	Element za potvrdu
paragraph	Element za prikaz paragrafa
html	Element za prikaz HTML elemenata koji nisu podržani

Generička komponenta prikazuje se u okviru komponente generičkog ekrana. Osnovna funkcija generičkog ekrana je da pročita *id* zadatka iz URL-a i pozove Camunda REST API metodu da dobije informacije o zadatku. Nakon dobijanja informacija od Camunda platforme, generički ekran prosleđuje informacije komponenti generičke forme (Sl. 6).

```
ngOnInit(): void {
  combineLatest(
    this.activeRoute.params,
    this.activeRoute.queryParams
  ).subscribe(([params, queryParams] : [Params, any]) => {
    this.taskId = params.taskId;
    this.spinnerService.showSpinner.next(true);
    this.bpmn.getTask(this.taskId).subscribe(
      (t: any) => {
        this.spinnerService.showSpinner.next(false);
        this.task = t;
        this.task.businessKey = params.businessKey
      }
    );
  });
}
```

Slika 6. Učitavanje zadatka

U okviru generičkog ekrana takođe moramo definisati njegov HTML šablon (Sl. 7).

```
<mat-card *ngIf="task" class="task-card">
  <mat-card-header class="header">
    <mat-card-title>{{ task.name }}</mat-card-title>
    <button class="more-actions" mat-icon-button
      [matMenuTriggerFor]="menu"
      aria-label="Example icon-button with a menu">
      <mat-icon>more_vert</mat-icon>
    </button>
    <mat-menu #menu="matMenu">
      <button (click)="stopProcess()" mat-menu-item>
        <mat-icon>stop</mat-icon>
        <span>Stop process</span>
      </button>
    </mat-menu>
  </mat-card-header>
  <mat-card-content class="content">
    <app-generic-form-matirial
      [listTaskActionsChange]="setTaskActionList($event)"
      [formChange]="setFormGroup($event)"
      [task]="task"></app-generic-form-matirial>
  </mat-card-content>
  <mat-card-actions class="actions">
    <div class="row">
      <div class="col-md-6 offset-md-6">
        <app-generic-actions [listTaskActions]="listTaskActions"
          [formGroup]="formGroup"
          [task]="task"></app-generic-actions>
      </div>
    </div>
  </mat-card-actions>
</mat-card>
```

Slika 7. Šablon komponente generičkog ekrana

Pored generičke forme, zadatak generičkog ekrana je i prikaz komponente *akcija*. Ovo je jednostavna komponenta realizovana korišćenjem dva dugmeta i njena funkcija je da omogući korisniku da završi zadatak i pređe na sledeći korisnički zadatak u okviru pokrenutog poslovnog procesa, odnosno da se vrati na prethodni zadatak (Sl. 8).

```
<div class="actions">
  <button mat-button color="primary" [disabled]="formGroup.invalid"
    (click)="completeTask()">Complete</button>
  <button *ngIf="showBackButton" (click)="back()" mat-
    button>Back</button>
</div>
```

Slika 8. Šablon komponente za akcije

Akcija završetka zadatka poziva odgovarajuću REST API metodu Camunda platforme (Sl. 9).

```

public completeTask() {
  this.taskRouterService.businessKey = this.task.businessKey;
  const completeUserTaskCommand = {};
  completeUserTaskCommand['variables'] =
  this.commonService.transformFromGroupToCamundaVariables(this.formGroup);
  completeUserTaskCommand["withVariablesInReturn"] = true;
  this.spinnerService.showSpinner.next(true);
  this.bpmn.completeTask(this.task.id,
  completeUserTaskCommand).subscribe(
    () => {
      this.spinnerService.showSpinner.next(false);
    }
  );
}

```

Slika 9. Metoda za završetak zadatka

Kako bi izvršili akciju povratka na prethodni zadatak, šaljemo odgovarajuću poruku Camunda platformi koristeći REST API (Sl. 10).

```

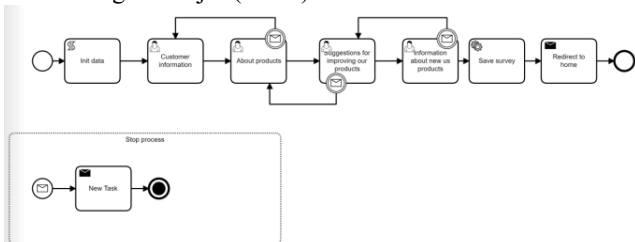
public back() {
  this.taskRouterService.businessKey = this.task.businessKey;
  const commandMessage: CommandMessage = {
    businessKey: this.task.businessKey,
    messageName: 'back'
  }
  this.spinnerService.showSpinner.next(true);
  this.bpmn.executeMessage(commandMessage).subscribe(
    () => {
      this.spinnerService.showSpinner.next(false);
    }
  );
}

```

Slika 10. Metoda za povratak na prethodni zadatak

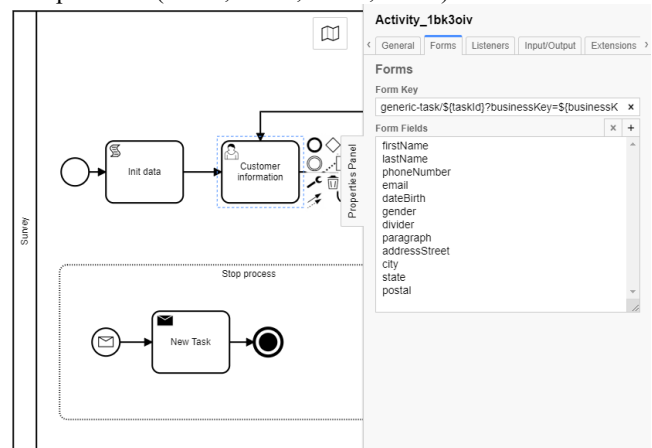
IV. REZULTUJUĆI KORISNIČKI INTERFEJS

U prethodnoj sekciji prikazana je implementacija predloženog rešenja koja započinje učitavanjem specifikacije poslovnog procesa. Kao što je već napomenuto, Camunda platforma omogućava grafičku specifikaciju poslovnog procesa. Kako bi se prikazao rezultat izvršenja implementiranih funkcionalnosti definisan je proces (Popunjavanje ankete) koji sadrži 7 zadataka (aktivnosti), od kojih su četiri korisnička zadatka koji su od posebnog interesa za istraživanje s obzirom na problem generisanja korisničkog interfejsa (Sl. 11).

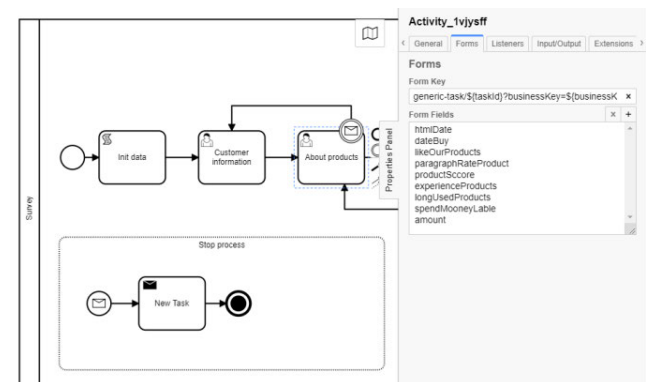


Slika 11. Proces za popunjavanje ankete

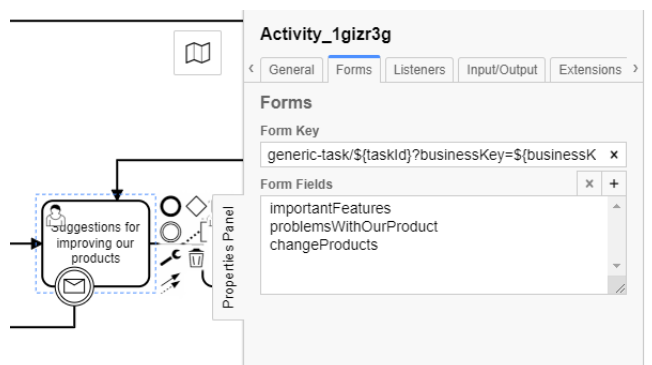
U nastavku će biti prikazana specifikacija svakog od korisničkih zadataka korišćenjem različitih tipova podataka koji će za posledicu imati generisanje različitih grafičkih komponenta (Sl. 12, Sl. 13, Sl. 14, Sl. 15).



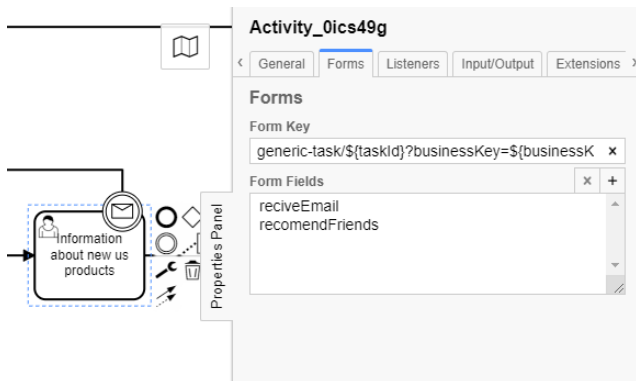
Slika 12. Definicija korisničkog zadatka za unos osnovnih podataka



Slika 13. Definicija korisničkog zadatka za unos ocena proizvoda



Slika 14. Definicija korisničkog zadatka za predloga poboljšanja proizvoda



Slika 15. Definicija korisničkog zadatka za potvrdu o prijemu informacija o novim proizvodima

Prilikom pokretanja procesa, prikazuje se generisana ekranska forma za prvi zadatak (Sl. 16) sa definicijom prikazanom na Sl. 12, na kojoj se vide grafičke komponente generisane na osnovu specifikacije.

Slika 16. Generisana ekranska forma za unos osnovnih podataka

Popunjavanjem ekranske forme i klikom na dugme *complete*, prelazimo na sledeći zadatak u procesu kada sistem generiše novu ekransku (Sl. 17) formu na osnovu definicije zadataka za unos ocena (Sl. 13).

Slika 17. Generisana ekranska forma za unos ocena proizvoda

Na sledećim slikama (Sl. 18 i Sl. 19) prikazane su generisane ekranske forme za zadatke Unos predloga poboljšanja proizvoda i Potvrda prijema informacija o novim proizvodima

Slika 18. Generisana ekranska forma za unos predloga poboljšanja proizvoda

Slika 19. Generisana ekranska forma za potvrdu prijema informacija o novim proizvodima

V. ZAKLJUČAK

U radu je predstavljen razvoj rešenja koje omogućava automatizaciju kreiranja korisničkog interfejsa na osnovu specifikacije poslovnih procesa koji se izvršavaju korišćenjem Camunda platforme. Ključan deo rezultata istraživanja predstavljaju generičke komponente za automatsko generisanje korisničkog interfejsa. Korišćenjem ovih komponentata automatizovan je proces razvoja korisničkog interfejsa, pa inženjeri koji se bave razvojem poslovnih softverskih sistema mogu da se posvete projektovanju poslovnih procesa.

Komponente generičke forme, generičke akcije i generičkog ekrana omogućavaju dinamičko (*runtime*) generisanje korisničkog interfejsa na osnovu modela poslovnih procesa izrađenih u Camunda okruženju. Na taj način unapređena je Camunda platforma i omogućeno je njeno efikasnije korišćenje u razvoju savremenih poslovnih softverskih sistemima.

Budući prvci istraživanja usmereni su na implementaciju poslovnih procesa čiji zadaci-aktivnosti sadrže složenije strukture podataka, kao i na razvoj različitih šablona korisničkog interfejsa, čime će se inženjerima koji koriste platformu omogućiti veća fleksibilnost u razvoju.

SĹLITERATURA

- [1] N. Miladinović, "Generisanje formi za poslovne procese korišćenjem Magritte razvojnog okvira", *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu*, vol. 35, no. 01, pp. 189–192, 2020.
- [2] A. Jandrić, "Automatizacija procesa generisanja i validacije formi u poslovnim aplikacijama (Magistarski rad)", *Univerzitet u Beogradu, Matematički fakultet* 2012.

- [3] F. Gudek, "BPMN (Business Process Model and Notation) 2.0", *University of Pula. Faculty of Informatics in Pula*, 2019.
- [4] A. Delgado, D. Calegari, "A generic BPMS user portal for business processes execution interoperability", *XLV Latin American Computing Conference (CLEI)*, 2019, pp. 1–10.
- [5] Y. Xing, J. Huang, Y. Lai, "Research and analysis of the front-end frameworks and libraries in e-business development", *Proceedings of the 2019 11th International Conference on Computer and Automation Engineering*, 2019, pp. 68–72.
- [6] A. Rodriguez, "Restful web services: The basics", *IBM developerWorks*, vol. 33, no. 18, 2008.
- [7] B. Radenković, M. Despotović, "Integracija sistema za upravljanje procesom učenja i poslovnog informacionog sistema", *XXIII Simpozijum o Novim Tehnologijama u Poštanskom i Telekomunikacionom Saobraćaju--PosTel*, pp. 335–342, 2005.
- [8] R. Stankić, "Key Success Factors for Implementation of Business Information System", vol 8, no. 18.
- [9] I. Grbić, "Proces razvoja generičke poslovne aplikacije", *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu*, vol. 35, no. 01, pp. 129–132, 2020.
- [10] Z. Veličković, M. Jevtović, "Web programiranje i responsive Web dizajn u ASP .NET MVC 4", *Infoteh*, vol. 14, pp. 939–944, 2014
- [11] I. Antović, S. Vlajić, M. Milić, D. Savić, V. Stanojević, "Model and software tool for automatic generation of user interface based on use case and data model", *IET Software*, 2012. doi: 10.1049/iet-sen.2011.0060.
- [12] M. Milić, "Korišćenje generičkih ekranskih formi u razvoju softvera (Master rad)", *Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka*, 2022.

Optimizacija korišćenja naponsko reaktivnih resursa primjenom genetičkog algoritma

Nikolina Mraković, Zoran Miljanić

Sadržaj— Ovim radom predlaže se metoda za optimizaciju naponskog profila u proizvoljnoj elektroenergetskoj mreži pomoću strateškog raspoređivanja naponsko reaktivnih regulacionih resursa. Efikasnost predložene metode biće pokazana koristeći IEEE testne sisteme kako bi se odredio minimalno potreban broj uređaja koje je potrebno instalirati kako bi se naponske prilike održale u okviru zadatih granica. Ulazni podaci su podaci o čvorovima i granama sistema, dok će moguće lokacije i snage dodatnih uređaja biti tretirane kao promjenjive.

I. UVOD

Naponski profil jedan je od najvažnijih aspekata pogona elektroenergetske mreže. Iako se ovom tematikom istraživači bave dugo, ovaj problem je aktuelan i danas. Imajući na umu stalan rast konzuma i povećane zahtjeve potrošača u pogledu kvalitetnijeg snabdijevanja električnom energijom, ali i sve veću integraciju neupravljivih izvora energije, jasno je da problem održavanja adekvatnog naponskog profila svakim danom postaje sve kompleksniji.

Usljed visoke penetracije OIE, naponske prilike su izložene dodatnim flutucijama, jer se osim varijacija u potrošnji sada javljaju i varijaciju u proizvodnji. Sve ovo predstavlja dodatni izazov za upravljanje i eksploataciju elektroenergetske mreže.

Zbog toga je u prethodnom periodu dosta pažnje posvećeno traženju adekvatnog rješenja za regulaciju napona u savremenim uslovima funkcionisanja sistema. U tu svrhu primjenjuju se sinhroni generatori, sinhroni kompenzatori, regulacioni transformatori, statički regulisani izvori reaktivne snage (npr. regulirsane otočne baterije kondenzatora), kao i brojni FACTS uređaji (SVC (*Static VAR Compensator*), TCSC (*Thyristor Controlled Series Compensation*), UPFC (*Unified Power Flow Controller*) i drugi) [1]. Iako je problem alokacije pomenutih uređaja moguće riješiti klasičnim optimizacionim postupcima, metaheurističke tehnike su sve više u fokusu [2].

U istraživačkom opusu na temu optimalne alokacije naponsko reaktivnih uređaja u praksi su korišćeni različiti pristupi, pri čemu su najčešći kriterijumi za optimizaciju minimizacija gubitaka, devijacije napona i/ili troškova ugradnje instaliranih uređaja.

Optimalna alokacija distribuiranih generatora razmatrana je u [3] i [4], koristeći klasični analitički postupak u prvom, odnosno kombinaciju analitičkog i genetičkog metoda u drugom slučaju.

Klasični pristup zasnovan na proračunu tokova snaga može da se iskoristi za procjenu idealne lokacije za ugradnju izvora reaktivne snage kako bi gubici u mreži bili minimalni [5]. U [6] je pokazano kako ugradnja automatskog regulacionog transformatora manje doprinosi poboljšanju naponskih prilika i redukciji gubitaka nego kada se koristi u kombinaciji sa otočno vezanom baterijom kondenzatora.

Genetički algoritam može da se primijeni za određivanje idealne lokacije i snage SVC-a kako bi se minimizovali gubici reaktivne snage [7], odnosno odstupanje napona i troškovi instalacije SVC-a [8].

U [9] je pokazano da je umjesto PSO (*Particle Swarm Optimization*) za optimizaciju višekriterijumske funkcije koja objedinjuje indeks naponske stabilnosti, troškove proizvodnje generatora, gubitke, odstupanje napona i troškove za instalaciju SVC-a pogodnije koristiti genetički algoritam.

Pogodne lokacije za ugradnju SVC-a i TCSC-a moguće je identifikovati birajući najslabije tačke u mreži na osnovu proračunatih indeksa naponske stabilnosti, a za određivanje optimalnih snaga datih uređaja može se primijeniti PSO [10].

Problem alokacije objedinjenog regulatora tokova snaga - UPFC-a, s ciljem minimizacije gubitaka, a pritom uvažavajući njegove troškove instalacije, razmatran je u [11].

U ovim radovima su "slabe" tačke u mreži birane kao potencijalne lokacije za instalaciju naponsko reaktivnih uređaja koristeći neki od kriterijuma (npr. analizu osjetljivosti), a potom je genetički algoritam upotrijebljen za određivanje snage pomenutih uređaja. Novina ovog pristupa je da broj lokacija, kao ni same lokacije, neće biti unaprijed definisani tako da će se osim snaga uređaja i njihove potencijalne lokacije tretirati kao promjenjive.

II. FORMULACIJA PROBLEMA

U radu će se genetički algoritam koristiti za optimalnu alokaciju naponsko reaktivnih regulacionih resursa. Potrebno je odrediti minimalan broj uređaja koje treba ugraditi kako bi bili ispunjeni tehnički kriterijumi u pogledu dozvoljenog odstupanja napona u svim čvorovima, i reaktivne snage

generatorskih jedinica u okviru njihovog regulacionog opsega.

Rješenje datog problema predstavljeno je na sljedeći način:

$$x_i = [Q_1 Q_2, Q_3 \dots, lok_{(1)}, lok_{(2)}, lok_{(3)}, \dots] \quad (1)$$

gdje je:

Q_i - snaga dodatog uređaja na lokaciji $lok_{(i)}$

$lok_{(i)}$ - lokacija dodatog uređaja, $lok_{(i)} \in \{N_1, N_2, \dots, N_{PQ}\}$

Nakon dodavanja uređaja snage Q_d na lokaciji $lok_{(i)}$, specificirano reaktivno injektiranje u tom čvoru postaje:

$$Q_i = Q_i + Q_d \quad (2)$$

gdje je:

$Q_i = Q_{Gi} - Q_{Di}$, reaktivno injektiranje u čvoru i prije dodavanja uređaja

A. Kriterijumska funkcija

Odabrana kriterijumska funkcija minimizuje broj i ukupnu snagu dodatih uređaja, i može se izraziti na sljedeći način:

$$f(N_g, Q_d) = K_1 N_g + K_2 Q_d \quad (3)$$

gdje je:

N_g - broj dodatih uređaja

Q_d - ukupna snaga dodatih uređaja (p.u.)

K_1, K_2 - težinski koeficijenti odabrani tako da je $K_1 \gg K_2$

Kako je kriterijumska funkcija sastavljena od 2 sabirka, izbor koeficijenata treba da bude takav da omogući veliki razmak između njih, kako ne bi došlo do preklapanja vrijednosti pojedinačnih kriterijumskih funkcija. Takođe, potrebno je sabirku kojem se želi dati veći prioritet pridružiti veću numeričku vrijednost težinskog koeficijenta. Nakon testiranja različitih vrijednosti za K_1 i K_2 , u radu su za iste odabrane vrijednosti od 500 i 100, respektivno.

Odabirom težinskih koeficijenata različitog reda algoritam će težiti da pronađe rješenja sa manjim brojem uređaja, a među njima favorizovati ona sa manjom dodatom snagom. Pronalaskom minimalne snage dodatih uređaja nastoji se pronaći ekonomski najprihvatljivije rješenje koje ispunjava sve tehničke kriterijume, čime se uspostavlja balans između naizgled sučeljenih strana tehnike i ekonomije.

B. Ograničenja optimizacionog postupka

Prilikom sprovođenja optimizacionog postupka neophodno je da budu zadovoljena ograničenja tipa jednakosti, odnosno nejednakosti.

Ograničenja tipa jednakosti su balansne jednačine za aktivna i reaktivna injektiranja u čvorovima sistema:

$$P_{Gi} - P_{Di} = |V_i| \sum_{j=1}^{N_b} |V_j| (G_{ij} \cos \delta_{ij} + B_{ij} \sin \delta_{ij}) \quad (4)$$

$$Q_{Gi} - Q_{Di} = |V_i| \sum_{j=1}^{N_b} |V_j| (G_{ij} \sin \delta_{ij} - B_{ij} \cos \delta_{ij}) \quad (5)$$

gdje su:

$P_{Gi} - P_{Di}$ - aktivno injektiranje u čvoru i

$Q_{Gi} - Q_{Di}$ - reaktivno injektiranje u čvoru i

N_b - ukupan broj čvorova sistema

δ_{ij} - razlika faznih stavova napona V_i i V_j

G_{ij}, B_{ij} - konduktansa i susceptansa grane između čvorova i i j

Razmatrana ograničenja tipa nejednakosti su dopušteno odstupanje napona u čvorovima sistema, dozvoljeni regulacioni opseg generatorskih jedinica i dopušteno opterećenje vodova:

$$V_{imin} < V_i < V_{imax} \quad (6)$$

$$Q_{Gimin} < Q_{Gi} < Q_{Gimax} \quad (7)$$

$$S_j < S_{jmax} \quad (8)$$

III. GENETIČKI ALGORITAM

John Holland, profesor sa Univerziteta u Mičigenu, napravio je ogromne inovacije postavljajući teorijski okvir i uvodeći genetički algoritam u nauku 60-ih godina prošlog vijeka.

Genetički algoritam je evolucionarna računarska metoda koja se koristi za traženje optimalnog rješenja kod rješavanja kompleksnih problema. Osnovna razlika, a ujedno i prednost genetičkog algoritma u poređenju sa tradicionalnim metodama optimizacije je ta što ovaj algoritam u svakoj iteraciji radi sa skupom potencijalnih rješenja, a ne sa pojedinačnim rješenjem. Ovo u velikoj mjeri smanjuje vjerovatnoću pronalaska lokalnog optimuma umjesto globalnog optimuma.

Za rješavanje problema koji se opisuju skupom velikog broja nelinearnih jednačina metaheurističke tehnike su se pokazale inferiornijim u poređenju sa tradicionalnim metodama optimizacije, što se posebno ističe kod realnih elektroenergetskih sistema koji broje stotine čvorova. Primjena direktnih tradicionalnih metoda, koje zahtijevaju poznavanje kriterijumske funkcije i ograničenja, podrazumijeva veliki broj proračunavanja kriterijumske funkcije kako bi se postigla konvergencija. Sa druge strane, indirektna (gradijente) metode koje zahtijevaju dodatno poznavanje izvoda kriterijumske funkcije, odlikuju se brзом konvergencijom, ali prirodno, nije ih moguće primijeniti kod problema koji se opisuju nediferencijabilnim i nekontinualnim funkcijama. Nedostaci konvencionalnih metoda su [2]:

- konvergencija ka optimalnom rješenju u velikoj mjeri zavisi od usvojenog inicijalnog rješenja,

- ove metode često pronalaze suboptimalna rješenja

Umjesto lokalnog karaktera pretrage, uzorkovanje pretraživačkog prostora se kod genetičkog algoritma odvija na globalnom nivou, čime se smanjuje tendencija konvergencije ka lokalnom optimumu i zavisnost od usvojenog početnog rješenja [12]. Tradicionalne metode pribjegavaju aproksimacijama rješavajući linearizovanu formu konkretnog problema, i koriste parcijalne izvode objektivne funkcije kako bi unaprijedile početno rješenje. Proračun izvoda može unijeti komplikacije u optimizacioni postupak, i uz već pomenute numeričke aproksimacije, može prouzrokovati divergenciju.

Algoritmi globalne pretrage, kakav je i genetički algoritam, u svakoj iteraciji pretražuju širok spekar mogućih rješenja. Zahvaljujući stohastičnim komponentama koje su sastavni dio njegovih operatora, omogućena je nasumična pretraga obimnijeg dijela pretraživačkog prostora, što je dijametralno suprotna situacija od one koja karakteriše algoritme lokalne pretrage. Prednost genetičkog algoritma je što ne uvodi nikakve aproksimacije što doprinosi preciznosti krajnjeg rezultata. Dodatno, ova metoda je računarski robusna, jer ne zahtijeva inverziju matrica, koja je prepoznata kao otežavajući faktor koji vodi nestabilnosti proračuna kod tradicionalnih metoda optimizacije.

Genetički algoritam se pokazao efikasnim kod rješavanja velikog broja optimizacionih problema iz oblasti planiranja i upravljanja elektroenergetskim sistemima. Među navedenim problemima je i problem optimalne alokacije naponsko reaktivnih resursa koji podrazumijeva pronalazak idealnih lokacija i snaga uređaja za kompenzaciju reaktivne snage. U dostupnoj literaturi se kao najčešći kriterijumi na osnovu kojih se biraju lokacije i dimenzije uređaja izdvajaju minimizacija gubitaka i /ili devijacije napona. Ovim radom se predlaže nova formulacija problema optimalne alokacije za čije rješavanje je odabran genetički algoritam.

U literaturi koja se bavi metaheurističkim metodama optimizacije obično se pravi razlika između kriterijumske funkcije i *fitness* funkcije. Uloga *fitness* funkcije je da kvantifikuje sposobnost konkretne jedinke u populaciji. Drugim riječima, favorizuju se jedinke koje karakteriše veća sposobnost, odnosno veća vrijednost *fitness* funkcije. Nasuprot tome, kod problema minimizacije, kakav je i problem opisan u radu, favorizuju se jedinke sa nižom vrijednošću kriterijumske funkcije. Jasno je da postoji obrnuta proporcionalnost između kriterijumske i *fitness* funkcije, odnosno da problem minimizacije kriterijumske funkcije $f(x)$ podrazumijeva maksimizaciju *fitness* funkcije $F(x)$. Ovo se može postići koristeći sljedeću korelacionu zavisnost:

$$fitness = \frac{1}{1+f(x)} \quad (9)$$

IV. REZULTATI PRORAČUNA

Za potrebe razvoja algoritma i grafički prikaz rezultata korišćen je softverski paket MATLAB. Za određivanje strujnonaponskih prilika u mreži odabran je *Newton Raphson*-ov postupak, dok je genetički algoritam korišćen za određivanje optimalnih lokacija i snaga uređaja. Opseg dozvoljene snage dodatih pojedinačnih uređaja je $[-100, 100]$ MVA.

Prilikom sprovođenja proračuna, uvedene su sljedeće pretpostavke:

- PQ čvorovi se razmatraju kao potencijalne lokacije
 - uređaji se modeluju preko injektirane/ apsorbovane reaktivne snage u čvoru u kom se priključuju
 - snaga dodatih uređaja je kontinualne vrijednosti
- Prva pretpostavka objašnjava se činjenicom da se naponi

na generatorskim sabirnicama održavaju na konstantnoj vrijednosti. Radi opštosti postupka, u radu nije striktno navedeno o kom tipu uređaja se radi, a na osnovu druge pretpostavke, predložena metoda se može koristiti za optimalnu alokaciju bilo kojeg od uređaja koji se koriste za otočnu kompenzaciju. Na kraju, razmatranje diskretnih vrijednosti za snagu moglo bi da navede na pogrešan zaključak po pitanju minimalnog broja uređaja. Stoga je uvedena treća pretpostavka.

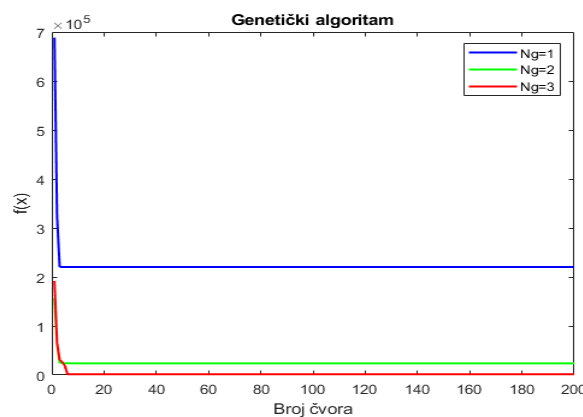
Radi jednostavnosti, predložena metoda je prvo testirana koristeći IEEE testnu mrežu od 14 čvorova, a potom kako bi se dokazala njena skalabilnost i modularnost, i na znatno većoj mreži od 118 čvorova. Neophodni ulazni podaci za proračun su informacije o parametrima sistema IEEE 14, odnosno IEEE 118, koji su preuzeti iz literature [13], [14]. Budući da su podaci o amplitudi napona dati u relativnim jedinicama, a snage su izražene u MW i MVAR, neophodno je usvojiti baznu snagu kako bilo moguće sprovesti proračun u jediničnim vrijednostima. Stoga je za baznu snagu usvojena preporučena vrijednost koja iznosi 100 MVA. Takođe, naponi svih čvorova, uključujući i generatorske čvorove, postavljeni su na 1.

U tabeli 1 su navedeni korišćeni parametri genetičkog algoritma za različite IEEE sisteme, dok je na slici 1 prikazana kriva konvergencije algoritma za sistem IEEE 14, pri dopuštenom odstupanju napona od 2%.

TABELA I
PARAMETRI GENETIČKOG ALGORITMA

Parametri GA	IEEE 14	IEEE 118
Veličina populacije	100	200
Stopa ukrštanja (%)	0,88	0,83
Stopa mutacije* (%)	0,02	0,07
Stopa elitizma (%)	0,1	0,1
Broj iteracija	200	300

Od ukupnog broja mutiranih hromozoma, kod polovine jedinki izvršena je promjena snage, dok je kod preostalih mutirana lokacija.



Slika 1. Kriva konvergencije genetičkog algoritma

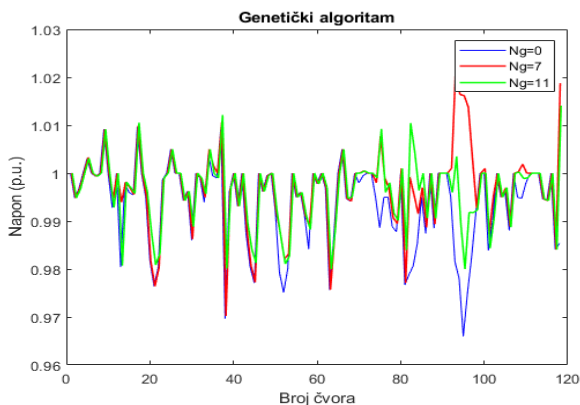
TABELA II
 REZULTATI PRORAČUNA ZA IEEE 14 I IEEE 118

	IEEE 14		IEEE 118	
	$\pm 3\%$	$\pm 2\%$	$\pm 3\%$	$\pm 2\%$
Maksimalno dopušteno odstupanje napona				
Minimalan broj uređaja	2	3	7	11
Ukupna instalirana snaga (MVA _r)	120,7	116,63	295,94	406,09
Lokacije uređaja	4, 5	4,5,13	33,57,75,95, 96,106,118	20,38,45,51,63,75, 81,82,93,108,118
Maksimalno odstupanje napona (%)	2,48	1,89	3	2
Ukupna devijacija napona (p.u.)	0,0996	0,0734	0,6920	0,6265
Gubici (MW)	16,04	15,89	132,65	132,37

U tabeli 2 su navedeni rezultati dobijeni optimizacionim postupkom. Rezultati proračuna pokazuju da sistem zahtijeva dodavanje većeg broja uređaja za kompenzaciju reaktivne snage kako bi se postigao uži opseg devijacije napona. U slučaju sistema od 14 čvorova, u odsustvu naponsko reaktivnih resursa, maksimalno odstupanje napona je 3,83%, ukupna devijacija napona 0,2272 (p.u.), a gubici iznose 15,77 MW. Za sistem od 118 čvorova, u osnovom slučaju je dobijeno maksimalno odstupanje napona od 3,4%, ukupna devijacija napona 0,844 (p.u.), dok gubici iznose 131,78 MW. Na osnovu izloženih rezultata zaključuje se da je u svim razmatranim slučajevima došlo do smanjenja ukupne devijacije napona i maksimalnog odstupanja napona. Takođe, poboljšanje naponskog profila rezultiralo je većom vrijednošću gubitaka u odnosu na osnovni slučaj.

Iako bi jednostavnije za implementaciju bilo razmatrati slučaj kada se lokacija ili snaga dodatih naponsko reaktivnih uređaja fiksira na zadatu vrijednost, bolji rezultati optimizacije se postižu kada se algoritmu dopusti sloboda u izboru oba parametra. Jasno je da ograničavanje snage rezultira povećanjem broja potrebnih uređaja, dok sa druge strane, odabir naponski najslabijih čvorova nije garancija da će rješenje dobijeno optimizacionim postupkom imati manju snagu u odnosu na neku drugu moguću kombinaciju lokacija.

Poboljšanje naponskog profila za sistem IEEE 118 prikazano je na slici 2.



Slika 2. Naponski profil sistema IEEE 118

V. KOMPARACIJA REZULTATA

Fleksibilnost predložene metode ogleda se u mogućnosti jednostavne adaptacije njenih parametara, zbog čega je nakon njene modifikacije moguće izvršiti poređenje sa rezultatima iz dostupne literature. Pri analizi rezultata iz razmatranih radova na temu optimalne alokacije naponsko reaktivnih uređaja treba imati na umu da je kod ovih radova unaprijed definisano dodavanje jednog uređaja. Dodatno, iako se njihove kriterijumske funkcije međusobno razlikuju, sve predložene metode imaju isti cilj - poboljšanje naponskog profila.

U [15] su autori primjenom PSO algoritma pokušali da utiču na poboljšanje naponskog profila indirektnim putem, koristeći objektivnu funkciju koja minimizuje gubitke i devijaciju napona. Rezultati su dobijeni pri režimu ispada jedne od grana razmatranog IEEE 30 sistema.

PSO algoritam je korišćen i u [16], za minimizaciju gubitaka i penalizacione funkcije koja tretira kršenje dopuštenih ograničenja za devijaciju napona, opterećenje vodova i rad generatorskih jedinica u okviru regulacionog opsega.

Odabir potencijalnih lokacija za ugradnju uređaja u [17] je sproveden na osnovu analize indeksa naponske stabilnosti čvorova sistema. Na taj način je izvršena selekcija 5 lokacija sa najvećom vrijednošću indeksa, a potom je za svaku pojedinačnu lokaciju korišćen FA (*Firefly algorithm*) za dimenzionisanje uređaja po pitanju reaktivne snage, kako bi se postigao minimum funkcije koja uključuje gubitke aktivne snage, devijaciju napona, troškove proizvodnje generatora i opterećenje vodova. U tabeli je navedeno rješenje koje daje najmanje gubitke.

U [18] je korišćen algoritam CS (*Cuckoo search*) za optimalnu alokaciju uređaja s ciljem minimizacije devijacije napona u potrošačkim čvorovima.

Metoda predložena ovim radom prvenstveno stavlja akcenat na odabir minimalnog broja uređaja za kompenzaciju, a potom na određivanje minimalne dodatke snage. U cilju komparativne analize rezultata i donošenja relevantnih zaključaka, predložena metoda je modifikovana kako bi proračun bio sproveden pri identičnim početnim uslovima. Takođe, odabrana kriterijumska funkcija razmatra devijaciju napona PQ čvorova.

TABELA III
POREĐENJE RAZLIČITIH METODA

	Metoda predložena ovim radom	PSO [15]	PSO [16]	FA [17]	CS [18]
Lokacija	14	21	14	22	14
Instalisana snaga (MVar)	5,4	40,83	204	27	6,4

U tabeli 3 dati su rezultati optimalne alokacije reaktivnih resursa primjenjujući različite metode. Efikasnost predloženih tehnika je testirana na sistemu IEEE 30. Poređenjem rezultata uviđa se da predložena metoda daje rješenje sa najmanjom instalisanom snagom dodatog uređaja.

VI. ZAKLJUČAK

U radu je pokazano da je moguće optimizovati naponski profil korišćenjem genetičkog algoritma za strateško pozicioniranje naponsko reaktivnih regulacionih resursa. Treba imati na umu da validnost dobijenih rezultata zavisi od kvaliteta dostupnih podataka koji se tiču parametara sistema. Takođe, predloženo rješenje ne mora da bude optimalno ukoliko dođe do porasta ili smanjenja opterećenja. Stohastika kao neizostavni dio predložene metode je glavna mana svih heurističkih tehnika jer se usljed brze konvergencije može desiti da algoritam ne pronađe rješenje svaki put.

VII. LITERATURA

- [1] Nikola Rajaković, Analiza elektroenergetskih sistema II, Akademska misao, Beograd, 2008
- [2] Aleksandar Savić, Darko Šošić, Goran Dobrić, Mileta Žarković, Metode optimizacije, Primena u elektroenergetici, Akademska misao, Beograd, 2018
- [3] R. S. Zulp, R. C. Leborgne and A. S. Bretas, "Optimal location and sizing of distributed generation based on power losses and voltage deviation," 2014 IEEE PES Transmission & Distribution Conference and Exposition - Latin America (PES T&D-LA), 2014, pp. 1-5
- [4] Vatani, Mohammadreza&Alkaran, Davood&Sanjari, Mohammad & B. Gharehpetian, Gevork. (2015). Multiple distributed generation units allocation in distribution network for loss reduction based on a combination of analytical and genetic algorithm methods. IET Generation, Transmission & Distribution. 10. 10.1049/iet-gtd.2015.0041.
- [5] Lomi, Abraham and Limpraptono, F. Yudi (2018) Optimum Allocation of Reactive Power Sources for Voltage Stability Improvement and Loss Minimization in Power Distribution Systems. Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering, 10 (2-3). pp. 9-13. ISSN 2289-8131
- [6] I. A. Nassar, M. A. Omara and M. M. Abdella, "Enhancement of Voltage Profile in Power Systems by Using Genetic Algorithm," 2019 21st International Middle East Power Systems Conference (MEPCON), 2019, pp. 459-464
- [7] M. Bhandari and S. S. Gurav, "Genetic algorithm based optimal allocation of SVC for reactive power minimization in power systems," 2015 International Conference on Industrial Instrumentation and Control (ICIC), 2015, pp. 1651-1656,
- [8] Singh, Ankita & Dixit, Shishir. (2015). GA Based Optimal Placement Of SVC For Minimizing Installation Cost And Voltage Deviations. International Journal of Hybrid Information Technology. 8. 281-288. 10.14257/ijhit.2015.8.9.26.
- [9] Enhancement of Voltage Stability by Optimal Location of Static Var Compensator Using Genetic Algorithm and Particle Swarm Optimization
- [10] M. Nadeem, M. Z. Zeb, K. Imran and A. K. Janjua, "Optimal Sizing and Allocation of SVC and TCSC in Transmission Network by combined Sensitivity index and PSO," 2019 International Conference on Applied and Engineering Mathematics (ICAEM), 2019, pp. 111-116, doi: 10.1109/ICAEM.2019.8853759.
- [11] Abdullah, Nor RulHasma. (2010). Transmission Loss Minimization Using Evolutionary Programming Considering UPFC Installation Cost. International Review of Electrical Engineering. 5. 1189-1203.
- [12] Gallagher, K. and Sambridge, M. (1994) Genetic algorithms: A powerful tool for large-scale nonlinear optimization problems. Computers & Geosciences, 20(7-8), pp. 1229-1236.
- [13] <https://labs.ece.uw.edu/pstca/pf14/ieeel4cdf.txt>
- [14] <http://labs.ece.uw.edu/pstca/pf118/ieeel118cdf.txt>
- [15] S.Sakthivel, D.Mary, R.Vetivel and V.Senthamarai Kannan. Article: Optimal Location of SVC for Voltage Stability Enhancement under Contingency Condition through PSO Algorithm. International Journal of Computer Applications 20(1):30-36, April 2011.
- [16] Khanday, Muzafar Ahmad and Rahul Malviya. "Optimal Placement and Sizing of STATCOM using PSO." (2019).
- [17] Rao, Bathina & Kumar, G V. (2014). Sensitivity Analysis based Optimal Location and Tuning of Static VAR Compensator using Firefly Algorithm. Indian Journal of Science and Technology. 7. 1201-1210. 10.17485/ijst/2014/v7i8.15.
- [18] A. Subramanian1, S. Jaisiva2, R.Swathana3, S. Neelan, "Optimal Allocation of Facts Device for Voltage Profile Enhancement", International Journal of Enhanced Research in Science, Technology & Engineering ISSN: 2319-7463, Vol. 4 Issue 8, August-2015

Analiza solarnog potencijala za gradnju plutajuće fotonaponske elektrane na Slanom jezeru

Vladan Durković, Branko Glomazić, Vladimir Kitaljević, Sreten Gojković, Vladimir Kilibarda

Sadržaj—U radu je analiziran solarni potencijal za gradnju plutajuće fotonaponske elektrane na Slanom jezeru. Ovakva fotonaponska elektrana, koja se instalira na mirnim vodenim površinama, predstavlja jedno od varijantnih rešenja za pretvaranje sunčeve u električnu energiju. Za potrebe osnovnih tehnno-ekonomskih analiza u radu su procijenjeni osnovni uslovi za gradnju PFN elektrane na razmatranoj lokaciji. Utvrđeno je da je na razmatranoj lokaciji moguće napraviti PFN elektranu instalisanu snage 46 MWp čiji svedeni troškovi proizvodnje iznose oko 44.68 €/MWh.

I. UVOD

Decarbonizacija energetskeg sektora je ključna za smanjenje emisija gasova staklene bašte, koji su odgovorni sveprisutnijim klimatskim promjenama i zagađenju životne sredine. Kako bi se to postiglo, razvijanje punog potencijala obnovljivih izvora energije je neophodno. Imajući u vidu povećanu globalnu potražnju za električnom energijom, kao i njenim sve većim udjelom u ukupnoj potrošnji energije, obnovljivih izvori energije takođe imaju važnu ulogu u tranziciji ka konkurentnijem, sigurnijem i održivijem energetskom sistemu u budućnosti.

Fotonaponske (FN) elektrane predstavljaju najbrže rastuće izvore energije u Evropi. Šta više, čak svaka treća elektrana instalisana u 2020. godini je FN elektrana. Ubrzan razvoj tehnologije u sektoru korišćenja solarnog potencijala, doveo je od toga da cijena solarne energije padne za 90% od 2009. godine, što predstavlja značajan i obećavajući rast.

Crna Gora ima dobar solarni potencijal. Intenzitet sunčeve iradijacije u Crnoj Gori je među najvećim u Evropi. Centralni i južni predio imaju prosječnu dnevnu insolaciju 3.8-4.2 kWh/m²/dan, dok ukupna godišnja insolacija iznosi 1387-1534 kWh/kWp. Maksimalna vrijednost solarne iradijacije za Crnu Goru iznosi 4.39 kWh/m²/dan, u zoni oko Ulcinja, do najmanje 3.60 kWh/m²/dan na sjeveru Crne Gore.

Vladan Durković, Elektrotehnički fakultet u Podgorici, Univerzitet Crne Gore, CIGRE, Džordža Vašingtona bb, 81000 Podgorica, Crna Gora (e-mail: vladan.d@ucg.ac.me).

Branko Glomazić, Elektroprivreda Crne Gore, Vuka Karadžića br. 2, 81400 Nikšić, Crna Gora (e-mail: branko.glomazic@epcg.com),

Vladimir Kitaljević, Elektroprivreda Crne Gore, Vuka Karadžića br. 2, 81400 Nikšić, Crna Gora (e-mail: vladimir.kitaljevic@epcg.com),

Sreten Gojković, Elektroprivreda Crne Gore, Vuka Karadžića br. 2, 81400 Nikšić, Crna Gora (e-mail: sreten.gojkovic@epcg.com),

Vladimir Kilibarda, Elektroprivreda Crne Gore, Vuka Karadžića br. 2, 81400 Nikšić, Crna Gora (e-mail: vladimir.kilibarda@epcg.com).

U ovom radu data je tehnno-ekonomska analiza novog tipa FN elektrane koje se instaliraju na mirnim vodenim površinama. Za lokaciju je razmotreno Slano jezero koje ujedno služi i za akumulaciju vode za hidroelektranu (HE) Perućica. U drugom poglavlju date su osnovne karakteristike PFN elektrana. U trećem poglavlju je opisan solarni potencijal izabrane lokacije, dok je u četvrtom predloženo tehničko rješenje uz proračun cijena troškova proizvodnje električne energije. Na kraju rada dat je odgovarajući zaključak.

II. PFN ELEKTRANE

Karakteristika FN elektrana instalisanih na zemlji je da zauzimaju relativno veliku površinu. Razlog za navedeno leži u činjenici da efikasnost savremenih komercijalno dostupnih FN modula iznosi oko 20%. Uzurpacija velikih kopnenih površina, pogotovo plodnog zemljišta, često nije prihvatljivo rješenje jer se narušava biodiverzitet mikrolokacije. Nedostatak velikih FN elektrana instalisanih na zemlji, sa aspekta ekonomske strane, je u plaćanju zemljišta čija cijena, u nekim slučajevima, može da bude ozbiljna prepreka ka razvoju projekta. Sa druge strane, razvoj FN elektrana na vodi predstavlja potencijalno veliki resurs jer se podrazumijeva gradnja elektrana na neaktivnim površinama kao što su rezervoari, kanali, vještačka jezera, a sa druge strane mogu značajno doprinijeti smanjenju ispravanja vode sa tih površina [2]. Upravo smanjenje ispravanja vode može imati i dodatne ekološke, a u nekim slučajevima i finansijske benefite.

PFN elektrane sa tehničke strane mogu imati i bolje performanse u odnosu na elektrane instalisane na zemlji. Razlog leži u činjenici da temperatura FN modula kod PFN elektrana, koji su u blizini vodene površine, je niža u odnosu na temperaturu FN modula instalisanih na zemlji. Imajući u vidu da je efikasnost FN modula direktno povezana sa temperaturom ambijenta, jasno je da PFN elektrane imaju veću efikasnost u odnosu na FN elektrane instalisane na zemlji [3].

PFN elektrane se najčešće izvode sa fiksnim monofacijalnim FN modulima, dok FN elektrane instalisane na zemlji mogu biti sa fiksnim ili pokretnim konstrukcijama u cilju praćenja azimutnog i/ili amplitudnog ugla Sunca. Takođe, FN elektrane instalisane na zemlji se izvode sa monofacijalnim ili bifacijalnim FN modulima. Elektrane sa

mogućnosti praćenja uglova sunca omogućavaju veću efikasnost pretvaranja sunčeve u električnu energiju, pa je i u [3] i [4] skoro predložen koncept rotirajuće PFN elektrane. Ovakav koncept može povećati proizvodnju električne energije i za oko 20% u odnosu na fiksne PFN elektrane.

III. SOLARNI POTENCIJAL ANALIZIRANE LOKACIJE

Slano jezero kao akumulaciono jezero HE Perućice ima karakteristiku da tokom ljetnjih mjeseci veći dio jezera presuši zbog ispuštanja vode potrebne za proizvodnju električne energije iz HE Perućice kao i zbog isparavanja vode. Shodno tome, za relevantnu površinu za gradnju PFN elektrane razmatran je dio jezera na kojem uvijek tokom godine ima vode. U skladu sa navedenim, na Sl. 1, prikazan je dio jezera koji zadovoljava prethodne uslove.



Slika 1. FN elektrana na Slanom jezeru

Ciljana lokacija za PFN elektranu, površine, oko 30 ha se nalazi u južozapadnom dijelu jezera sa sledećim geografskim koordinatama: geografska širina 42.7519° i geografska dužina 18.8362° . Sa Sl. 1 se može zaključiti da u okolini ciljane lokacije ne postoje prepreke koje bi pravile sjenku na FN panele sem brda tj. ostrva koje se nalazi sa sjeveroistočne strane PFN elektrane. Korišćenjem metodologije prikazane u [3], kao i analizom putanje Sunca utvrđeno je da brdo pravi sjenku koja uzrokuje smanjenje insolacije koja dopijeva na FN module oko 2%.

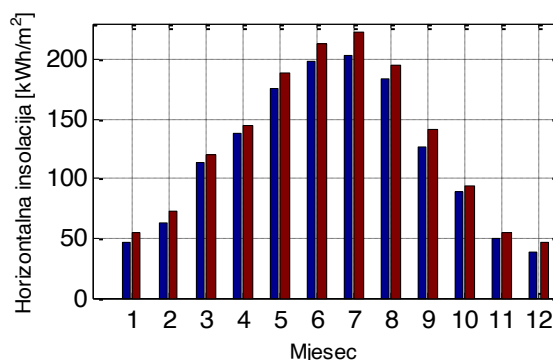
U ovome radu su za procjenu solarnog potencijala korišćene dvije najrelevantnije i najčešće korišćene baze, a to su METEONORM i NASA. Na osnovu navedenih baza, može se zaključiti da ukupna godišnja horizontalna insolacija za analiziranu lokaciju iznosi od 1400 do 1500 kWh/m². Imajući u vidu da horizontalna insolacija u južnom dijelu Njemačke je u opsegu 1100 do 1200 kWh/m², koja je i ujedno lider u eksploataciji solarne energije na evropskom tlu, može se zaključiti da izabrana lokacija ima značajan potencijal za gradnju PFN elektrane.

METEONORM baza daje procjenu solarnog potencijala određene lokacije na osnovu realnih mjerenja, koja se dobijaju sa 8325 mjernih stanica širom svijeta. Ova baza prikuplja podatke od 1960 godine. Sa druge strane, NASA baza vrši procjenu solarnog potencijala na osnovu satelitskih snimaka i na osnovu mnogo manjeg broja realnih mjerenja u

odnosu na METENORM bazu. Opservacija solarnog potencijala od strane NASA traje od 1983 godine.

Za analiziranu lokaciju na Sl. 2 prikazane su mjesečne vrijednosti za ukupnu horizontalnu insolaciju prema analiziranim meteo bazama za razmatranu lokaciju.

Sa Sl. 2, može se uočiti da se prema podacima iz NASA baze dobijaju veće vrijednosti u odnosu na METEONORM bazu za svaki analizirani mjesec. Najveće odstupanje u iznosu od 18.61% dobija za mjesec decembar, dok se za mjesec april ima najmanje i to u iznosu od 4.63%. Najveća vrijednost ukupne horizontalne insolacije se dobija u mjesecu julu, a najmanja u mjesecu decembru. Ukupna godišnja insolacija prema METENORM bazi iznosi 1483 kWh/m² a prema NASA bazi iznosi oko 1530 kWh/m².



Slika 2. Horizontalna mjesečna insolacija (crvena boja – NASA baza, plava boja - METEONORM baza)

Na proizvodnju PFN elektrane u značajnoj mjeri može da utiče temperatura ambijenta. Naime, poznato je da se proizvodnja FN elektrane umanjuje za oko 0.4 %/°C usljed povećanja temperature FN modula iznad standardne temperature od 25°C [5]. Temperatura FN modula zavisi od temperature ambijenta i insolacije koja pada na FN modul i moguće je proračunati prema jednačini (1):

$$T_{pv} = T_{amb} + \left(\frac{NOCT - 20^\circ}{0.8} \right) \cdot I_{pv} \quad (1)$$

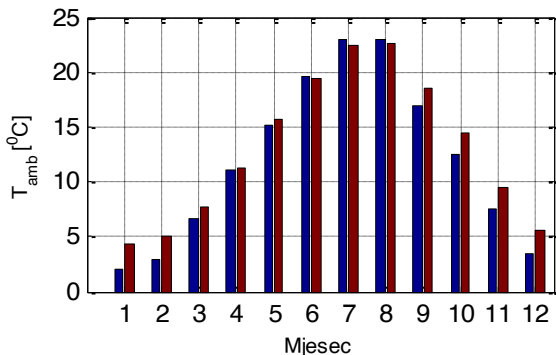
gdje je T_{pv} temperatura FN modula, T_{amb} ambijentalna temperatura, $NOCT$ nominalna radna temperatura FN modula, I_{pv} je insolacija koja pada na FN modul.

Ovdje je važno naglasiti da postoji u literaturi više modela za proračun temperature koji su dobijeni teorijskim ili eksperimentalnim putem. Međutim, značajno su složeniji. Prednost korišćenog modela je u tome što se na jednostavan način može procijeniti temperatura FN modula.

Na osnovu jednačine (1), za karakteristični ljetnji dan, koji karakteriše insolacija koja pada na FN modul u iznosu oko 1.2 kWh/m², temperatura ambijenta od oko 35°C, za standardni FN modul [6], temperatura FN modula iznosi oko 70°C. Imajući u vidu da pad efikasnosti proizvodnje FN elektrane iznosi oko 0.4%/°C usljed povećanja temperature iznad 25°C, to znači da je smanjenje proizvodnje FN elektrane, u odnosu na idealne temperaturne uslove, iznosi oko 18%.

Ipak, za detaljniju procjenu uticaja temperature na proizvodnju PFN elektrane potrebno je izmjeriti temperaturu vode, kao i uticaj prekrivenosti dijela jezera sa FN modula na bilans toplote vode na jezeru. Poznavanje ruže vjetrova omogućilo bi precizniji proračun temperature FN modula. Na kraju, uvažavajući veličinu projekta i njegov značaj, kao i vrijeme izgradnje iste elektrane, može se reći da je u početnoj fazi razvoja projekta prihvatljiv način za procjenu uticaja vode na temperaturu FN modula korišćenje eksperimentalnih rezultata dobijenih u radovima [7] i [8].

Naime, u navedenim radovima je zaključeno da je efikasnost FN elektrane za oko 10% veća u odnosu na FN elektranu instalisanu na zemlji sa istim tehničkim podacima. Poređenje mjesečnih ambijentalnih temperatura za razmatranu lokaciju, ne uvažavajući uticaj vode je dato na Sl. 3.



Slika 3. Srednja mjesečna temperatura (crvena boja – NASA baza, plava boja - METEONORM baza)

Na osnovu Sl. 2, može se zaključiti da je tokom ljetnjih mjeseci METEONORM baza daje veću vrijednost za ambijentalnu temperaturu u odnosu na NASA bazu. Tačnije, temperatura prema METEONORM bazi je veća u odnosu na NASA bazu za 0.51% 2.67% i 1.77% tokom juna, jula i avgusta respektivno. Tokom ostalih mjeseci veća ambijentalna temperatura se dobija koristeći podatke iz NASA baze u odnosu na METEONORM bazu. Najveće odstupanje iznosi za mjesec januar i to u iznosu od 220 %. Ipak, ovako veliko odstupanje u temperaturi nema toliki uticaj na proizvodnju PFN elektrane kako mjesec Januar karakteriše relativno mala sunčeva insolacija koja pada na FN module kao i niske ambijentalne temperature.

IV. TEHNO EKONOMSKI PARAMETRI PFN ELEKTRANE SLANO JEZERO

Do sada je u literaturi razvijeno nekoliko različitih tehničkih rješenja za PFN elektrane. Uopšteno govoreći, PFN elektrane mogu biti sa fiksnom konstrukcijom, koja omogućava fiksni azimutni i nagibni ugao FN modula ili sa rotirajućom konstrukcijom, koja omogućava praćenje Sunca prema azimutnom i/ili nagibnom uglu [3]. Prednosti rotirajućih platformi za PFN elektrane su u tome što se prevashodno dobija veća proizvodnja električne energije, a

što je posebno isplativo za lokacije koje imaju značajan solarni potencijal. Dosadašnja praksa, ukazuje da je najveći broj izgrađenih PFN elektrana fiksnog tipa. Fiksne PFN elektrane imaju FN module koji imaju fiksni azimutni ugao i koji su najčešće orijentisani ka jugu ili u pravcu istok/zapad. Činjenica da su FN moduli postavljeni na PFN elektranama znači i da su izloženi pojačanim mehaničkim naprezanjima (talasi i vjetar), što implicira da je i nagibni ugao FN modula relativno mali i najčešće iznosi 5°.

U ovome radu analizirano je tehničko rješenje kada su FN moduli orijentisani ka istoku i zapadu. Nagibni ugao FN modula je 5°. Izgled opisane konstrukcije je prikazan na Sl. 3.



Slika 4. Principna šema analiziranog tehničkog rješenja za PFN elektranu

Imajući u vidu da dostupna površina vode na kojoj je moguće postaviti PFN elektranu iznosi oko 70 ha, moguća instalisana snaga elektrane je oko 46 MWp.

U Tabeli I su prikazani najvažniji podaci za usvojene FN od proizvođača Trina Solar [6]. Broj ovakvih FN modula potrebnih za gradnju elektrane je 96104.

TABELA I
NAJVAŽNIJI TEHNIČKI PARAMETRI FN MODULA

Nominalna snaga modula [Wp]	480	Dužina FN modula [mm]	2176
Struja kratkog spoja modula[A]	11.90	Širina FN modula [mm]	1098
Struja u tački maksimalne snage modula[A]	11.42	Napon u tački maksimalne snage modula [V]	42
Napon otvorenog kola modula [V]	50.8	Stepen efikasnosti modula [%]	20.08

U Tabeli II su dati najvažniji tehnički parametri invertora proizvođača Sungrow [9]. Broj ovakvih invertora za analiziranu snagu PFN elektrane iznosi 15.

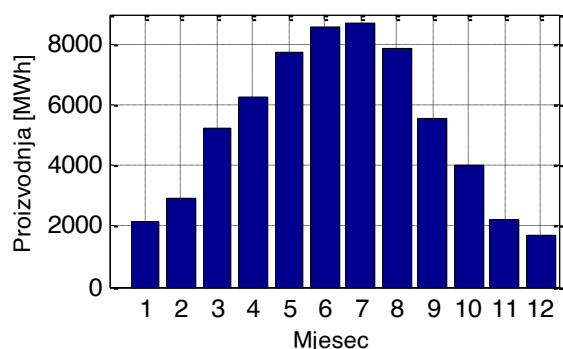
TABELA II
NAJVAŽNIJI TEHNIČKI PARAMETRI INVERTORA.

Nominalna AC snaga [kW]	3000	Nominalna PV snaga [kW]	3100
AC napon na izlazu invertora [V]	600	Minimalni MPP napon [V]	900
Broj MPPT ulaza	2	Maksimalni MPP napon [V]	1300

Maksimalna efikasnost [%]	99	Euro efikasnost [%]	98.70
---------------------------	----	---------------------	-------

Za prethodno usvojene tehničke podatke izračunata je godišnja proizvodnja PFN elektrane. Uticaj temperature vode na hlađenje FN modula, tj na efikasnost rada FN modula, detaljno je analiziran u radovima [8] i [7]. Ipak, analiza tačnije procjene uticaja temperature vode na efikasnost FN modula zahtijeva teorijsko-eksperimentalnu studiju gdje bi se analizirali konkretni meteo uslovi, prirodne karakteristike jezera kao i termički bilans jezera nakon pokrivanja jednog dijela jezera sa FN modulima.

Za potrebe ovoga rada, usvojeni su zaključci iz navedenih radova, pa je pretpostavljeno da je proizvodnja električne energije veća za 10% u odnosu na FN elektranu postavljenu na zemlju. Shodno tome, korišćenjem PVsyst programa procijenjena godišnja proizvodnja PFN elektrane za karakterističnu meteorološku godinu iznosi oko 62.59 GWh. Mjesečna proizvodnja PFN elektrane je data na Sl. 4.



Slika 4. Mjesečna proizvodnja PFN elektrane

Sa prethodne slike se može uočiti da je najveća proizvodnja tokom ljetnjih mjeseci a najmanja tokom zimskih mjeseci. Najveća proizvodnja se bilježi u mjesecu Julu i iznosi 8.69 GWh a najmanja proizvodnja karakteriše mjesec Decembar i to u iznosu od 1.72 GWh.

Prethodne tehničke analize predstavljaju osnovu za proračun glavnog ekonomskog parametra elektrane a to je svedena cijena troškova proizvodnje električne energije [10]. Za procijenu svedene cijene troškova proizvodnje neophodno je poznavati i cijenu investicije ovakve PFN elektrane. Precizna procjena investicije ovakog projekta podrazumijeva poznavanje razvodne kablovske mreže unutar PFN elektrane, interni broj transformatorskih stanica, tehnologiju sidrenja plivajuće platforme kao i cijenu priključka na mrežnu infrastrukturu. Imajući u vidu da poznavanje navedenih parametra zahtijeva detaljnu studiju, u ovoj fazi usvojeno je da cijena ovakve elektrane je za oko 20% veća od FN elektrane postavljene na zemlji slične instalisane snage. Svedena cijena troškova proizvodnje električne energije (LCOE) ovakve elektrane se može proračunati na osnovu sledeće relacije:

$$LCOE = \frac{C_I + \sum_{n=1}^N \frac{C_{O\&M}}{(1+i)^n}}{\sum_{n=1}^N \frac{W \cdot \left(1 - \frac{d}{100}\right)^n}{(1+i)^n}} \quad (2)$$

gdje je C_I vrijednost investicije, $C_{O\&M}$ su troškovi održavanja, i je stopa diskontovanja, W je godišnja proizvodnja u početnoj godini eksploatacije PFN elektrane, d je godišnja degradacija FN modula i N je životni vijek PFN elektrane. U Tabeli III su prikazane usvojene vrijednosti za navedene parametre.

TABELA III
PARAMETRI ZA PRORAČUN LCOE

C_I [€/MWp]	1 000 000
$C_{O\&M}$ [€/kWp]	9
W [GWh]	62.59
d [%]	1
i [%]	3
N [god]	30

Na osnovu navednih vrijednosti, cijena proizvodnje PFN elektrane tokom životnog vijeka iznosi 44.68 €/MWh. Imajući u vidu da je cijena prije energetske krize na tržištu u Evropi iznosila oko 80 €/MWh a da je tokom prošle godina prosječna cijena iznosila od oko 250 €/MWh onda je jasno da je ovakav projekat veoma isplativ i vrlo konkurentan u odnosu na ostale projekte u oblasti energetike u Crnoj Gori.

V. ZAKLJUČAK

U radu su obrađeni osnovni tehno-ekonomski uslovi za gradnju PFN elektrane na akumulacionom jezeru HE Perućice. Pokazano je da razmatranu lokaciju karakteriše dobra osunčanost koja se reflektuje u godišnjoj proizvodnji od 62.59 GWh za elektranu nominalne snage od 46.13 MWp. Imajući u vidu da je ovo jedan od prvih projekata PFN elektrane i u regionu, za grubo procijenu vrijednost investicije, svedna cijena troškova proizvodnje električne energije iznosi oko 44.68 €/MWh.

LITERATURA

- [1] V. Durković and Ž. Đurišić, "Extended model for irradiation suitable for large bifacial PV power plants," *Solar Energy*, vol. 191, pp. 272–290, Oct. 2019, doi: 10.1016/j.solener.2019.08.064.
- [2] R. Cazzaniga, M. Cicu, M. Rosa-Clot, P. Rosa-Clot, G. M. Tina, and C. Ventura, "Floating photovoltaic plants: Performance analysis and design solutions," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 81, pp. 1730–1741, Jan. 2018, doi: 10.1016/j.rser.2017.05.269.
- [3] V. Durković and Ž. Đurišić, "Analysis of the Potential for Use of Floating PV Power Plant on the Skadar Lake for Electricity Supply of Aluminium Plant in Montenegro," *Energies*, vol. 10, no. 10, p. 1505, Oct. 2017, doi: 10.3390/en10101505.
- [4] V. Durković and Ž. Đurišić, "Efficiency increase analysis of large RFPV power plants using reflectors between PV rows," *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, vol. 12, no. 6, p. 063703, Nov. 2020, doi: 10.1063/5.0020233.
- [5] V. Durković and Ž. Đurišić, "Extended model for irradiation suitable for large bifacial PV power plants," *Solar Energy*, vol. 191, pp. 272–290, Oct. 2019, doi: 10.1016/j.solener.2019.08.064.

- [6] “US/Trina Solar,” *Trina Solar*, Apr. 18, 2016. <https://www.trinasolar.com/us> (accessed Feb. 02, 2023).
- [7] E. M. do Sacramento, P. C. M. Carvalho, J. C. de Araújo, D. B. Riffel, R. M. da C. Corrêa, and J. S. Pinheiro Neto, “Scenarios for use of floating photovoltaic plants in Brazilian reservoirs,” *IET Renewable Power Generation*, vol. 9, no. 8, pp. 1019–1024, 2015, doi: 10.1049/iet-rpg.2015.0120.
- [8] A. Sahu, N. Yadav, and K. Sudhakar, “Floating photovoltaic power plant: A review,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 66, pp. 815–824, Dec. 2016, doi: 10.1016/j.rser.2016.08.051.
- [9] “The World’s Most Bankable Inverter Brand | SUNGROW HOME.” <https://en.sungrowpower.com/> (accessed Feb. 02, 2023).
- [10] I. Babic and Z. Djuricic, “Impact of daily variation of solar radiation on photovoltaic plants economy at the open market: A case study ‘Bavanište’ (Serbia),” *Thermal Science*, vol. 19, no. 3.

Primjena Padé aproksimacija za rješavanje Lambert W jednačine

Jasna Zeković, Martin Čalasan, Mihailo Micev

Sadržaj — U ovom radu analizira se primjena Padé aproksimacija za rješavanje osnovne Lambert W jednačine. U tom cilju, predstavljene su različite varijante aproksimacija eksponencijalne funkcije. Tačnost predstavljenih aproksimacija posmatrana je u odnosu na stvarno rješenje za različite vrijednosti argumenta Lambert W funkcije. Pokazano je da za male vrijednosti argumenta moguće koristiti različite varijante Padé aproksimacija eksponencijalne funkcije, dok se za velike vrijednosti argumenta potrebno koristiti složenije forme Padé aproksimacija.

I. UVOD

U elektrotehnici, a posebno u elektroenergetici, postoji veliki broj nelinearnih problema. Naime, procesi kao što su punjenje i pražnjenje kondenzatora, superkalemove, startovanje električnih mašina, režimi rada transformatora i slično, su, u matematičkom smislu, problemi koji se opisuju nelinearnim jednačinama. To su jednačine koje osim linearnih članova sadrže i eksponencijalni, logaritamski, sinusni ili kosinusni član [1].

Specijalna grupa nelinearnih jednačina jesu transcendentne jednačine [2]. Generalno, transcendentne jednačine su jednačine koje ne mogu da se izraze preko drugih algebarskih funkcija u konačnom obliku. Od svih transcendentnih jednačina najviše se susrijeću one koje predstavljaju kombinaciju linearne i eksponencijalne ili logaritamske funkcije. Ove jednačine se uobičajeno rešavaju numeričkim postupcima (Njutnova metoda, metoda sječiće, metoda polovljenja intervala) [3]. Važno je naglasiti da za samo mali broj njih postoje analitička rešenja [4]. Veliki broj istraživača se trudio da uprosti neki od članova transcendentnih jednačina u cilju pojednostavljenja rešavanja istih. Kako se solarne ćelije opisuju transcendentnim jednačinama, brojni istraživači su predlagali aproksimativna rješenja transcendentne jednačine koja upravo za solarne ćelije daje rješenja sa dovoljnom tačnošću [5].

Jedan od poznatih postupaka za rješavanje transcendentnih jednačina bazira se na razvoju funkcija, koji su sastavni dio transcendentnih jednačina, u Tejlorov red [6]. Međutim, radi

postizanja odgovarajuće tačnosti potrebno je uzeti što veći broj članova Tejlorovog reda, što sa druge strane dovodi do složenosti proračuna zbog toga što se umjesto sa npr. eksponencijalnim funkcijama računa sa stepenim funkcijama većeg reda. Zbog toga je u ovim situacijama upitna tačnost u odnosu na složenost jednačina.

Jedan od prepoznatljivih matematičara u oblasti rješavanja jednačina bio je Henri Padé, po kome se i postupak aproksimacija rješavanja jednačina naziva „Padé aproksimacija“ [7]. U matematici, Padé aproksimacija je "najbolja" aproksimacija funkcije u okolini tačke pomoću racionalne funkcije određenog reda. Padé aproksimacije često daju bolju aproksimaciju funkcije od njenog predstavljanja u Tejlorov red. Štaviše, predstavljanje funkcije preko Padé aproksimacija bolje funkcioniše kod slučajeva gdje Taylorov red ne konvergira.

Zadatak ovog rada je da analizira tačnost primjene Padé aproksimacija u cilju rešavanja Lambert W funkcije [2]. U tom cilju, posmatraće se pet različitih načina za predstavljanje eksponencijalnog člana kod Lambert W funkcije na bazi kojih će se rješavati ova jednačina. Prema tome, glavni doprinos rada sastoji se u sagledavanju primjene Padé aproksimacija za rješavanje Lambert W funkcije uz analizu tačnosti za razne vrijednosti argumenta.

Rad je organizovan na sljedeći način. U drugom poglavlju dat je osvrt na Lambert W funkciju i na primjere njene primjene u elektroenergetici. U trećem poglavlju dat je osvrt na Padé aproksimacije. U četvrtom poglavlju data su analitička, aproksimativna, rješenja Lambert W funkcije izražena preko Padé aproksimacija. U petom poglavlju dati su rezultati numeričkih proračuna. Na kraju rada dat je Zaključak sa smjernicama budućih istraživanja.

II. PRIMJERI PRIMJENE LAMBERT W JEDNAČINE

Lambert W funkciju je prvi formulisao Lambert 1758. godine [2]. Osnovni oblik ove funkcije je:

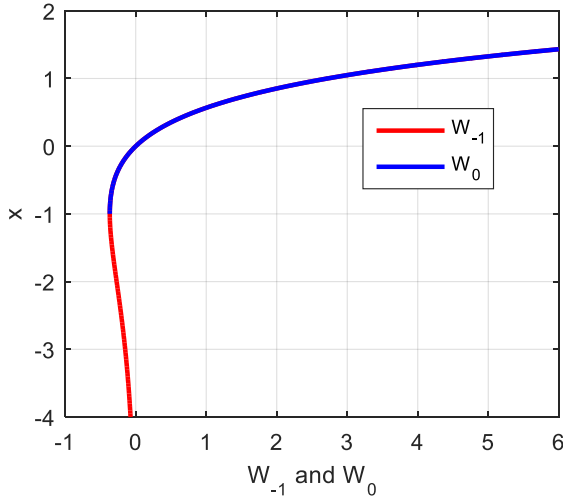
$$x = \alpha \cdot e^{-x} \quad (1)$$

Rješenje ove jednačine označeno je kao $W(\alpha)$. Grafik Lambertove W funkcije dat je na slici 1. Gornja grana (plava), tj. dio za $x \geq -1$ je grafik funkcije koji se označava sa W_0 (glavna grana), dok donja grana (crvena) za koju je $x \leq -1$ je grafik funkcije W_{-1} . Minimalna vrijednost x je u tački sa koordinatama $\{-1/e, -1\}$.

* Ovaj rad urađen je u sklopu istraživanja na realizaciji bilateralnog projekta između ETF Podgorice i ETF Ljubljane, u okviru projekta „Estimacija parametara asinhrona mašina“ (Induction MACHine PARameters ESTimation)

Jasna Zeković, Crnogorski elektrodistributivni sistem, Ulica Ivana Milutinovića br. 12, 81000 Podgorica; (e-mail: jasna.zekovic@prona.org)

Martin Čalasan, Mihailo Micev, Elektrotehnički fakultet u Podgorici, Univerzitet Crne Gore, Džordža Vašingtona bb, 81000 Podgorica, Crna Gora (e-mail: martinc@ucg.ac.me, mihailom@ucg.ac.me).



Slika 1. Lambert W funkcija

U naučnim publikacijama može se naći veliki broj pristupa za analitičko i numeričko rešavanje Lambertove W jednačine. Generalno, mogu se prepoznati dva analitička pristupa – prvi zasnovan na primeni razvoja funkcije u Tejlorov red korišćenjem Lagranžove teoreme i drugi zasnovan na primeni Teorije Specijalnih Tran Funkcija (STFT) [8, 9].

U elektroenergetici postoji veliki broj primjera primjene Lambert W funkcije. Najčešće pominjan primjer primjene jeste kod modelovanja solarnih ćelija. Naime, strujno-naponska jednačina solarnih ćelija ima oblik:

$$I = I_{pv} - I_0 \left(e^{\frac{U+IR_s}{nV_t}} - 1 \right) - \frac{U+IR_s}{R_p} \quad (2)$$

gdje je I struja, U napon, V_t je termalni napon, n je idealni faktor, R_s je redna otpornost solarne ćelije, R_p je paralelna otpornost solarne ćelije, I_{pv} je struja strujnog generatora fotona, dok je I_0 inverzna struja diode. Na osnovu prethodne jednačine može se odrediti struja u funkciji napona na sljedeći način [10]:

$$I = \frac{R_p(I_{pv} + I_0) - U}{R_s + R_p} - \frac{nV_{th}}{R_s} W(\beta) \quad (3)$$

$$\beta = \frac{I_0 R_p R_s}{nV_{th}(R_s + R_p)} e^{\frac{R_p(R_s I_{pv} + R_s I_0 + U)}{nV_{th}(R_s + R_p)}}$$

Drugo, proračun vremena u funkciji klizanja kod asinhrona mašine prilikom njenog direktnog starta takođe se može izraziti preko Lambert W funkcije [6]. Naime, vrijeme-klizanje zavisnost asinhrona mašine pri direktnom startu ima oblik:

$$t = \frac{J\omega_s}{2M_p} \left(\frac{1-s^2}{2s_p} - s_p \ln(s) \right) \quad (4)$$

gdje ω_s predstavlja sinhronu brzinu, M_p je maksimalni moment, s_p je prevalno klizanje, s je klizanje dok je t vrijeme. Ako je cilj proračunati vrijednost klizanja u određenom

trenutku vremena, pri direktnom startu, može se iskoristiti sljedeći izraz:

$$s = s_p \sqrt{W \left(\frac{1}{s_p^2} e^{\frac{4M_p}{J\omega_s s_p} \left(\frac{J\omega_s}{4M_p s_p} - t \right)} \right)} \quad (5)$$

Treće, proces punjenja superkondenzatora, kao jednog od najčešće zastupljenih vidova sistema za skladištenje energije u naučnim publikacijama, ima sledeći oblik [11]:

$$t = \frac{C}{4P} \left(U_0^2 + U_0 \sqrt{U_0^2 + 4PR} - u^2 - u \sqrt{u^2 + 4PR} - 4PR \log \left(\frac{U_0 + \sqrt{U_0^2 + 4PR}}{u + \sqrt{u^2 + 4PR}} \right) \right) \quad (6)$$

gdje u predstavlja napon na krajevima superkondenzatora, U_0 je početna vrijednost napona, P je snaga punjenja superkondenzatora, R je unutrašnja otpornost superkondenzatora, C je kapacitivnost superkondenzatora. Zavisnost napona u funkciji vremena se može dobiti preko Lambert W funkcije na sljedeći način:

$$u = \sqrt{PR} \frac{W \left(\frac{1}{4PR} e^{\frac{2PR+h}{2PR}} \right) - 1}{\sqrt{W \left(\frac{1}{4PR} e^{\frac{2PR+h}{2PR}} \right)}} \quad (7)$$

Prema tome, postoji veliki značaj proučavanja Lambert W funkcije, sa primjenom u sferi elektroenergetike.

III. PADÉ APROKSIMACIJA

Transcendentna funkcija $C(x)$ može se predstaviti Tejlorovim redom u obliku stepene funkcije [7]:

$$C(x) = \sum_{i=0}^{\infty} c_i x^i \quad (8)$$

pri čemu su koeficijenti razvoja oko tačke x_0 dati kao:

$$c_i = \frac{1}{n!} C^{(n)}(x_0) \quad (9)$$

Padé aproksimacije ili aproksimacije funkcije racionalnom funkcijom (količnikom dvije stepene funkcije) može ubrzati konvergenciju aproksimacije funkcije ili čak transformisati red iz divergentnog u konvergentni.

Koeficijenti polinoma koji se nalaze u brojiocu i imeniocu Pade aproksimacije $R_{L/M} = [L/M]$ računaju se izjednačavanjem Tejlorovog razvoja originalne funkcije i njene Padé aproksimacije:

$$C(x) = \frac{A(x)}{B(x)} \quad (10)$$

tj.

$$c_0 + c_1 x + c_2 x^2 + \dots = \frac{a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \dots}{b_0 + b_1 x + b_2 x^2 + \dots} \quad (11)$$

Pri ovom računanju usvaja se ograničenje – normalizacija polinoma $B_M(x)$ tako da je:

$$B_M(0) = b_0 = 1 \quad (12)$$

Množenjem jednačine (3) sa imeniocem $B(x)$ i izjednačavanjem tako dobijenih koeficijenata uz odgovarajuće stepene članove dobija se sistem jednačina:

$$\begin{aligned} a_0 &= c_0 \\ a_1 &= c_1 + c_0 b_1 \\ a_2 &= c_2 + c_1 b_1 + c_0 b_2 \\ a_3 &= c_3 + c_2 b_1 + c_1 b_2 + c_0 b_3 \\ &\dots \\ a_M &= c_M + c_{M-1} b_1 + \dots + c_0 b_{M-1} \\ 0 &= c_{M+1} + c_M b_1 + \dots + c_1 b_N \\ &\dots \\ 0 &= c_{M+N} + c_{M+N-1} b_1 + \dots + c_M b_N \end{aligned} \quad (13)$$

Ako je $A(x)$ stepena M , a $B(x)$ stepena N , sistem ima $M+N+1$ jednačina. Koeficijenti c_0, c_1, c_2, \dots Tejlorovog razvoja su poznati, stoga preostaje određivanje koeficijenata $a_i, b_j, i=0, 1, 2, \dots, M, j=0, 1, 2, \dots, N$. Poslednjih N jednačina sistema (5) čini homogeni sistem N jednačina sa N nepoznatih (nepoznati su koeficijenti b_j). Odatle dobijene nepoznate koeficijente treba uvrstiti u prvih $M+1$ jednačina i naći nepoznate koeficijente a_i .

Osim što ubrzava konvergenciju reda, na ovaj način može se dobiti dobra aproksimacija funkcije čak i van radijusa konvergencije Tejlorovog reda (koji je u slučaju divergentnog reda jednak 0).

IV. PADÉ APROKSIMACIJA LAMBERT W FUNKCIJE

Kako se jasno vidi, Lambert W funkcija se sastoji od jednog linearnog i jednog eksponencijalnog člana [2, 6, 8]. Ova jednačina se može zapisati i u sljedećem obliku:

$$\alpha = x \cdot e^x \quad (14)$$

Zbog toga, primijeniće se razvoj eksponencijalne funkcije u odgovarajuću Padé aproksimativnu formu. Primjenom Padé aproksimacija, eksponencijalna funkcija može imati različitu formu:

$$e_{1/1}^x = \frac{2+x}{2-x} \quad (15)$$

$$e_{1/2}^x = \frac{6+2x}{6-4x+x^2} \quad (16)$$

$$e_{1/3}^x = \frac{24+6x}{24-18x+6x^2-x^3} \quad (17)$$

$$e_{2/2}^x = \frac{12+6x+x^2}{12-6x+x^2} \quad (18)$$

$$e_{2/3}^x = \frac{60+24x+3x^2}{60-36x+9x^2-x^3} \quad (19)$$

Prema tome, rješenje Lambert W jednačine, primjenom prethodno navedenih Padé aproksimacija ima sljedeća rješenja, koja će biti označena u skladu sa Padé

aproksimacijama eksponencijalne funkcije.

$$x_{1/1} = \frac{-(2+\alpha) + \sqrt{(2+\alpha)^2 + 8\alpha}}{2} \quad (20)$$

$$x_{1/2} = \frac{-(6+4\alpha) + \sqrt{(6+4\alpha)^2 + 48\alpha - 24\alpha^2}}{4-2\alpha} \quad (21)$$

$$x_{1/3} = \text{real root}[\alpha^3 - 6\alpha^2 + 24\alpha - 24\alpha] \quad (22)$$

$$x_{2/2} = \text{real root}[12 - 6\alpha + 12 + 6\alpha - 12\alpha] \quad (23)$$

$$x_{2/3} = \text{real root}[3 + \alpha^3 - 24 - 9\alpha^2 + 60 + 36\alpha - 60\alpha] \quad (24)$$

Napomena, jednačine (22)-(24) imaju 3 rješenja od kojih su dva kompleksna, a samo jedno realno.

V. NUMERIČKI REZULTATI

U cilju ispitivanja tačnosti primjene predloženih aproksimacija Lambert W funkcije posmatrane su različite vrijednosti argumenta α . U tom cilju, uzeto je da argument α ima vrijednosti $10^{-6}, 10^{-3}, 10^{-1}, 1, 5, i 10$. Ove vrijednosti su odabrane posmatrajući vrijednosti argumenta Lambert W funkcije kod modelovanja solarnih ćelija.

U Tabeli I dati su rezultati proračuna Lambert W funkcije za male vrijednosti argumenta. U tabeli je data i vrijednost greške koja predstavlja razliku između tačne vrijednosti i vrijednosti koja se dobija primjenom predloženih aproksimativnih, Padé, rješenja Lambert W funkcije.

TABELA I
REZULTATI PRORAČUNA ZA MALE VRIJEDNOSTI ARGUMENTA

α	Oznaka rješenja	Tačna vrijednost rješenja	Greška
10^{-6}	$x_{1/1}$	9.99999· 10^{-7}	$4.93 \cdot 10^{-17}$
	$x_{1/2}$		$4.42 \cdot 10^{-18}$
	$x_{1/3}$		0*
	$x_{2/2}$		$4.23 \cdot 10^{-22}$
	$x_{2/3}$		$4.23 \cdot 10^{-22}$
10^{-3}	$x_{1/1}$	9.990014 $973 \cdot 10^{-4}$	$8.21 \cdot 10^{-14}$
	$x_{1/2}$		$4.51 \cdot 10^{-17}$
	$x_{1/3}$		$2.16 \cdot 10^{-19}$
	$x_{2/2}$		$2.16 \cdot 10^{-19}$
	$x_{2/3}$		$4.33 \cdot 10^{-19}$
10^{-1}	$x_{1/1}$	0.091276 526013	$5.30 \cdot 10^{-6}$
	$x_{1/2}$		$8.26 \cdot 10^{-8}$
	$x_{1/3}$		$1.14 \cdot 10^{-9}$
	$x_{2/2}$		$7.36 \cdot 10^{-10}$
	$x_{2/3}$		$6.82 \cdot 10^{-12}$

* shodno proračunima u *Matlab*-u

Tačna vrijednost rješenja Lambert W jednačine dobijena je primjenom ugrađene funkcije *lambertw* u *Matlab* programskom paketu. Naime, kako je Lambert W funkcija izuzetno značajna, matematički programski paketi, kao što je

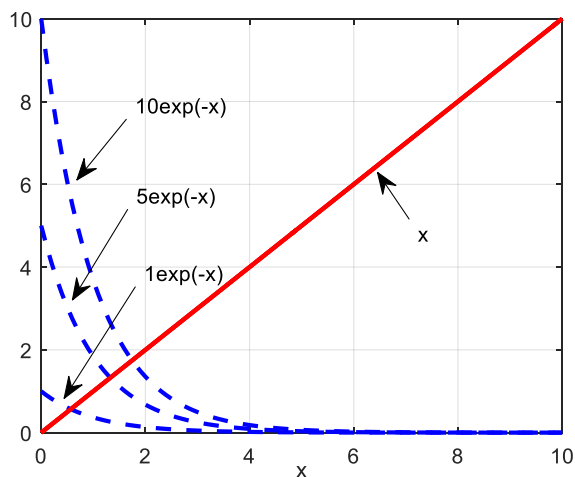
Matlab, Mathematica, Maple, Octave i ostali imaju ugrađenu funkciju za proračun Lambert W funkcije.

Kako se vidi na osnovu ovih rezultata, odlična tačnost se postiže za primjenu bilo koje od predloženih Padé aproksimativnih formulacija. Štaviše, kako je rješenje $x_{1/1}$ najprostije, jasno je da se za ovaj opseg vrijednosti argumenta može sasvim opravdano koristiti jednačina (20).

U Tabeli II date su rezultati proračuna za vrijednosti argumenta ≥ 1 . Kako se vidi na osnovu rezultata proračuna, za veće vrijednosti argumenta (≥ 1), greška raste sa povećanjem argumenta. Prema tome, za veće vrijednosti argumenta potrebno je koristiti složenije oblike Padé aproksimacije Lambert W funkcije. Izgled krive $y=x$ i krivih $y=10\exp(-x)$, $y=5\exp(-x)$ i $y=1\exp(-x)$ prikazan je na slici 2.

TABELA II
REZULTATI PRORAČUNA ZA VELIKE VRIJEDNOSTI ARGUMENTA

α	Oznaka rješenja	Tačna vrijednost rješenja	Greška
1	$x_{1/1}$	0.567141 42049	$5.59 \cdot 10^{-3}$
	$x_{1/2}$		$6.21 \cdot 10^{-4}$
	$x_{1/3}$		$5.86 \cdot 10^{-5}$
	$x_{2/2}$		$3.00 \cdot 10^{-5}$
	$x_{2/3}$		$1.86 \cdot 10^{-6}$
5	$x_{1/1}$	1.326724 665242	0.1097
	$x_{1/2}$		0.0438
	$x_{1/3}$		$8.83 \cdot 10^{-3}$
	$x_{2/2}$		$3.64 \cdot 10^{-3}$
	$x_{2/3}$		$5.83 \cdot 10^{-4}$
10	$x_{1/1}$	1.745528 00274	0.2622
	$x_{1/2}$		0.2544
	$x_{1/3}$		4.4310^{-2}
	$x_{2/2}$		$1.77 \cdot 10^{-2}$
	$x_{2/3}$		$3.78 \cdot 10^{-3}$



Slika 2. Izgled krive $y=x$ i krivih $y=10\exp(-x)$, $y=5\exp(-x)$ i $y=1\exp(-x)$

ZAHVALNICA

Ovaj rad urađen je u sklopu istraživanja na realizaciji bilateralnog projekta između ETF Podgroce i ETF Ljubljane,

u okviru projekta „Estimacija parametara asinhrona mašina“ (Induction MACHine PARAMeters ESTimation)

ZAKLJUČAK

U ovom radu su predstavljeni rezultati istraživanja primjene Padé aproksimacija za rješavanje Lambert W funkcije. Za različite aproksimativne forme eksponencijalne funkcije izražene preko Padé aproksimacija navedeni su aproksimativni izrazi kao rješenje Lambert W funkcije. Numerički rezultati, prikazani za različite vrijednosti argumenta, ukazali su na dva jasna zaključka. Naime, za male vrijednosti argumenta (manje od 10^{-1}) sasvim je opravdano koristiti najprostiju zamjensku formu eksponencijalne funkcije izraženu preko Padé aproksimacija. Međutim, za vrijednosti argumenta veće od 1 potrebno je koristiti složenije varijante Padé aproksimativnih formi za eksponencijalnu funkciju.

U budućem radu pažnja će biti posvećena primjeni izvedenih analitičkih rješenja Lambert W funkcije kod modelovanja strujno-naponskih karakteristika solarnih ćelija, proračuna brzine prilikom startovanja asinhrona mašine i slično.

LITERATURA

- [1] Y. Li, Y. Wei, Y. Chu, "Research on Solving Systems of Nonlinear Equations Based on Improved PSO", *Mathematical problems in engineering*, Vol. 2015, 2015, pp. 727218.
- [2] R.M. Corless, et al. „On the Lambert W function“, *Adv. Comput. Math.*, Vol. 5, 1996, pp. 329-359.
- [3] J. Boyd, „Solving Transcendental Equations: The Chebyshev Polynomial Proxy and Other Numerical Rootfinders, Perturbation Series, and Oracles“ *Society for Industrial and Applied Mathematics*, Illustrated edition, October 30, 2014.
- [4] S.M. Perovich „The transcendental method in the theory of neutron slowing down. *J Phys A Math Gen* Vol. 25, 1992, pp. 2969–2988.
- [5] S. Pindado, et al, "Simplified Lambert W-Function Math Equations When Applied to Photovoltaic Systems Modeling", *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 57, no.2, 2021, pp.1779-1788
- [6] M. Calasan, "Analytical solution for no-load induction machine speed calculation during direct start-up", *International Transactions on Electrical Energy Systems*, Vol. 29, Issue 4, 2019, pp. 1-12.
- [7] G.A. Baker, "Padé Approximants", *Encyclopedia of Mathematics and its Applications Book 59*, 2nd Edition, Kindle Edition, Cambridge University Press, 1996.
- [8] S.M. Perovich, M. Orlandić, M. Čalasan, "Concerning exact analytical STFT solution to some families of inverse problems in engineering material theory," *Applied Mathematical Modelling*, Vol. 37, Issue 7, april 2013, pp. 5474-5497.
- [9] S. M. Perovich, M. Calasan, and R. Toskovic, "On the exact analytical solution of some families of equilibrium critical thickness transcendental equations," *AIP Adv.*, vol. 4, no. 11, 2014, pp. 117124–117132
- [10] M. Čalasan, S.H.E. Abdel Aleem, A.F. Zobaa, "On the root mean square error (RMSE) calculation for parameter estimation of photovoltaic models: A novel exact analytical solution based on Lambert W function", *Energy Conversion and Management*, Vol. 210, April 2020, pp. 112716,
- [11] M. Calasan, A.F. Zobaa, H.M. Hasanien, S. H. E. Abdel Aleem, Ziad M. Ali, "Towards accurate calculation of supercapacitor electrical variables in constant power applications using new analytical closed-form expressions", *Journal of Energy Storage*, Vol. 42, 2021, pp. 102998

Употреба SignalR радног оквира за имплементацију Web апликације у реалном времену

Кристина Б. Станисављевић, Татјана Д. Стојановић, Саша Д. Лазаревић

Садржај—У овом раду представљен је поступак имплементације *SignalR* радног оквира за развој Web апликације у реалном времену. Објашњено је како функционишу Web апликације у реалном времену и шта представља *SignalR* библиотека. Такође, дефинисане су главне компоненте ове библиотеке и начини комуникације које користи. На самом крају приказан је поступак имплементације *SignalR* библиотеке у примеру ћаскања на друштвеној мрежи.

I. УВОД

Web апликације у реалном времену омогућавају корисницима да примају информације, поруке, обавештења или податке специфичне за ту апликацију, чим се подаци промене (додају, измене или обришу), без икаквог претходног захтева од стране корисника за освежавање података.

У традиционалним апликацијама, које не поседују функционалности у реалном времену, корисници не могу да знају да ли су одређени подаци измењени све док не затраже поновно учитавање тих података. Овакв приступ може потенцијално да доведе до одређених проблема у систему, на пример, корисник може да покуша да измени одређени податак који је обрисан. Управо због тога развијене су апликације у реалном времену које омогућавају отварање двосмерне комуникације између клијентске и серверске апликације, тако да осим што клијент шаље захтеве серверу и сервер одговара на њих, и сервер може да пошаље поруку клијенту без претходног захтевања од стране клијента. Потреба за оваквим функционалностима је свакодневна, на пример, ћаскање, односно размењивање порука, се врло често користи као пример. У традиционалним апликацијама, да би корисник видео нове поруке морао би сваки пут да освежи страницу како би поново послао захтев серверу да прочита све поруке. Уместо тога, када на сервер пристигне нова порука, сервер ће аутоматски обавестити тог клијента о новој поруци.

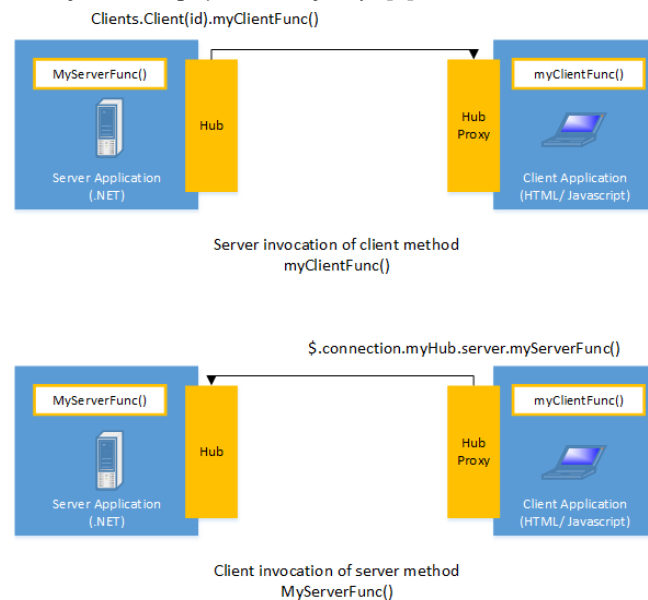
Кристина Станисављевић, Факултет организационих наука, Универзитет у Београду, Јове Илића 154, 11000 Београд, Република Србија (е пошта: stanisavljevic kristina28@gmail.com).

Татјана Стојановић, Универзитет у Београду – Факултет организационих наука, Јове Илића 154, 11000 Београд, Република Србија (е пошта: tatjana.stojanovic@fon.bg.ac.rs).

Саша Лазаревић, Универзитет у Београду – Факултет организационих наука, Јове Илића 154, 11000 Београд, Република Србија (е пошта: sasa.lazarevic@fon.bg.ac.rs).

II. SIGNALR

SignalR је софтверска библиотека отвореног кода за Microsoft ASP.NET која поједностављује процес додавања *real-time* (у реалном времену) функционалности у апликацијама. [1] *SignalR* пружа *API* за креирање позива удаљених процедура (*RPC - Remote Procedure Call*) од сервера до клијента. Позив удаљене процедуре настаје када рачунарски програм позива извршење процедуре на другој меморијској адреси (обично на другом рачунару), при чему је кодиран као локални позив процедуре, односно нису експлицитно кодирани детаљи о даљинској интеракцији. Односно, *SignalR* омогућава двосмерну комуникацију клијент-сервер тако што серверски код у ASP.NET-у позива функције на клијентској страни и обрнуто. Такође, *SignalR* омогућава и аутоматско управљање конекцијама, могућност слања порука свим повезаним клијентима или само једном одређеном клијенту. [2]



Slika 1. Архитектура *SignalR*-а.

A. *SignalR* - начин комуникације

Постоје три начина које *SignalR* користи како би реализовао комуникацију у реалном времену, а то су *WebSocket* (Web сокети), *Server-Sent Events* (серверски послати догађаји) и *Long polling* (дуго анкетирање).

WebSocket представља најпожељнији начин транспорта *real-time* комуникације, док су *Server-Sent Events* пожељнији од *Long polling*-а. *SignalR* аутоматски бира најбољи начин транспорта који се налази у оквиру могућности сервера и клијента. [2]

Long polling представља комуникацијску технику која подразумева континуално слање захтева од стране клијента ка серверу у дефинисаним временским интервалима. Клијент не зна када ће сервер добити нове, ажуриране податке и управо због тога ће константно слати захтев серверу за подацима како би их што пре добио. Интервал слања захтева зависи од природе саме апликације. Уколико је реч о *hascaњу*, где сервер често добија доста нових података, интервал би требало да буде минималан, не више од једне секунде, док уколико је у питању неки други систем који не добија често нове податке, тај интервал може бити дужи. И ако је овај начин комуникације врло једноставан за имплементирање и потпуно функционалан, претрпавање сервера константним захтевима се показало као доста неефикасно, посебно у случајевима када већина захтева не резултира новим подацима.

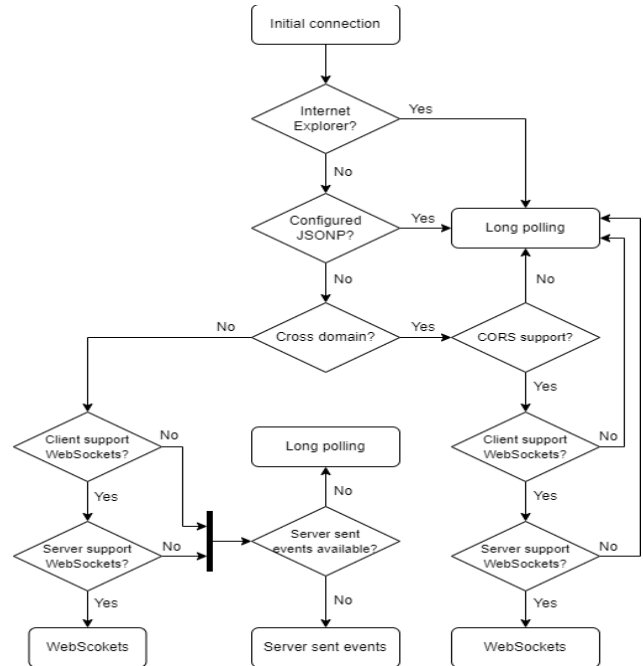
Server-Sent Event представљају још једну комуникацијску технику где клијент започиње комуникацију са сервером. За разлику од *long polling*-а где клијент константно шаље захтев серверу, овде клијент шаље један *HTTP* захтев серверу и то за успостављање комуникације. Када се конекција успостави сервер може да шаље низ догађаја клијенту при чему оставља *HTTP* одговор отвореним све док нема више догађаја за слање, одлучи да је веза отворена довољно дуго и да је можда застарела или док клијент експлицитно не затвори почетни захтев.

WebSocket представља напредну технологију која омогућава отварање двосмерне комуникације између сервера и корисничког претраживача. Помоћу њега омогућено је да сервер шаље садржај клијенту, а да га клијент претходно не захтева. [3] Такође, клијент може да шаље поруке серверу чиме је омогућено да се поруке прослеђују напред-назад, а да веза остане отворена. *SignalR* омогућава коришћење *WebSocket*-а на једноставнији начин уз помоћ многих унапред имплементираних функционалности које *SignalR* нуди.

Који транспорт ће *SignalR* одабрати за комуникацију зависи од претраживача: [4]

1. Уколико се користи застарели претраживач (*Internet Explorer*) комуникација ће се обављати путем *long polling*-а.
2. Такође, уколико је *JSONP*¹ конфигурисан, користиће се *long polling*.
3. Уколико се успоставља веза између различитих домена (енг. *cross-domain*) користиће се *WebSocket*, али само ако клијент подржава *CORS* и ако и сервер и клијент подржавају *WebSocket*-е. Уколико није испуњен неки од ових критеријума, користиће се *long polling*.

4. Уколико *JSONP* није конфигурисан и конекција није међу различитим доменима користиће се *WebSocket* уколико их и клијент и сервер подржавају.
5. Уколико клијент и сервер не подржавају *WebSocket*-е користиће се (уколико су доступни) *server-sent events*.
6. Уколико *server-sent events* нису доступни користиће се *long polling*.



Slika 2. Дијаграм који приказује избор начина *SignalR* комуникације

B. *SignalR Hubs API*

Путем *SignalR Hubs API*-ја успоставља се комуникација између клијента и сервера и он омогућава да повезани клијенти позивају методе на серверу и обрнуто, да сервер позива клијентске методе. Сервер дефинише методе које се позивају са клијентске стране, а клијент дефинише методе које се позивају са серверске стране. Пре него што се креира *Hub* потребно је да се у пројекат дода *SignalR* библиотека. На серверској страни ова библиотека је већ укључена у *ASP.NET Core* оквир тако да нема потребе за инсталирањем *NuGet* пакета. На клијентској страни потребно је додати *SignalR* библиотеку у пројекат.

Кориснички дефинисан *Hub* је класа која наслеђује *Hub* класу из пакета *ASP.Net.Core.SignalR*. Имплементација је једноставна, потребно је само да се дефинишу одговарајуће методе које ће клијент позивати и називи клијентских метода које ће сервер позивати, док је на клијентској страни потребно успоставити комуникацију са *Hub*-ом. Комуникација се успоставља помоћу класе *HubConnectionBuilder* из пакета *aspnet/signalr* и методе *build()* која враћа *HubConnection* објекат који представља конекцију са *Hub*-ом и преко њега ће се одвијати сва даља комуникација.

¹*JSONP*- (*JSON with Padding*) - метод за слање *JSON* података без брига о различитим доменима. Уместо *HttpRequest* објекта користи *<script>* таг.

Наводи се путања до *Hub*-а и средство за комуникацију (*WebSocket*). Након тога позива се метода *start()* која ће успоставити комуникацију са *Hub*-ом.

```
startConnection= () => {
    this.hubConnection=new HubConnectionBuilder()
        .withUrl('https://localhost:7042/hub', {
            skipNegotiation: true,
            transport: HttpTransportType.WebSockets
        }).build();
    this.hubConnection.start()
        .catch(error=>console.log(error.message)); }

```

Такође, на серверској страни потребно је регистровати сервис за *SignalR* и конфигурирати *Hub* класу путем методе *MapHub*. У наставку је приказан тај код.

```
builder.Services.AddSignalR();
app.MapHub<MyHub>("/hub");

```

Hub класа садржи *property* (својство) *Context* који садржи *property*-је који нам нуде информације о тренутној конекцији. Један од најбитнијих *property*-ја јесте *ConnectionId*. *ConnectionId* враћа јединствену ид вредност за конекцију која је додељена путем *SignalR*-а. Постоји само један *ConnectionId* за сваку конекцију. Путем њега могуће је јединствено идентификовати сваког клијента и тачно знати ком клијенту треба послати одређену поруку. [5]

Поред *Context property*-ја, *Hub* класа садржи *property Clients* који садржи својства и методе за комуникацију између сервера и клијента. Неке од њих су:

- *property All* – позива методу над свим повезаним корисницима
- *property Caller* – позива методу над клијентом који је позвао *Hub* методу
- *property Others* - позива методу над свим конектованим корисницима осим над клијентом који је позвао *Hub* методу
- *method Client* – позива методу над специфичним конектованим клијентом (очекује *ConnectionId* тог клијента као параметар)
- *method AllExcept* – позива методу над свим конектованим корисницима осим над клијентом који ће бити прослеђен методи (очекује *ConnectionId* клијента којег треба изоставити)

Постоји и *property Groups* који нам омогућава груписање одређених корисника односно конекција у именоване групе. Ово својство садржи две битне методе, *AddToGroupAsync* за додавање нове конекције у одређену групу и *RemoveFromGroupAsync* за избацивање одређене конекције из неке групе. Обе методе као параметре примају *ConnectionId* конекције коју је потребно додати/избацити и назив групе. Група се креира позивањем методе за додавање нове конекције, односно уколико група са прослеђеним називом не постоји, она се креира и прослеђена конекција се додаје у њу, а уколико група већ постоји само ће се у постојећу додати нова конекција. Група нестаје када се последња преостала конекција избаци из групе. У апликацији која је развијена за потребе овог рада потребно је водити

евиденцију о свим тренутно активним корисницима. У складу са тим, када се нови корисник конектује са *Hub*-ом потребно је да се дода у групу активних корисника. *Override*-ована метода *OnConnectedAsync()* се аутоматски позива на серверској страни када се корисник конектује са *Hub*-ом и додаје корисника у групу активних корисника. Следећи код приказује то дешавање.

```
public override async Task OnConnectedAsync() {
    await Groups.AddToGroupAsync
        (Context.ConnectionId, "activeUsers"); }

```

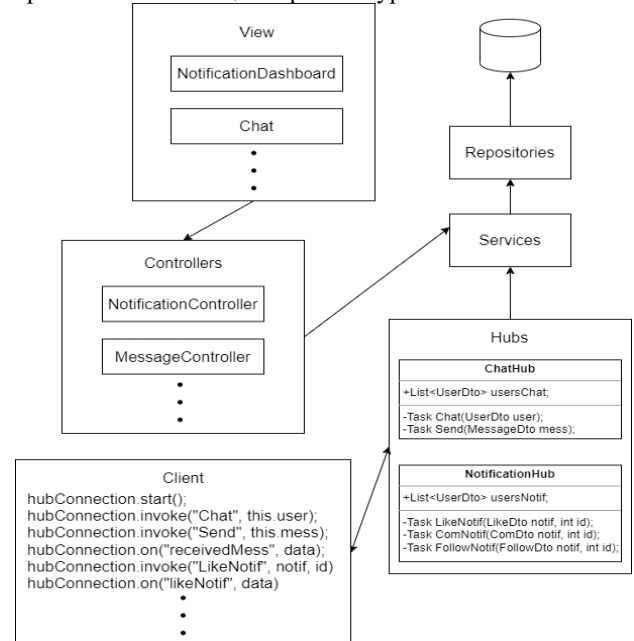
Сада врло једноставно може да се пошаље порука свим активним корисницима позивањем методе *SendAsync()* над групом активних корисника.

```
await Clients.Group("activeUsers")
    .SendAsync("receivedMessage", mess);

```

C. Апликација за ђаскање развијена уз помоћ *SignalR* радног оквира

Архитектура апликације за ђаскање која је развијена састоји се од презентационог, сервисног, репозиторијум и доменског слоја. У доменском слоју дефинисане су доменске класе које представљају релације у бази. За сваку доменску класу имплементиран је *Repository pattern*, односно за сваку доменску класу направљен је одговарајући интерфејс репозиторијум као и његова имплементација, кроз коју обављамо комуникацију са базом. У сервисном слоју се налази пословна логика апликације и служи за позивање репозиторијума. Комуникацију између презентационог слоја и апликационог врше контролери. За сваку доменску класу је направљен одговарајући контролер. Апликација је подељена по слојевима тако да се обезбеди што је могућа већа независност сваког слоја, што омогућава да се свака измена изврши на једноставан начин без потребе за мењањем целе архитектуре.



Slika 3. Дијаграм који приказује архитектуру апликације.

На основу приказаног дијаграма види се да *SignalR* може једноставно да се интегрише у постојећу архитектуру *MVC* или *WebAPI* апликације. Интеграција се врши додавањем *Hub* класа у апликацију и дефинисањем одговарајућих *Hub* метода. Подела функционалности на *Hub*-ове омогућава раздвајање пословне логике (која се налази у сервисима) од комуникације са клијентима. Као што су контролери креирани сваки за одређену доменску класу, тако је и са *Hub*-овима. За потребе апликације направљене су две *Hub* класе, за ентитете *Message* и *Notification*, које ће бити задужене да обавесте корисника када за њега пристигне нова порука или обавештење. У наставку биће приказано како се обавља комуникација између клијента и сервера помоћу *SignalR*-а на примеру ћаскања на друштвеној мрежи.

Након што је (на клијентској страни) самим читавањем странице за дописивање са другим корисницима друштвене мреже успостављена комуникација са *Hub*-ом (позвана претходно описана метода *startConnection()*), потребно је обавестити *Hub* да је корисник конектован и спреман за дописивање. Асинхрона метода која ово понашање обавља приказана је у наставку.

```
async ServerNotify()
{
    await this.signalR.hubConnection
        .invoke("Chat", this.currentUser)
        .catch(error => console.error(error.message));
    this.newMessageListener();
}

```

Ова метода позива методу *Chat* на серверској страни помоћу *HubConnection* објекта и прослеђује јој тренутно улогованог корисника. Када се то заврши позива се метода *newMessageListener()* чији је задатак да постави ослушкивач који ће чекати поруку од сервера за тог улогованог корисника. Серверска метода *Chat* која је приказана у наставку треба да провери да ли тај корисник већ постоји у листи свих конектованих корисника и уколико не постоји да га дода у листу, а уколико постоји да промени његов *ConnectionId*.

```
public async Task Chat(UserDto user)
{
    UserInfo uInfo = new UserInfo {
        ConnectionId = Context.ConnectionId,
        UserId = user.Id
    };
    bool postoji = false;
    usersChat.ForEach( u => {
        if (u.UserId == user.Id) {
            u.ConnectionId = uInfo.ConnectionId;
            postoji = true;
        }
    });
    if(!postoji) usersChat.Add(uInfo);
}

```

Hub методе морају бити асинхроне, означене кључном речју *async*, и повратна вредност треба да буде *Task*. *Task* представља једну операцију која не враћа вредност и обично се извршава асинхроно. У основи, *Task* се користи за имплементацију асинхроног програмирања,

²*thread pool* (скуп нити) – колекција нити која се користи за обављање низа *task*-ова (задатака) у позадини. Када нит изврши *task*, поново се шаље у скуп нити, тако да се може поново користити.

³*handler* - асинхрона метода која се извршава као одговор на одређени *event* (догађај).

односно за асинхроно извршавање операција. *Task* објекат се обично извршава асинхроно на нити из скупа нити (енг. *thread pool*²), а не на главној нити програма (енг. *main thread*).

Сада, када је корисник конектован са *Hub*-ом, може да пошаље поруку другом конектованом кориснику. Након што корисник пошаље поруку, односно након што је сервер прими и успешно сачува у базу, потребно је да се корисник коме је намењена порука обавести. За то је задужена метода *ClientNotify()* која ће позвати серверску методу *SendMessage* помоћу методе *Invoke* над објектом *HubConnection*, и проследити јој нову поруку. Метода *Invoke* као први параметар прима назив серверске методе која треба да се изврши, а као други прима параметар који очекује та метода.

```
async ClientNotify() {
    await this.signalR.hubConnection
        .invoke("SendMessage", this.newMessage)
        .catch(err => console.error(err.message)); }

```

Након што је позвана, серверска метода *SendMessage* проверава да ли се корисник којем је намењена порука налази у листи свих конектованих корисника, може се рећи да заправо проверава да ли је тај корисник, којем је намењена порука, тренутно активан. Уколико јесте, путем својства *Clients* и методе *Client* којој се прослеђује *ConnectionId* корисника, добија се конекција са тим корисником представљена *IClientProxty* инстанцом и над њом може да се пошаље порука изабраном кориснику методом *SendAsync*. Као параметри ове методе прослеђени су назив клијентске методе која се позива и порука за корисника.

```
public async Task SendMessage(MessageDto mess)
{
    UserInfo user = usersChat.SingleOrDefault
        (u => u.UserId == mess.ForId);
    if(user!=null) {
        await Clients.Client(user.ConnectionId)
            .SendAsync("receivedMessage", mess); }
}

```

Када је на самом почетку позвана метода *ServerNotify* како би се успоставила конекција са *Hub*-ом, на самом крају њеног извршавања позвана је метода *newMessageListener()* која је над објектом *HubConnection* регистровала *handler*³-а који чека да се на серверској страни деси догађај *receivedMessage*. Када се тај догађај десио, односно када се извршила серверска метода *SendMessage*, у листу свих порука додаје се нова добијена порука коју је сервер послао кориснику и приказ се аутоматски ажурира. На овај начин омогућена је комуникација између два корисника без потребе за икаквим освежавањем странице. У наставку је приказана метода *newMessageListener()*.

```
async newMessageListener()
{
    await this.signalR.hubConnection
        .on("receivedMessage", (data) => {
            var novaPoruka=data;
            this.messages.push(novaPoruka);
        })
}

```


III. ПРЕДНОСТИ И МАНЕ КОРИШЋЕЊА SIGNALR-A

SignalR представља моћан алат који на веома једноставан начин и уз релативно мало кода реализује асинхрону комуникацију између клијента и сервера на веома ефикасан и брз начин. Главне предности ове библиотеке су:

- Брзина – представља један од најбржих, високо перформантних *real-time* радних оквира.
- Флексибилност – користи *WebSocket*-е кад год је то могуће, јер представљају најбољи начин за остваривање асинхроне комуникације, али старији претраживачи их не подржавају. Како би се обезбедила компатибилност са старијим верзијама нуди још два начина за обављање комуникације, *long polling* и *server-sent events*.
- Једноставност коришћења – сва сложеност имплементације начина комуникације је скривена од корисника.
- Део је ASP.NET-а што олакшава његово коришћење у комбинацији са другим ASP.NET функционалностима као што су аутентификација, ауторизација и *dependency injection*.
- Скалирање - нуди више опција за скалирање: Redis, SQL Server, Azure Service Bus.

Међутим, *SignalR* поседује и одређене мане:

- Не постоји механизам који гарантује испоруку порука - једна од главних мана ове библиотеке; Једини тренутни механизам јесте сама потврда од клијента да је порука примљена.
- *ASP.NET Core SignalR* библиотека није компатибилна са клијентима и серверима за *ASP.NET SignalR*.
- Представља Microsoft-ову библиотеку тако да може да се користим само у Microsoft-овим *back-end* језицима (C#, F#, VisualBasic). Исто тако *SignalR* пакет подржан је за C#, JavaScript, Java и Python клијенте, док за сада не постоји подршка за iOS, Android, Go, Ruby или PHP.

IV. ЗАКЉУЧАК

Пре *SignalR*-а креирање трајне везе између клијента и сервера захтевало би доста рада. Са *SignalR*-ом креирање ових веза које омогућавају *real-time* функционалности у апликацијама је веома једноставно. *SignalR* представља добар избор за апликације које захтевају честа ажурирања од стране сервера као што су друштвене мреже, аукције, игрице, мапе и многе друге. Кроз овај рад описана је *SignalR* библиотека као и њена имплементација на примеру ћаскања на друштвеној мрежи.

LITERATURA

[1] Introduction to SignalR (2020, септембар, 10). Преузето са: [Introduction to SignalR | Microsoft Learn](#)

[2] Overview of ASP.NET Core SignalR (2023, јануар, 5). Преузето са: [Overview of ASP.NET Core SignalR | Microsoft Learn](#)

[3] The WebSocket API (.). Преузето са: [The WebSocket API \(WebSockets\) - Web APIs | MDN \(mozilla.org\)](#)

[4] Transport selection process (2020, септембар, 10). Преузето са: [SignalR-transport-selection-process](#)

[5] Hubs in SignalR (2023, јануар 26). Преузето са: [Use hubs in ASP.NET Core SignalR | Microsoft Learn](#)

⁴*dependency injection* - патерн који омогућава креирање зависних објеката ван класе и обезбеђује те објекте класи на различите начине.

A Blockchain-Based Approach to Management of University Diploma Authenticity

Branko Jovović, Tomo Popović, *Senior Member, IEEE*, Stevan Šandi, Zoran Djikanović

Abstract— This paper focuses on solving digital transformation challenges in educational system. In addition to traditional information systems employed in education there is a trend of adding new features based on the latest megatrends such as artificial intelligence and blockchain. Specifically, this paper discusses an approach on how blockchain technology can be utilized to implement a system for keeping student records and diploma verification. Including blockchain technology in the process of keeping records on students' diplomas may bring many benefits. It provides students with control of their academic identity and provides means for displaying verified credentials in their electronic records, which may simplify later use of their electronic CVs or copies of diplomas. The use of blockchain should increase trust into electronic records to all of the stakeholders involved in the process and could in the near future minimize the possibility to modify or falsify student credentials.

Keywords— blockchain, education, credential verification, university diploma.

User Behavior Analysis of Short-form Video Prolonging Usage towards Purchase Intention on social media using SEM Method

Fredy Jingga, Rama R. Wiryawan, Mega Rahmanita, and Fildzah Z. Adani, *Member, IEEE*

Abstract ---Along with technological developments in recent years, more and more social media applications have emerged, especially with social media that has a short video format which has resulted in the rise of shopping online from watching short videos, a new method of attracting potential customer to buy products. But for some individuals, using these apps excessively might become addictive. This paper combined a model that is modified from previous research by adding short video dimensions and variables that includes personalization, perceived playfulness, informativeness, interesting content, customer satisfaction, and addiction, toward purchase intention. To evaluate the hypotheses in this study, 447 valid questionnaires were gathered. Data collection was carried out using a Likert scale 1-6 questionnaire distributed online and processed using the SmartPLS 4 system method. Results corroborated that personalization and user satisfaction has a positive effect on addiction, informativeness and interesting content in short-form videos has also a significant positive influence on users' satisfaction, user satisfaction and addiction have a positive relationship to purchase intention, however this one factor, perceived playfulness has no significant relationship on addiction.

Keyword: *addiction, purchase intention, short-form video, user behavior, technology*

A Maturity Model of Digital Transformation in Supply Chains: A Multi-dimensional Approach

Sanaa Tiss, Martha Orellano,

Direction Recherche & Innovation Capgemini Engineering, 31700 Blagnac, France

Abstract— To implement a roadmap towards Supply Chain 4.0, companies need to assess and position their level of digital maturity. Several works have proposed different maturity models to guide companies to make this assessment and help them to identify a roadmap to reach the desired level of maturity. In this article, we put the user at the centre of the digital transformation process. Furthermore, we consider the company's organisational structure, and the status of the information systems as critical factors to integrate 4.0 technologies. Based on literature analysis and experts consulting, we propose a multidimensional model to assess the digital maturity of companies. Our model is based on a structured survey to perform the maturity assessment of a company as objectively as possible. The structure of the assessment tool is designed to allow the most relevant stakeholders, regarding each dimension of digital transformation, participating in an independent and complementary manner. An illustrative example is deployed within the R&I department of Capgemini Engineering France to show how the proposed tool works.

Keywords— Maturity model, digital transformation, maturity assessment, supply chain 4.0.

The importance of information system for seafarers in Montenegro

Vera Kapetanović, Maja Krčum, Igor Petrović, and Tatijana Dlabac

Abstract — The development of information and communication technologies (ICT) has provided great improvement in the work activities in all spheres of the human life. Various information and communication systems, within maritime industry, have been used both on board the ships and in the administration. Introduction of a system that would include complete maritime database would be of special importance for Montenegro. Such a system, introduced in this paper, ePomorac, would improve work in all segments of Montenegrin maritime industry. Depending of the user, part of the database can be fully accessible or just partly accessible. Systematization of data (such as records of the sea service, applications for embarkation/ disembarkation, records of obtained certificates and names of institutions that have issued the appropriate certificates etc.) into a suitable database, would certainly contribute to the quality of the service. This paper highlights the importance of the information system in maritime industry and describes the elements required for proper implementation and function.

A Quantum-Classical Hybrid Classifier Using Multi-Encoding Method for Images

Niyazi Furkan Bar; Hasan Yetis and Mehmet Karakose

Abstract— Image data grows in volume and size more quickly than classical processing power. Thanks to its entanglement and super-position qualities, quantum computing, which is based on quantum physics, has a lot of potential for speed and processing capacity. For high power challenges, it is therefore highly common to try to utilize quantum computing units rather than classical computing units. In this study, a hybrid quantum-classical approach was proposed for utilizing quantum computers' advantages in image classification. This hybrid technique uses a variational quantum circuit (VQC) on the quantum computer side. To overcome the qubit restriction in the VQC, multiple amplitude encoding was used as the data encoding method. In the classical computer part of the proposed approach, the preprocessing of the image, the convolution operation, and the optimization of the parameters of the single-qubit rotation gates in the VQC were performed. The proposed approach was trained and tested on two different data sets. The accuracy rates acquired in 2-layers and 4-layers VQCs within the data sets were evaluated in the test results. The proposed approach was evaluated against studies that were similar in the literature. Compared to similar studies, it was observed that it is more successful in terms of the number of parameters used and quantum cost. As a result, the effectiveness of the proposed approach was verified.

Keywords—quantum computing, quantum machine learning, variational quantum circuit, image classifier

Extreme Gradient Boosting based Anomaly detection for Kubernetes Orchestration

Agil Yolchuyev¹

Abstract— Cloud computing was an attractive research area due to provided advanced functionalities over the traditional classic computer technologies. It allows for easily managing large applications without additional hassles, via the various containers and orchestration technologies. The development of containerization technology has made it possible for a single server to operate numerous services while making more efficient use of the resources available to it. However, containerized environments also bring forth additional issues, particularly in terms of providing comprehensive monitoring and safety measures. This brings an idea to create a new model for evaluating and identifying of unexpected anomalies in orchestration platforms in the early stage. In this research, we propose an eXtreme Gradient Boosting (XGBoost) based model for anomaly detection on the Kubernetes orchestration platform. We compared performance of it with a Convolutional neural network (CNN), Linear Support Vector Machine (Linear SVM), Random Forest Classifier, Decision Tree Classifier and Artificial Neural Networks (ANN). After multiple experiments, better results were observed by XGBoost among the others with an accuracy of up to 98.86%.

Keywords — *Cloud computing; Container Orchestration; Kubernetes; Artificial Intelligence; eXtreme Gradient Boosting.*

Disease Prediction Using Machine Learning Algorithms

Ivan Jovovic, Dejan Babic, Tomo Popovic, *Senior Member IEEE*, Stevan Cacic, Ivana Katnic

Abstract— This study aimed to investigate the application of machine learning techniques for disease prediction. Three popular machine learning algorithms, Random Forest, Support Vector Machines and Naive Bayes, were employed and their performance was evaluated. Results showed that the best performing model was based on Random Forest algorithm with the average accuracy of 87%. This model has been additionally tuned in order to achieve even better performance, which resulted with 90% accuracy. This study highlights the potential of AI in disease prediction and provides insights into the importance of algorithm selection and tuning for optimal performance.

Advanced Mission Critical Communication in Maritime Search and Rescue Actions

Zdravko Paladin, Emmanouil Fountoulakis, Žarko Lukšić, Nexhat Kapidani, Dražen Ribar, Geogios Boustras

Abstract — Successful maritime search and rescue (SAR) missions and real-time information exchange among first responder organizations (FRs) and command/coordination centers, fully rely on straightforward information flow and accurate communication channels, supported by novel data sharing technologies, advanced network connections, and interoperable platforms. Therefore, SAR actions at sea, as an integral part of the national maritime safety system, are supported with mission-critical communication (MCC) networks and devices. The paper presents the analysis of SAR operational and communication specifics, use cases and technical efficiency increasing in the maritime safety framework, with a focus on specific operational capabilities of MCC, connection networks, devices, and procedures for maritime distress communication. Further to MCC, the paper provides insight into the 5G network applied in maritime SAR and communications. The case study consists of an elaboration of the Mission Critical Communication platform components and X/BELLO tool, a secure 5G application that allows real-time information exchange, deployed under the RESPOND-A project approach. These systems represent the technical part of the SAR pilot of the EU RESPOND-A project showcasing the opportunities to strengthen the operational framework of maritime FRs and improve their joint mission performance.

Optimization of ETA using information technologies in order to minimize the negative impacts of anchoring

Balša Drašković

Abstract - The safety of navigation is one of the most important elements of shipping, which traditionally receives the most attention. Global development in almost all fields has led to a sudden increase in the number and size of ships. Shipping represents the backbone of global transport, while anchoring is one of the usual and most frequently performed operations, which needs to be improved in technical, communication and organizational terms. This is achievable through detailed monitoring of the modern technologies development and their constant implementation in all segments of the maritime economy. In this paper, the optimization of ship's speed adjustment was analyzed, with the aim of Estimated Time of Arrival (ETA) adjustment, which, when there is a possibility, would lead to avoiding anchoring, that leads to reduction of numerous potential risks and consequences.

A Machine Learning-Based Framework for Detecting Credit Card Anomalies and Fraud

Maram A. Alamri, Mourad A. Ykhlef

Abstract—Expeditious growth in e-commerce has emerged in an increasing number of online shopping societies. These shoppers rely on credit cards as a payment method or use a mobile wallet for their purchases. Thus, credit cards have become the main payment method in the e-world. Given the many transactions that occur daily, criminals propose tremendous opportunities to find different ways of attacking and stealing credit card information. Fraudulent credit card transactions are a serious business issue. These types of scams can result in significant economic and personal losses. As a result, businesses are increasingly devoted to developing new ideas and methods for detecting and preventing fraud, as well as acquiring their customer’s trust and protecting their privacy. In recent years, learning algorithms have emerged as important in research fields aimed at developing solutions to this issue. In this paper, the proposed framework will develop a two-stage anomaly and fraud detection model that uses a strengthened anomaly clustering algorithm in the first stage to find fraud patterns in transactions. The second stage uses a learning classifier to detect fraud in transactions based on fraud patterns and clients’ spending behavior. The transactions will be well balanced using hybrid sampling techniques to enhance the performance of the model. This framework also aims to optimize the learning classifier model, which will improve other existing models in terms of performance, computation time, and accuracy.

Keywords—credit card, anomaly detection, fraud detection, sampling techniques, machine learning, optimization

The use of GeoGebra software to improve teaching in the field of marine electrical engineering

Ilija Knežević, Maja Krčum, Tatijana Dlabac and Anita Gudelj

Abstract— The development of computers and information technologies has made it possible to use various programs in the education process that facilitate the acquisition of knowledge. One of these software programs is GeoGebra, which has an interactive working environment and enables the teaching and learning of mathematics, i.e. the necessary mathematical apparatus that is an integral part of all engineering problems. In addition to being used in class, GeoGebra is also useful for independent study and research. In this paper, an example of the use of the GeoGebra software in teaching in the field of marine electrical engineering is given.

A Systems-oriented Approach to Medical Education Incorporates Virtual Patients and Gamification

Mohammad Nasfikur R. Khan
Systems Engineering
University of South Alabama
Mobile, USA
mk2121@jagmail.southalabama.edu

Kari Lippert
Systems Engineering
University of South Alabama
Mobile, USA
klippert@southalabama.edu

Robert J. Cloutier
Systems Engineering
University of South Alabama
Mobile, USA
rcloutier@southalabama.edu

Abstract — The availability of diagnostic and therapeutic alternatives allows trainee medical professionals to receive more simulation-based training. In recent years, the entertainment industry has contributed greatly to the advancement of virtual humans (VH). On the other hand, gamification aims to make learning more exciting and engaging by incorporating stories and tracking systems into the learning process. A growing number of studies have documented the benefits of gamifying medical education. Through virtual patients (VPs), practitioners and learners can emulate practitioner-practitioners' interests, as well as reverse roles and put learners in the patient's position. Based on the VP framework and gamification, this study identifies potential problems and eliminates harmful consequences from a systemic perspective.

Keywords—VP, game-based learning, system engineering.

Improved LOS Guidance Law for Path Following of Underactuated USV with Sideslip Compensation

Lazar Ašanin, Luka Martinović, *Student Member, IEEE*, Žarko Zečević, *Member, IEEE*,
Marco Bibuli, *Member, IEEE*, Roberta Ferretti, *Member, IEEE*, Massimo Caccia, *Member, IEEE*

Abstract—In this paper, we present an improved line-of-sight guidance law (LOS) for path following of underactuated unmanned surface vehicles. In the proposed approach, the sideslip angle is treated as an unknown system state that is estimated simultaneously with the cross-track error using an augmented extended Kalman filter (AEKF). Simulation results demonstrate that the proposed guidance law exhibits faster convergence and better path following performance compared to the available LOS methods.

Index Terms—USV, Guidance, Path Following, Line-of-Sight (LOS), Predictor-based, Sideslip Compensation

Vehicle Speed Estimation From Audio Signals Using 1D Convolutional Neural Networks

Ivana Čavor and Slobodan Djukanović

Abstract—This paper presents an approach to acoustic vehicle speed estimation using audio data obtained from single-sensor measurements. One-dimensional convolutional neural network (1D CNN) is used to estimate the vehicle's speed directly from raw audio signal. The proposed approach does not require manual feature extraction and can be trained directly on unprocessed time-domain signals. The VS13 dataset, which contains 400 audio-video recordings of 13 different vehicles, is used for training and testing of the proposed model. Two training procedures have been evaluated and tested, one based on determining optimal number of training epochs and the other based on recording model state with minimal validation loss. The experimental results show that the average estimation error on VS13 is 9.50 km/h and 8.88 km/h, respectively.

Applications Impressed Current Cathodic Protection of the Ship Hull

Lazar Mrdović and Špiro Ivošević

Abstract—Corrosion is a phenomenon that occurs as a reaction of metal with the environment in which it is located. There are several ways to protect metals from corrosion, and one of them is cathodic protection, where anodes are used in different designs. Impressed Current Cathodic Protection (ICCP) is one of the conceivable uses of cathodic protection in ship hulls. This is by far the most efficient structure protection system against corrosion in seawater, where an external anode power source is used. ICCP is widely used in the protection of almost all ships. This paper will present the principle of operation of the ICCP system, its characteristics, as well as possible IT software solutions for simulating and modeling such a system on ships.

Deep learning-based vehicle speed estimation using the YOLO detector and 1D-CNN

Andrej Cvijetić, Slobodan Djukanović and Andrija Peruničić

Abstract—This paper addresses vehicle speed estimation using visual data obtained from a single video camera. The proposed method accurately predicts the speed of a vehicle, using the YOLO algorithm for vehicle detection and tracking, and a one-dimensional convolutional neural network (1D-CNN) for speed estimation. The YOLO algorithm outputs bounding boxes around detected objects in an image, which is, in our case, the vehicle whose speed is to be predicted. As input to our 1D-CNN speed estimation model, we introduce a novel feature based on the change of area of the bounding box around the vehicle. The feature, referred to as the changing bounding box area (CBBA), is obtained by calculating the area of the bounding box, frame-to-frame, as the vehicle approaches the camera. The shape of the CBBA curve remains closely the same for all vehicles, with differences conditioned by the value of the observed vehicle's speed. The proposed method is trained and tested on the VS13 dataset. Experiments show that it is able to accurately predict the vehicle's speed with an average error of 2.76 km/h, with the best performing vehicle having the average error of just 1.31 km/h. The proposed method exhibits the robustness as a key advantage, eliminating the need for prior knowledge of real-world dimensions such as the vehicle size, road width, camera distance and angle in relation to the road etc.

Automatic Water Distribution System Using Wireless Sensor Network

Abubakar Ndagi and Csaba Zoltán Kertész

Abstract—Water distribution sector is currently facing operation challenges, especially in urban areas, as a result of climate change and high rate of urbanization experienced in these areas. These two aforementioned factors pose a threat of water shortage in these cities and consequently affects the water distribution sector as there will be interruption in water supply. To mitigate this, efficient management of the entire distribution process and automated monitoring and control systems are needed. This paper showcases such an automated water distribution system that is responsible for providing clean water to urban residents. The system uses an IoT (Internet of Things) approach for constant and real-time monitoring of water supply from the Base Station down to the water tanks of each block of house. Water levels and water quality are continuously monitored in the end-user's water tanks, and the tanks are automatically refilled based on user requirements and Base Station planning. Both end users and water board managers can follow the water flow information in a user-friendly web application.

Vision-based Vehicle Speed Estimation Using the YOLO Detector and RNN

Andrija Peruničić, Slobodan Djukanović and Andrej Cvijetić

Abstract—The paper deals with vehicle speed estimation using video data obtained from a single camera. We propose a speed estimation method which uses the YOLO algorithm for vehicle detection and tracking, and a recurrent neural network (RNN) for speed estimation. As input features for speed estimation, we use the position and size of bounding boxes around the vehicles, extracted by the YOLO detector. The proposed method is trained and tested on the recently proposed VS13 dataset. The experimental results show that the box position does not bring any improvement in the speed estimation performance. The proposed RNN-based estimator gives an average error of 4.08 km/h using only the area of bounding box as input feature, which significantly outperforms audio-based approaches on the same dataset.

Single Beacon-Based AUV Navigation: A Comparative Study of Kalman Filters

Uroš Janković, Luka Martinović, *Student Member, IEEE*, and Žarko Zečević, *Member, IEEE*,

Abstract—This paper compares the performance of two algorithms for the navigation of an Autonomous Underwater Vehicle (AUV) based on a single hydroacoustic beacon. The performance of two algorithms, the Extended Kalman Filter (EKF) and the Unscented Kalman Filter (UKF), is evaluated through numerical simulations in various scenarios to determine their accuracy in estimating the AUV's position using velocity and range measurements. The results of this study provide insights into the strengths and limitations of these two algorithms in the context of AUV navigation.

Index Terms— navigation, single beacon, UKF, EKF

Assistive Technical Communication of Montenegrin eServices: a Case Study

Aniko Simon, Luka Laković, Pavle Kovačević, Peter A. Kara, Ivana Ognjanović, Ramo Šendelj, Christoph Reich, Milovan Roganović, John Mantas, and Laszlo Bokor

Abstract—With the advancement of information technology in the recent decades, digital and online services have become essential components of everyday life in Europe. Montenegro is no different in this regard. However, as digital literacy in the country is still in a developing phase in comparison with most countries of the EU, a higher portion of its citizens may rely on assistive technical communication. In this paper, we provide a case study on the assistive technical communication of Montenegrin eServices. The work addresses the sectors of online banking, healthcare services, higher education, national administrative services, and utilities. Our findings highlight the diversity in terms of implemented assistive technical communication, and distinguish usage contexts on the level of adequacy. Yet as the functionalities of Montenegrin eServices are expected to gradually expand in the upcoming years, assistive technical communication must aim to handle the higher extents of service complexity.

Evaluation of the Montenegrin Academic Digital Innovation Hub

Luka Laković, Peter A. Kara, Ivana Ognjanović, Laszlo Bokor, Ramo Šendelj, Christoph Reich,
Milovan Roganović, Emmanouil Zoulias, Jevto Eraković, Tanja Radusinović, Nada Rakočević,
and Aniko Simon

Abstract—In the era of global digitalization, digital innovation hubs have become essential, as they function as transforming forces. In this paper, we provide an analysis of the Montenegrin Academic Digital Innovation Hub by applying multi-criteria qualitative evaluation over several criteria: process flow of fully digitized operations of the Hub (with aspects of the innovation life-cycle, ethics, and security), resource management, strategic goals, and feasibility. The paper also proposes a model of comprehensive resource management via the perspective of smart specialization priorities of Montenegro.

Authenticated Key Exchange in Underwater Acoustic Sensor Networks based on Implicit Certificates: Performance Analysis

Bogdan Krivokapic, Slavica Tomovic, *Member, IEEE*, Igor Radusinovic, *Member, IEEE*

Abstract— As the utilization of Underwater Acoustic Sensor Networks (UASNs) in industrial and military operations increases, there is a requirement to guarantee the confidentiality and integrity of the data being transmitted. However, protecting communication in UASNs is very challenging as they are often deployed in unattended environments without physical protection. The slow propagation speed of underwater acoustic waves and low channel bandwidth are additional challenges affecting the design and implementation of security mechanisms. This paper outlines the main disadvantages of using conventional key-exchange protocols in resource-constrained environments such as UASNs, and proposes the utilization of implicit certificates and Hashed One-pass Menezes-QuVanstone (HOMQV) key-exchange protocol as an alternative. We implemented the proposed solution on several computing platforms and present the performance evaluation results in terms of computational time and communication overhead. Our analysis shows that using HOMQV in combination with Elliptic Curve Qu-Vanstone (ECQV) protocol for implicit certificate generation can significantly reduce communication and power consumption requirements compared to Diffie-Hellman (DH) protocol based on X.509 certificates.

Comparative analysis of TG FinFET and GAA FinFET in 3 nm technology node

Lazzaz Abdelaziz, Bousbahi Khaled, Ghamnia Mustapha, LSMC Laboratory, Oran 1 University, Algeria.

Abstract— Leakage current and Short Channel Effects (SCE) are the main barriers in the progress of FinFET device manufacturing. The miniaturization of the channel length introduces some problems like the increase of the threshold voltage, the increase of power dissipation in CMOS circuits and the decrease of the ON current of the FinFET device. Researchers have innovated a new structure called the GAA FinFET in order to improve the performance of the device. The 3-D geometry of FinFET structures imposes new challenges which are essential for the choice of the appropriate transport model for nanoscale device in advanced technology nodes. This paper presents a comparative analysis of 3 nm Trigate (TG) FinFET and Gate All Around (GAA) FinFET. Its aim is to present a higher performance device for better CMOS circuits application.

Reconstruction of Sparse Graph Signals from Reduced Sets of Samples

Miloš Brajović, *Member, IEEE*, Isidora Stanković, *Member, IEEE*, Miloš Daković, *Member, IEEE*,
Ljubiša Stanković, *Fellow, IEEE*

Abstract—The reconstruction of sparse graph signals based on a reduced set of samples is a relevant topic, since graphs, acting as irregular signal domains, may comprise a large number of vertices, millions, or even billions. The related storage and computational issues motivate the involvement of subsampling and compressive sensing concepts applied to graphs. We investigate the fundamental differences in the conditions for the reconstruction based on a reduced set of measurements, in the general case of graph signal processing, versus the case of traditional signal processing. There are two frameworks for such reconstruction – one assuming that the positions of nonzero sparsity domain coefficients are *a priori* known, and the other – when those positions are unknown and must be estimated based on the available measurements. In the first framework, on which we focus in this article, the conditions are in general far less conservative than in the second framework, which involves the compressive sensing (CS) paradigm. The particular structure of the graph may significantly influence the results, therefore bringing to the fore the concept of measurements formed as a linear combination of samples.

Effectiveness of Using OWASP TOP 10 as AppSec Standard

Teodora Petranović, Nikola Žarić, *Member IEEE*

Abstract— Application Security (AppSec) includes variety of practices included in software development process with aim to minimize software vulnerabilities. The goal of this research was to emphasize lack of AppSec standards, the importance of it and what are the consequences with main focus on nowadays most known project about web application security – OWASP top 10. Authors of this research tried to, using practical examples and real-life scenarios, represent the benefits of including OWASP top 10 awareness document in the process of AppSec programs development. As a result of this research, it would be demonstrated how OWASP top 10 actually has the most realistic representation of nowadays security threats.

A Sentiment Analysis to Understand the Role of Twitter Towards Sustainable Consumption

Ceren Cubukcu Cerasi, Yavuz Selim Balcioglu, Asli Kilic, Farid Huseynov and Pejman Rasti

Abstract— This study conducts a sentiment analysis to understand the role of Twitter in promoting sustainability and green consumption. By using text mining and deep learning techniques on structural and semi-structured data from Twitter, the study aims to measure public attitudes towards green consumption and identify key points of attitude change. To carry out the sentiment analysis, the researchers first identified relevant keywords associated with green consumption and collected tweets about these keywords using a social network analyzer. The collected data was then preprocessed and analyzed using a multimodal deep learning algorithm. The results of the analysis were then used to understand the public's perspective on green consumption and identify factors that influence consumer behavior. The findings of the study suggest that social media can be a valuable source of information for understanding and influencing public attitudes towards sustainability and green consumption. Overall, the research highlights the potential of using deep learning techniques and social media data to support the transition to more sustainable development pathways.

LSTM Encoder Decoder Based Text Highlight Abstraction Method Using Summaries Extracted by PageRank

Turan Goktug Altundogan
Department of Computer Engineering,
Manisa Celal Bayar University
Manisa, Turkey
turan.altundogan@cbu.edu.tr

Mehmet Karakose
Department of Computer Engineering,
Firat University
Elazig, Turkey
mkarakose@firat.edu.tr

Abstract— Automatic highlighting from texts is an abstractive summarization problem that is frequently focused on in natural language processing. In encoder-decoder architectures, developed for abstractive summarization, as the size of the input array increases, the learning ability of the architecture becomes difficult. To solve this problem, the focus is on minimizing this disadvantage of encoder – decoder architectures by using the Attention mechanism. In this study, we used an LSTM encoder – decoder with an attention mechanism to perform the highlight abstraction process. In addition, we used an extractive summarization step as a preprocess to increase the learning ability of the encoder – decoder architecture and reduce the input text size. We preferred the PageRank method in the extractive summarization process here. In the PageRank method, sentence vectors were extracted by using Glove embeddings to calculate similarities of text sentences. The proposed approach achieved the extractive summarization by 67.6% and abstractive summarization by 59.6% in ROUGE-1 score.

Keywords—Abstractive Summarization, Pagerank, Extractive Summarization, Encoder Decoder, Attention

Applying OptaPlanner in the implementation of doctors' schedule of duty hours

Ana Kljajić¹, Nikola Bakić², Dušan Savić³, and Vojislav Stanojević⁴

Abstract— The result of this work is to enable direct executors, within a medical institution, significantly improved performance when creating doctors' duty schedules compared to one that is created manually. A theoretical overview of the basic concepts related to this set of problems is given. The main task is to maximize the preferences of medical personnel for working in shifts when a set of restrictions is provided for the process of planning a schedule. They can be closely related to labor laws, hospital regulations, individual preferences, and many more. Based on these constraints a mathematical model is proposed. Since this is an NP-hard problem, metaheuristics are used. As this field includes a certain number of algorithms, this paper focuses on simulated annealing. Defining this, the theoretical background and usage of the OptaPlanner tool are presented. This tool is used to solve previously mentioned types of optimization problems and can be fully integrated into the Java programming language.

Index Terms— metaheuristics, simulated annealing, OptaPlanner tool, schedule-solving problem

Degradation of the Recoloring Specific Degree Protan CVD Image From inserted Watermark

Zoran N. Milivojević and Bojan Prlinčević

Abstract—In the first part of the paper the color vision deficiency (CVD), as a consequence of the deformity in the L cones photoreceptors, was described. After that, an algorithm for the color transformation in the LMS color space is described. The color transformation algorithm aims to expand the range of colors (recoloring) in images intended for protan CVD people. The described algorithm is adapted to the degree of protanomaly for a specific protan CVD person. The second part of the paper presents the results of the Experiment, which was realized with the aim of analyzing the effect of the inserted watermark on the recoloring of the image with the degree of protanomaly. The watermark is inserted using the Block SVD algorithm. Some degrees of protanomaly are included in the analysis of the experimental results. The Experimental results are presented in the form of recoloring images, extracted watermarks and graphics. The analysis of the results was carried out by: a) subjective and b) objective methods. The subjective analysis was realized by visual inspection of the recoloring images and extracted watermarks. The objective analysis was carried out by comparative analysis of mean square error (MSE). Based on subjective and objective analysis, the threshold for the insertion factor, α_c , where the watermark and the RC image are of satisfactory quality was determined.

Yolov5 Based Fault Detection Approach in Railway Components

Merve Yilmazer, Mehmet Karakose *Senior Member, IEEE*

Abstract— For safe transportation on the railway, the faults occurring in its components must be detected and repaired. Recently, fault detection methods have been developed on railway visual data using methods such as image processing, machine learning and deep learning. Especially since deep learning-based algorithms have a self-learning structure, the data used in model training and testing significantly affect the performance of the model. In the proposed method within the scope of this study, railway visual data were obtained using autonomous drone. YOLOv5 deep neural network is trained to detect faults that may occur in various components such as rail, fastener, sleeper and ballast in the railway. In order to increase the efficiency of the model, images obtained under different lighting conditions were included in the data set. In addition, by using the OpenCV library, the video stabilization process and the vibrations that occur during data acquisition in the video are eliminated. Thus, with the proposed method, it has been shown that the errors due to many components in the railway can be detected with a mAP rate of 94.5%.

Keywords— *deep learning, railway fault detection, autonomous drone*

A Monitoring System for Postural Sway Stabilization Using Tactile Stimulation Near the Auricles

M. Tadokoro, T. Shibasaki, *Member, IEEE* and H. Tonooka, *Member, IEEE*.

Abstract— In this paper, we propose a monitoring system for evaluating body balance function. In humans, body sway can be controlled to some degree via tactile stimulation near the auricularis. However, evaluation results using this method cannot be shown in real time, and the degree of influence of each stimulation on body balance cannot be evaluated. The proposed system can generate charts in real time, providing evaluation indices by calculating the difference from the average value calculated in advance, in addition to time-series measurement of biological signals, and feature values such as the motion of each limb.

In the current experiments, the proposed system was used to perform real-time monitoring. The results revealed, that vibrotactile stimulation near the auricles reduced body sway, and influenced upper body movement and lower limb stabilization.

QR Code Encryption for improving Bank information and Confidentiality

Fahad Layth Malallah, Ali I. Abduljabbar, Baraa T. Shareef, Ali Othman Al-Janaby

Abstract— Nowadays, storing confidential documents using cloud services is getting popular due to advantages regarding security and fast processing operations. One of the major services of cloud computing is cloud storage, which is conversely raises some issues regarding information security. Storing information for cooperation such as a bank in the cloud needs a fast processing operation to avoid any bottleneck in the work procedure. Therefore, Quick Response (QR) code is highly required to be utilized in these operations. The advantage of the QR code is easier for reading information by just scanning using any reader available on smart devices. The methodology is to integrate the security with QR code to save the text bank information. This is done by converting text to the QR code as an image form, then applying a cryptography algorithm to the QR code image then upload it to the cloud storage. Later on, once the plaintext is required to be reconstructed, the same operations are applied exactly to the encryption phase. In which the same algorithm will be applied for decryption then a QR code reader is used to preview the target bank text. For security matters, a key is used to be embedded in the protection operation. The type of encryption is proposed to be a symmetric One-time-pad (OTP) cryptography algorithm.

FIB Analysis of Corrosion Effects on Shape Memory Alloys in Marine Environments

Nemanja Pudar and Špiro Ivošević

Abstract— Shape memory alloys are unique materials, capable of returning to their original shape after deforming. Due to their characteristics, Shape Memory Alloys have proven suitable for use in various fields, including aerospace, medicine and marine. One of the biggest challenges facing the practical application of Shape Memory Alloys is corrosion, which can significantly degrade its mechanical characteristics and performance. This paper presents the corrosion analysis of alloys Cu (copper), CuAl (copper, aluminum), and two samples of NiTi (nickel, titanium) using advanced information technologies. Furthermore, Focused Ion Beam analysis was used to analyze the corrosion process of the shape memory alloys which were exposed to different sea and atmospheric conditions for one month.

Analysis and Development of the Model for Google Assistant and Amazon Alexa Voice Assistants Integration

Boban Savić, Miloš Milić, and Siniša Vlajić

Abstract— Voice assistants enable various task execution. In addition, voice assistants provide application programming interfaces for designing additional skills and intents. However, the problem is that each assistant defines its own programming interface and there is no interface compatibility. The aim of this research is the analysis and development of a software library for the integration of Google Assistant and Amazon Alexa voice assistants. In this context, similarities and differences were observed, and an API for the integration of voice assistants was defined accordingly. To verify the validity of the model, a project management software system was developed in the Jakarta Enterprise Edition environment. The software system supports interaction with Google Assistant and Amazon Alexa assistants.

Software for image analysis and inspection of optical lens

Dimitar Pepedzhiev, Vladimir Hristov, *Member, IEEE*

Abstract— This article presents several software for free use in image analysis and inspection, and they will be designed for image analysis of optical lenses. A system has been designed that allows images to be taken on optical lenses to allow further processing. After taking the images from the optical lenses, the images were processed with the selected software products. Selected software products allowing image analysis are SEye, TopView, and Matlab-based CellProfiler. After the analysis of the software products, the software with the best indicators was selected, for which experimental studies with different luminaires were performed. Research with luminaires aims to achieve a sufficiently high level of accuracy. The achieved accuracy has a maximum error of 0.00134mm, which fully satisfies the study of images from optical lenses.

Performance Analysis of an Underwater Acoustic Communication System Based on DCSK Modulation

Luka Lazović, Ana Jovanović and Vesna Rubežić

Abstract— In this paper, a communication system based on DCSK - Differential chaotic shift keying modulation, which can be used in underwater acoustic communications, is proposed. Recently, we see an increase of various communication schemes using chaotic signals, which show good results in terms of signal propagation in dense environments. In this paper, three chaotic systems have been used and compared: Logistic map, Henon map and Tent map.

The influence of the seawater on the propagation of acoustic signals is analyzed in such a way that instead of white Gaussian noise, a real recording in .wav format, made in the North Sea, was used in the simulations. Simulations and modeling of the communication system were performed in MATLAB.

Blockchain Principles and Energy Consumption Concerns

Sanja Bauk

Abstract - The paper provides a chronology of blockchain and cryptoassets development. It describes the principles of Bitcoin, including blocks and transactions. Cryptocurrencies and smart contracts are enabled thanks to blockchain technology, but this technology considerably increases energy consumption and carbon footprint. Hence, the paper indicates how much energy is consumed during the past 2022 year by different blockchain platforms at world scale. The article points as well some prospects of blockchain larger deployment in the future with the aim of enhancing economic inclusion and development.

Proposal for Improved Navigation Safety of Non Solas Vessels by Combining TSS And IoT Technology

Igor Stanovčić, Rino Bošnjak, Milutin Radonjić, *Member IEEE*, Božo Krstajić, *Member IEEE*

Abstract— This paper presents the concept of increasing navigation safety, especially from the point of view of Non SOLAS vessels and in areas with limited navigation space. The concept consists of a symbiosis of the traditional Traffic Separation Scheme with the concept of E-navigation and VTS as a service provider. The idea is that Non SOLAS vessels, using smartphones with the appropriate application and IoT cloud platform (server and appropriate software), become identified by other vessels and VTS.

Binary Watermark Application in Color Image Protection

Zoran S. Veličković, Dejan R. Blagojević, Marko Z. Veličković,

Abstract— The original concept of color image protection against unauthorized copying and distribution is presented in this paper. The protection is performed by inserting the binary image into the chrominance part of the carrier image using the block Singular Value Decomposition (SVD). The proposed algorithm belongs to the class of blind algorithms and solves the false positive problem. A binary image obtained by encoding the desired information with the Quick Response (QR) code is used as a watermark. In the experimental part of the work, the limit of the differential threshold T which determines the strength of watermark inserting, was determined. The results obtained in the experimental part of the work confirm the high quality of the proposed algorithm. The embedded watermark does not cause noticeable image degradation while ensuring error-free watermark extraction. The QR code can be used to encode various information about ownership or about the place and time the image was created. The presented algorithm can also be effectively used in copyright protection.

