

УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА



ЗБОРНИК РАДОВА
ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА

Едиција: Техничке науке - зборници
Година: XXXVII
Број: 11/2022

Нови Сад

Едиција: „Техничке науке – Зборници“
Година: XXXVII Свеска: 11

Издавач: Факултет техничких наука Нови Сад
Главни и одговорни уредник: проф. др Срђан Колаковић, декан Факултета техничких наука у Новом Саду

Уредништво:

Проф. др Срђан Колаковић
Проф. др Александар Купусинац
Проф. др Борис Думнић
Проф. др Дарко Стефановић
Проф. др Себастиан Балош
Проф. др Дејан Лукић
Проф. др Јован Дорић
Проф. др Мирослав Кљајић
Проф. др Немања Тасић
Проф. др Дејан Убавин
Проф. др Милан Видаковић
Проф. др Мирјана Дамњановић
Проф. др Јелена Атанацковић Јеличић
Проф. др Игор Пешко
Проф. др Драган Јовановић
Проф. др Небојша Ралевић
Доц. др Сања Ожват
Проф. др Немања Кашиковић
Проф. др Теодор Атанацковић

Редакција:

Проф. др Дарко Стефановић, главни уредник
Проф. др Жељен Трповски, технички уредник
Проф. др Драгољуб Новаковић
Доц. др Иван Пинђјер
Бисерка Милетић

Језичка редакција:
Бисерка Милетић, лектор
Софија Рацков, коректор
Мр Марина Катић, преводилац

Савет за библиотечку и издавачку делатност ФТН,
проф. др Стеван Станковски, председник.

Штампа: ФТН – Графички центар ГРИД, Трг Доситеја Обрадовића 6, Нови Сад

CIP-Каталогизација у публикацији
Библиотека Матице српске, Нови Сад

378.9(497.113)(082)
62

ЗБОРНИК радова Факултета техничких наука / главни и одговорни уредник
Срђан Колаковић. – Год. 7, бр. 9 (1974)-1990/1991, бр.21/22 ; Год. 23, бр 1 (2008)-. – Нови Сад : Факултет техничких наука, 1974-1991; 2008-. – илустр. ; 30 цм. –(Едиција: Техничке науке – зборници)

Месечно

ISSN 0350-428X

COBISS.SR-ID 58627591

ПРЕДГОВОР

Поштовани читаоци,

Пред вама је једанаеста овогодишња свеска часописа „Зборник радова Факултета техничких наука“.

Часопис је покренут давне 1960. године, одмах по оснивању Машинског факултета у Новом Саду, као „Зборник радова Машинског факултета“, а први број је одштампан 1965. године. Након осам публикованих бројева у шест година, пратећи прерастање Машинског факултета у Факултет техничких наука, часопис мења назив у „Зборник радова Факултета техничких наука“ и 1974. године излази као број 9 (VII година). У том периоду у часопису се објављују научни и стручни радови, резултати истраживања професора, сарадника и студената ФТН-а, али и аутора ван ФТН-а, тако да часопис постаје значајно место презентације најновијих научних резултата и достигнућа. Од броја 17 (1986. год.), часопис почиње да излази искључиво на енглеском језику и добија поднаслов «Publications of the School of Engineering». Једна од последица нарастања материјалних проблема и несрећних догађаја на нашим просторима јесте и привремени прекид континуитета објављивања часописа двобројем/двогодишњаком 21/22, 1990/1991. год.

Друштво у коме живимо базирано је на знању. Оно претпоставља реорганизацију наставног процеса и увођење читавог низа нових струка, као и квалитетну организацију научног рада. Значајне промене у структури високог образовања, везане за имплементацију Болоњске декларације, усвајање нове и активне улоге студената у процесу образовања и њихово све шире укључивање у стручне и истраживачке пројекте, као и покретање нових мастер и докторских студија, доносе потребу да ови, веома значајни и вредни резултати, постану доступни академској и широј јавности. Оживљавање „Зборника радова Факултета техничких наука“, као јединственог форума за презентацију научних и стручних достигнућа, пре свега студената, обезбеђује услове за доступност ових резултата.

Због тога је Наставно-научно веће ФТН-а одлучило да, од новембра 2008. год. у облику пилот пројекта, а од фебруара 2009. год. као сталну активност, уведе презентацију најважнијих резултата свих мастер радова студената ФТН-а у облику кратког рада у „Зборнику радова Факултета техничких наука“.

Поред студената мастер студија, часопис је отворен и за студенте докторских студија, као и за прилоге аутора са ФТН или ван ФТН-а.

Зборник излази у два облика – електронском на web сајту ФТН-а (www.ftn.uns.ac.rs) и штампаном, који је пред вама. Обе верзије публикују се сваки месец, у оквиру промоције дипломираних мастера.

У овом броју штампани су радови студената мастер студија, сада већ мастера, који су радове бранили у периоду од 26.08.2022. до 30.09.2022. год., а који се промовишу 19.12.2022. год. То су оригинални прилози студената са главним резултатима њихових мастер радова.

Известан број кандидата објавили су радове на некој од домаћих научних конференција или у неком од часописа. Њихови радови нису штампани у Зборнику радова.

Велик број дипломираних инжењера–мастера у овом периоду био је разлог што су радови поводом ове промоције подељени у две свеске.

У овој свесци, са редним бројем 11. објављени су радови из области:

- машинства,
- електротехнике и рачунарства и
- грађевинарства.

У свесци са редним бројем 12. објављени су радови из области:

- саобраћаја,
- графичког инжењерства и дизајна,
- архитектуре,
- инжењерског менаџмента,
- геодезије и геоматике,
- инжењерства третмана и заштите вода – TEMPUS,
- управљања ризиком од катастрофалних догађаја и пожара,
- инжењерства информационих система,
- биомедицинског инжењерства и
- анимације у инжењерству.

Уредништво се нада да ће и професори и сарадници ФТН-а и других институција наћи интерес да публикују своје резултате истраживања у облику регуларних радова у овом часопису. Ти радови ће бити објављивани на енглеском језику због пуне међународне видљивости и проходности презентованих резултата.

У плану је да часопис, својим редовним изласком и високим квалитетом, привуче пажњу и постане довољно препознатљив и цитиран да може да стане раме-уз-раме са водећим часописима и заслужи своје место на СЦИ листи, чиме ће значајно допринети да се оствари мото Факултета техничких наука:

„Високо место у друштву најбољих“

Уредништво

SADRŽAJ

STRANA

Radovi iz oblasti: Mašinstvo

1. Jovan Nikolić,
   SOLARNE SUŠARE ZA SUŠENJE ŠLJIVA 1761-1764
2. Mirko Popadić,
   MERE BEZBEDNOSTI I ZDRAVLJA NA RADU SA MOSNOM REGALNOM DIZALICOM 1765-1768
3. Dejan Marinković, Aleksandar Živković,
   MOGUĆNOST PRIMENE VEŠTAČKIH NEURONSKIH MREŽA SA MALIM SETOM PODATAKA PRI MODELOVANJU RAVNOMERNOSTI KRETANJA KLIZAČA MAŠINA ALATKI 1769-1772
4. Сашо Павловски,
   САВРЕМЕНЕ МЕТОДЕ ИСПИТИВАЊА БЕЗБЕДНОСНИХ И ЕКОЛОШКИХ КАРАКТЕРИСТИКА МОТОРНИХ ВОЗИЛА ПРИ ТЕХНИЧКОМ ПРЕГЛЕДУ 1773-1776
5. Milorad Milinić,
   MODULARNO PROJEKTOVANJE PORTALNIH MANIPULATORA 1777-1780
6. Mihajlo Dokić,
   PRINCIPI, ISKUSTVA, STATUS I PRAVCI RAZVOJA SEZONSKOG SKLADIŠTENJA TOPLOTE 1781-1784

Radovi iz oblasti: Elektrotehnika i računarstvo

1. Maćaš Varga,
   PROJEKTOVANJE TAKTOVANIH CMOS KOMPARATORA 1785-1788
2. Јелена Матковић,
   АУТОМАТСКА ЕКСТРАКЦИЈА ИНФОРМАЦИЈА ИЗ ОДЛУКА НОВОЗЕЛАНДСКИХ СУДОВА 1789-1792
3. Милан Кнежевић,
   ПОЗИЦИОНИРАЊЕ КОРИСНИКА ДРУШТВЕНЕ МРЕЖЕ ТВИТЕР НА МАПИ ПОЛИТИЧКОГ СПЕКТРА ПОМОЋУ КОРИСНИЧКИХ ТВИТОВА 1793-1796
4. Анђела Трајковић,
   GRYPE СКЕНЕР ЗА ТЕСТИРАЊЕ РАЊИВОСТИ У КОНТЕЈНЕРИМА 1797-1800
5. Николина Батинић,
   АНАЛИЗА ФАКТОРА И ПРЕДИКЦИЈА СТОПЕ САМОУБИСТАВА ПО ДРЖАВАМА БАЗИРАНО НА МОДЕЛИМА ДУБОКОГ УЧЕЊА 1801-1804
6. Luka Kričković,
   SISTEM ZA PREPORUKU VESTI UPOTREBOM PERSONALIZOVANIH KRATKOTRAJNIH REPREZENTACIJA 1805-1808

STRANA

7. Nemanja Ilić,
IMPLEMENTACIJA INFORMACIONE BEZBEDNOSTI AKVIZICIONO-UPRAVLJAČKIH SISTEMA NA CLOUD-U 1809-1812
8. Невена Роквић,
РАЗВОЈ ОНТОЛОГИЈЕ УПОТРЕБОМ МЕТОДА ОБРАДЕ ПРИРОДНОГ ЈЕЗИКА 1813-1816
9. Bojan Jorgovanović,
POREĐENJE PERFORMANSI UPRAVLJAČKOG ALGORITMA REGULATORA PO STANJIMA SA ALGORITMOM ZASNOVANIM NA UČENJU SA POTKREPLJENJEM 1817-1821
10. Marija Stajić,
INŽENJERING UPOTREBLJIVOSTI SOFTVERA ZA KONTROLU PRISTUPA KORISNIKA 1822-1825
11. Suzana Jović,
POZITIVAN UTICAJ VIDEO IGARA NA DJECU 1826-1829
12. Barbara Šegrt,
NFT TEHNOLOGIJA U ZAŠTITI DIGITALNIH UMETNINA 1830-1833
13. Tamara Gengo,
VR INTERFEJS ZASNOVAN NA PRAĆENJU POKRETA ŠAKA KORISNIKA 1834-1837
14. Душан Петровић,
ПРЕДИКЦИЈА ИСХОДА ПРОФЕСИОНАЛНИХ ТИМСКИХ МЕЧЕВА У ИГРИЦИ CS:GO 1838-1841
15. Đurađ Krneta,
IZBOR UZEMLJENJA MREŽE 1842-1845
16. Тамара Ранковић,
КОНТРОЛА ПРИСТУПА ПЛАТФОРМЕ ЗА ИВИЧНО РАЧУНАРСТВО 1846-1849
17. Тамара Ковачевић,
АНАЛИЗА И ПОРЕЂЕЊЕ АЛАТА ЗА ФАЗ ТЕСТИРАЊЕ IoT СИСТЕМА 1850-1853
18. Тамара Јовичић,
ВЕБ АПЛИКАЦИЈА ЗА ПРОДАЈУ ОНЛАЈН КУРСЕВА 1854-1857
19. Isidora Cvetkov,
MOBILNA APLIKACIJA ZA PROMOCIJU TURISTIČKIH SADRŽAJA 1858-1861
20. Ивана Благојевић,
ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА КОНТРОЛЕ ПРИСТУПА КОРИШЋЕЊЕМ APACHEDS И APACHE FORTRESS 1862-1865
21. Леона Недељковић,
ПРИМЕНА MODSECURITY WAF-A У ЗАШТИТИ ВЕБ АПЛИКАЦИЈА 1866-1869
22. Slađana Turudić,
KRATKOROČNA PROGNOZA POTROŠNJE U AKTIVNIM DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA 1870-1873
23. Uroš Jakovljević,
KONCEPT VLASNIŠTVA PRI RUKOVANJU MEMORIJOM I NJEGOVA PRIMENA U RUST PROGRAMSKOM JEZIKU 1874-1877
24. Миле Праштало,
КОМПАРАТИВНА АНАЛИЗА IOS И FLUTTER РАДНИХ ОКВИРА 1878-1881
25. Marko Blagojević,
RAZVOJ EDUKATIVNE VIDEO IGRE ZA UREĐAJ VIRTUELNE REALNOSTI 1882-1885
26. Емина Турковић,
ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА СТЕГАНОГРАФСКОГ СИСТЕМА УПОТРЕБОМ ТЕХНИКЕ СУПСТИТУЦИЈЕ БИТА НАЈМАЊЕ ВАЖНОСТИ 1886-1889
27. Амар Хајдарпашић, Драган Милићевић,
УТИЦАЈ КАПАЦИТЕТА КОНДЕНЗАТОРА ИНВЕРТОРА НА РАД ВЕКТОРСКИ УПРАВЉАНЕ АСИНХРОНЕ МАШИНЕ ПРИ РАЗЛИЧИТИМ ВРСТАМА ТЕРЕТА 1890-1893
28. Василије Бурсаћ,
ПРОГРАМСКИ МОДЕЛ ЗА ГЕНЕРИСАЊЕ ИЗАЗОВА МАКСИМАЛНЕ ИНКЛУЗИВНОСТИ У ВИДЕО ИГРАМА ЖАНРА „ТРКАЧ“ 1894-1897

STRANA

29. Стефан Војводић, Борис Думнић,
УПРАВЉАЊЕ ЕНЕРГИЈОМ БАТЕРИЈЕ ЕЛЕКТРИЧНОГ ВОЗИЛА ПРЕКО ДЦ ПУЊАЧА 1898-1901
30. Nikola Mitrović,
PREGLED STANDARDA I DRUGE REGULATIVE O KVALITETU ELEKTRIČNE ENERGIJE 1902-1905
31. Sonja Sarajlić, Miguel Jimenez Carrizosa, Vladimir Katić,
NAPREDNE METODE KONTROLE AC/DC PRETVARAČA ZA POBOLJŠANJE RADA DC MIKRO MREŽA 1906-1909
32. Helena Anišić,
REACT NATIVE BAZIRAN KORISNIČKI INTERFEJS ZA EVALUACIJU SLIKE NA ANDROID MOBILNIM UREĐAJIMA 1910-1913
33. Boris Radovanović,
REALIZACIJA I TESTIRANJE PRENOSA PODATAKA PUTEM LTE-M I NB-IOT 4G SERVISA 1914-1917
34. Tomislav Pap,
SFP MODULI I NJIHOVA ULOGA U MERNO-INFORMACIONIM SISTEMIMA 1918-1921
35. Petar Trifunović,
PRIMENA TEHNIKA OBFUSKACIJE IZVORNOG KODA NAD PROGRAMSKIM JEZIKOM SOLIDITY 1922-1925
36. Nikola Đorđević, Vladimir Katić,
MOGUĆNOSTI PRIMENE ENERGETSKIH ELEKTRONSKIH TRANSFORMATORA 1926-1929
37. Marijana Palalić, Vladimir A. Katić, Aleksandar M. Stanisavljević,
MODELOVANJE I ANALIZA PROPADA NAPONA U MEDITERANSKOJ MREŽI 1930-1933
38. Dragana Stojišić, Vladimir A. Katić, Aleksandar M. Stanisavljević,
MODELOVANJE I ANALIZA KVALITETA NAPONA U REALNOJ I TEST MREŽI 1934-1937
39. Милан Беатовић, Драган Милићевић,
ОДРЕЂИВАЊЕ ВРИЈЕДНОСТИ ПОДУЖНЕ И ПОПРЕЧНЕ ИНДУКТИВНОСТИ СИНХРОНЕ РЕЛУКТАНТНЕ МАШИНЕ 1938-1940
40. Ivan Inđić,
TERRAFORM ILI PULUMI - POREĐENJE INFRASTRUKTURNIH ALATA 1941-1944
41. Nikola Marić, Milan Vidaković,
VIDEO CHAT APLIKACIJA ZASNOVANA NA WEBRTC PROTOKOLU I STUN/TURN SERVERIMA 1945-1948
42. Milica Jarić,
PRIMENA KONCEPTA INTERNOG MODELA ZA REGULACIJU STRUJE U OKVIRU POGONA SA ASINHRONIM MOTOROM 1949-1952
43. Filip Mladenović,
PROCES RAZVOJA RAČUNARSKE IGRE „ZEMLJA DUHOVA“ 1953-1956
44. Kristian Farkaš,
POREĐENJE BESPLATNIH ALATA ZA VIZUELIZACIJU JAVNIH BLOKČEJN MREŽA 1957-1960
45. Veljko Mošorinski,
IMPLEMENTACIJA PROŠIRENJA INTELLIJ RAZVOJNOG OKRUŽENJA ZA PODRŠKU RADA SA ELASTICSEARCH PLATFORMOM 1961-1964
46. Мирко Бештић, Стеван Грабић,
РАЗВОЈ АЛГОРИТМА ПУЊЕЊА/ПРАЖЊЕЊА БАТЕРИЈЕ ПРЕТВАРАЧЕМ ПОВЕЗАНИМ НА МРЕЖУ 1965-1968
47. Ivan Knežević, Dejan Nemec,
IT INFRASTRUKTURA VELIKIH PREDUZEĆA U PRAKSI – OPTIMIZACIJA KAŠNJENJA PRISTUPA PODACIMA 1969-1972

STRANA

Radovi iz oblasti: Građevinarstvo

1. Milica Šljivar, Slobodan Kolaković,
   HIDRAULIČKO HIDROLOŠKA ANALIZA UTICAJA MOSTOVA NA VELIKE VODE NA PRIMERU NOVOG MOSTA NA RECI TISI 1973-1976
2. Dragana Stanojević,
   PLANIRANJE I PRAĆENJE IZGRADNJE SAOBRAĆAJNICE KRALJEVO-MATARUŠKA BANJA PRIMENOM BIM SOFTVERA 1977-1980
3. Милица Терзић,
   УРГЕНТНО ОДРЖАВАЊЕ ПУТЕВА – ПРИМЕР УРГЕНТНОГ ОДРЖАВАЊА ПУТЕВА НА ДЕОНИЦИ ПУТА ІБ 27, КРСТ – ЗАВЛАКА 1981-1984
4. Биљана Митровић,
   ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ ОДВОЂЕЊА АТМОСФЕРСКИХ ВОДА СА САОБРАЋАЈНИЦА НА ПРИМЕРУ ДЕОНИЦЕ ПУТА РАШКА-НОВИ ПАЗАР 1985-1988
5. Vladan Pantić, Slobodan Šupić,
   PROCENA STANJA I SANACIJA AB KONSTRUKCIJE SPORTSKOG CENTRA ''SAJMIŠTE'' U NOVOM SADU 1989-1992
6. Марко Зубац, Слободан Шупић,
   ПРОЦЕНА СТАЊА И САНАЦИЈА КОНСТРУКЦИЈЕ ТРИБИНА СТАДИОНА РФК НОВИ САД 1993-1996
7. Никола Дрчелић,
   АНАЛИЗА СОФТВЕРСКОГ ПАКЕТА CIVIL 3D ЗА ИЗРАДУ ПРОЈЕКАТА САОБРАЋАЈНИЦА 1997-2000
8. Панта Крстић,
   ДЕНИВЕЛИСАНЕ РАСКРСНИЦЕ – АНАЛИЗА ВАРИЈАНТНИХ РЕШЕЊА СА ПРИМЕРОМ ИДЕЈНОГ РЕШЕЊА ПЕТЉЕ „ОВЧА” 2001-2004
9. Zoran Plakalović,
   PROCENA STANjA I ENERGETSKA SANACIJA ZGRADE DEPADANSA SPECIJALNE BOLNICE ZA REHABILITACIJU "TERMAL" U VRDNIKU 2005-2008
10. Недељка Јовишић,
    ОДРЕЂИВАЊЕ ВРЕМЕНА ЗИДАЊА ПРЕГРАДНИХ ЗИДОВА МЕРЕЊЕМ НА ГРАДИЛИШТУ 2009-2012
11. Luka Lazović,
    NAUČENE LEKCIJE PROJEKTA PROŠIRENJA NAPLATNE STANICE PRELJINA NA DRŽAVNOM PUTU IA1 E763 2013-2016
12. Оливера Марковић,
    МЕТОДОЛОГИЈА ПРОЈЕКТОВАЊА ОДВОДЊАВАЊА САОБРАЋАЈНИХ ПОВРШИНА НА ПРИМЕРУ ПЕТЉЕ ВЕЛИКА ДРЕНОВА АУТОПУТ Е-761 2017-2020

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 621.43
DOI: https://doi.org/10.24867/20AM01Nikolic

SOLARNE SUŠARE ZA SUŠENJE ŠLJIVA

SOLAR DRYERS FOR DRYING PLUMS

Jovan Nikolić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – *Kroz ovaj rad predstavljeno je rešenje solarne hibridne sušare za sušenje voća malog kapaciteta da idejom da se uspostavi kontrola procesa sušenja na osnovu praćenja temperature i vlažnosti vazduha u toku procesa sušenja. U uvodnom delu dat je kratak osvrt na potencijal solarne energije u Vojvodini. Takođe je dato i kratko istraživanje tržišta voća i potencijal koji šljiva ima na našem području. Prikazane su mogućnosti primene i skladištenja solarne erergije, kao i predlog rešenja jedne solarne sušare za sušenje šljive.*

Ključne reči: *Solarna sušara, sušenje šljiva, temperatura, vlažnost vazduha*

Abstract – *Through this work, the solution of a solar hybrid dryer for drying small-capacity fruits is presented, with the idea of establishing the control of the drying process based on monitoring the temperature and humidity of the air during the drying process. In the introductory part, a brief overview of the potential of solar energy in Vojvodina is given. A short survey of the fruit market and the potential that plum has in our area is also given. The possibilities of application and storage of solar energy are presented, as well as the proposed solution of a solar dryer for drying plums.*

Keywords: *Solar dryer, drying of plums, temperature air humidity.*

1. UVOD

Sušenje je jednostavan i pre svega jeftin način da se sačuvaju proizvodi koji bi mogli da se pokvare. Sušenjem se odstranjuje vlaga iz proizvoda, i na taj način sprečava fermentacija ili razvoj buđi. Ako govorimo o sušenju voća možemo navesti dve osnovne podele: sušenje na otvorenom (prirodno sušenje) i sušenje u različitim uređajima (veštačko sušenje) [1].

Osušena hrana ima svojih prednosti, a jedna od njih je da zadržava više hranljivih materija od konzervirane hrane i ne zahteva dodatnu energiju zamrzivača prilikom čuvanja hrane u hladnjačama. Osušena hrana ima manju masu i zauzima manji prostor za skladištenje. Manji prostor znači i uštedu u prostoru za skladištenje proizvoda.

Jedna od glavnih prednosti osušene hrane u odnosu na onu koja se skladišti i čuva u hladnjačama jeste svakako ta što osušena hrana ne zahteva dodatni trošak električne energije i što bi pri nestanku struje ili nastanku mehaničkih kvarova mogla da nastane velika šteta i propadanje zamrznute hrane. Osušena hrana je sasvim bezbedna. Sušenje hrane može dodatno poboljšati ukus mnogih namirnica.

Unutrašnji električni sušači (grejna tela) su postali prava atrakcija u poslednjih nekoliko godina. Ovaj tip mašine za sušenje uglavnom radi dobro, ali ima određene nedostatke kao što su da im je potrebno napajanje električnom energijom 24 h dnevno u opsegu od 100 do 600W.

2. SOLARNA SUŠARA

Solarne sušare mogu da imaju niz prednosti, a svakako jedna od najvažnijih je ta što sve naše proizvode možemo da osušimo potpuno besplatno. Solarne sušare su veoma jednostavne za rukovanje, jednostavne su konstrukcije i postoji mogućnost da ih napravimo od različitih materijala. Korišćenje sunčeve energije je najstariji oblik čuvanja hrane koji datira hiljadama godina unazad. Indijanci kao jedan od najstarijih naroda koristili su energiju Sunca da osuše meso, ribu, bobice, korenje i mnoge druge namirnice. Oni su to radili na krajnje jednostavan način, šireći po polju sve namirnice i čekajući da Sunčeva energija prirodnim putem osuši namirnice. To je naravno imalo jako mnogo nedostataka jer su proizvodi bili podložniji truljenju, a neretko su bili i meta mnogobrojnih glodara i insekata.

Danas napretkom i razvojem modernih materijala ovaj veliki nedostatak u sušenju je otklonjen. Sušare se prave od materijala koji štite naš proizvod od spoljnih uticaja vlage i nastanka buđi, kao i od glodara koji mogu naneti ozbiljnu štetu i ugroziti zdravlje čoveka. Razvoj sušara omogućio je da se hrana suši na jedan bezbedan i kvalitetan način, za mnogo kraće vreme nego što je to ranije bio slučaj.

Razvoj solarnih sušara počeo je 1970-ih godina, ali zbog jeftine cene energije, njihovom razvoju nije bila posvećena naročita pažnja. Danas, usled sve većih cena energenata počinjemo da razmišljamo na koje sve načine možemo doći do besplatne ili jeftinije energije, kako bi uštedeli novac i ostali konkurentnni na tržištu [2].

2.1. Potencijal solarne energije

Procenjuje se da je potencijal sunčeve energije na Zemlji oko 14.000 puta veći od energije koju troši čovečanstvo danas. Snaga sunčevog zračenja koje dospeva na Zemljinu loptu iznosi približno oko 175.000TW. Da je reč o ogromnom potencijalu, pokazuje i sama činjenica da celokupna svetska potrošnja ima snagu od približno

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Damir Đaković, red. prof.

13TW. Sunčeva energija koja stiže na površinu Zemlje u toku 6h, dovoljna je da zadovolji sve svetske potrebe na godišnjem nivou.

Što se tiče Vojvodine i njenih geografskih uslova, energija koja dospeva na horizontalnu ravan od 1m^2 dostiže vrednost od minimalno 1350 do maksimalno 1500 (kWh/godišnje), što odgovara toplotnoj energiji sagorevanja približno 160-180m^3 zemnog gasa.

Na teritoriji Vojvodine godišnji prosek dnevne energije globalnog sunčevog zračenja na površinu nagnutu prema jugu pod uglom od 30° iznosi 4,0-4,6 (Wh/m^2).

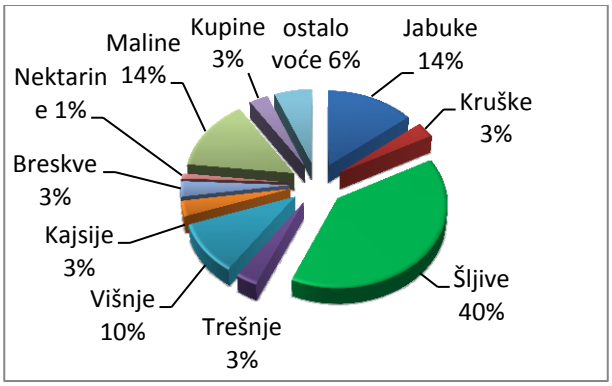
	0°	30°	45°
Subotica	1294	1478	1461
Kikinda	1299	1470	1449
Vršac	1313	1487	1466
Kanjiža	1294	1478	1461
Bela Crkva	1313	1487	1466
Pančevo	1338	1509	1485
Novi Sad	1281	1455	1437
Zrenjanin	1294	1469	1450
Bačka Palanka	1287	1464	1446
Sremska Mitrovica	1287	1464	1446
Sombor	1281	1466	1451

Tabela 1. *Godišnje sume energije globalnog sunčevog zračenja na horizontalnu i površinu pod nagibom od 30 i 450 u kWh/m2 - za neka mesta u Vojvodini (Izvor: Valentin Energie Software -TSol Pro 4.5) [3]*

2.2. Istraživanje tržišta voća

U dokumentu Republičkog zavoda za statistiku Republike Srbije, „Rezultati istraživanja o voćnjacima 2017.“ može se videti da je šljiva najzastupljenija voćna vrsta u Republici Srbiji. Ona zauzima čak 40% udela od ukunih površina koje se nalaze pod voćnjacima. Pod šljivom se nalazi 72116ha. Na drugom mestu se nalaze maline koje zauzimaju 14%i pokrivaju površinu od 26360ha, dok se na trećem mestu nalaze jabuke sa 14% koje pokrivaju površinu od 25281ha. Region Šumadije i Zapadne Srbije čini čak 89% površine koja je pokrivena voćnim kulturama.

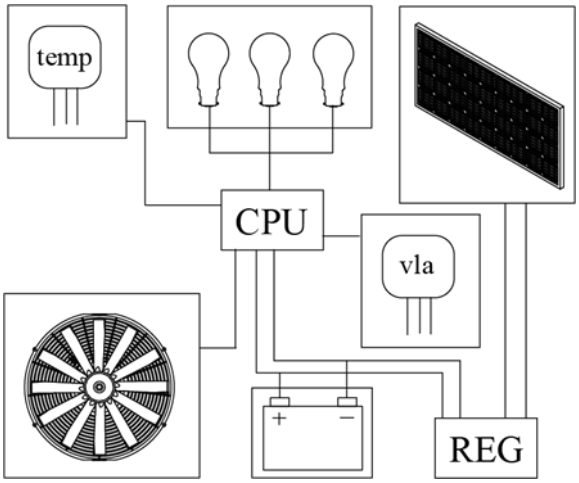
Srbija je tradicionalno poznata zemlja po uzgajanju i proizvodnji šljiva. Dugo godina, gotovo puna dva veka bila je u samom vrhu kada je reč o proizvodnji i izvozu ovog voća. Šljiva je prepoznata kao nacionalni brend Srbije, a šljivovica kao nacionalno piće.



Grafikon 1: *Zastupljenost voćnih vrsta u ukupnim površinama pod voćnjacima [1]*

2.3. Cilj rada

Primarni cilj ovog dela rada jeste rešenje jednog sistema za automatsku kontrolu temperature i protoka vazduha. Sistem se sastoji od grejnih tela (u našem slučaju sijalica), ventilatora, senzora za očitavanje trenutne temperature u sušari, napajanja, ispravljača napona, solarnih ploča i kontrolne jedinice (eng CPU).

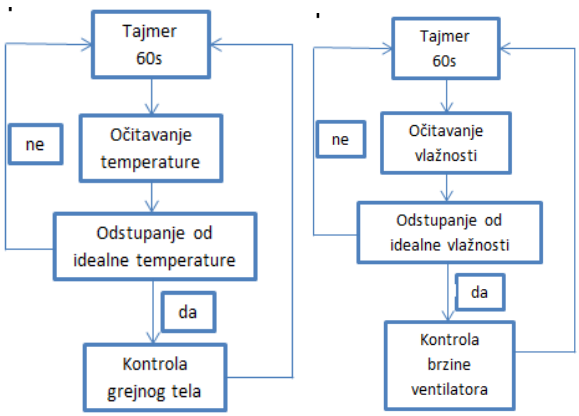


Slika 1. *Šema veza između kontrolne jedinice i ostalih komponenata [3]*

Samo programiranje kontrolne jedinice nije cilj rada. Ulazni parametri u kontrolnoj jedinici su temperatura u sušari koju pokazuje senzor za merenje temperature i vlažnost vazduha koju pokazuje senzor za vlažnost. U zavisnosti od očitane vrednosti temperature, kontrolna jedinica omogućava (prekida) rad određenom broju grejnih tela kako bi povećala (smanjila) nivo zagrejanosti sušare).

Takođe u zavisnosti od vlažnosti vazduha u sušari, kontrolna jedinica kontroliše rad ventilatora i samim tim strujanje vazduha.

Blok šema rada kontrolne jedinice data je na slici 2. Treba obratiti pažnju da su program za kontrolu temperature i program za kontrolu vlažnosti zasebni, i ne utiču jedan na drugi sve dok ne dođe do nedostatka električne energije u akumulatoriima. U tom slučaju kontrolna jedinica odlučuje kako da optimalno raspodeli ostatak energije. Tajmer koji je u ovom slučaju podešen na 60s je proizvoljan izbor, koji je usvojen kao sugestija.



Slika 2. *Blok šema*

Idealna temperatura za sušenje šljive je 75°C u trajanju od 24h. Međutim, česta praksa je da temperatura sušare treba da bude 100°C pre nego što se plodovi poslave unutar sušare.

Nakon ređanja plodova na lese, ubacujemo kolica sa lesama u sušaru usled čega temperatura naglo opada na

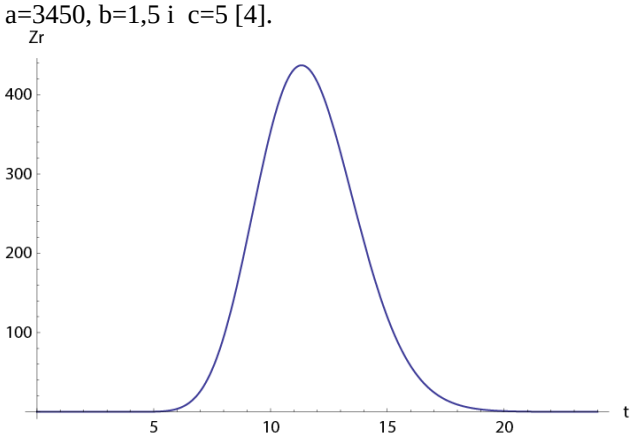
50°C. Cilj sistema koji se ovde opisuje je da održi tenperaturu na oko 75°C u trajanju od 24h.
Energija koja se dovodi (odvodi) unutar sušare nije samo ona od strane grejnih tela, već i od strane solarnog kolektora i od razlike spoljne i unutrašnje temperature, Uticaj solarnog kolektora zavisi od solarnog zračenja tokom intervala od 24h.
Funkcija zračenja Zr tokom intervala od jednog dana može se aproksimirati Poasonovom raspodelom:

$$Q_{zr} = \frac{\lambda^t}{t!} e^{-\lambda} \quad (1)$$

Kako bi ova funkcija dobro aproksimirala funkciju zračenja moraju se izabrati konstante. Funkcija zračenja uz dodate konstante ima oblik:

$$Z_r(t) = a \frac{\lambda^{b(t-c)}}{(b(t-c))!} e^{-\lambda} \quad (2)$$

Konstanta λ ima vrednost 10 što je preporučeno literaturom. Ostale veličine se biraju tako da funkcija raspodele zadovoljava sledeće uslove: zračenje počinje u trenutku izlaska Sunca (05:00h) a završava se zalaskom Sunca (20:00h), maksimalno zračenje je 440 (kWh/m^2).
Poštujući navedene uslove konstante dobijaju vrednosti: a=3450, b=1,5 i c=5 [4].



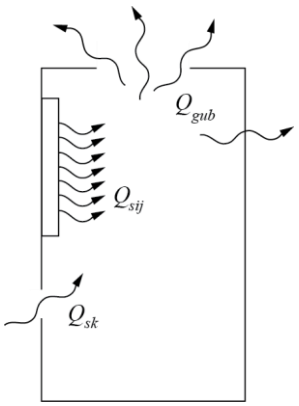
Dijagram1. *Zračenje opisano Poasonovom raspodelom*

Da bi se šljiva kvalitetno osušilla, potrebno je da se suši oko 24h na temperaturi od 74-75°C i da vlažnost šljive bude u opsegu između 18-21%.

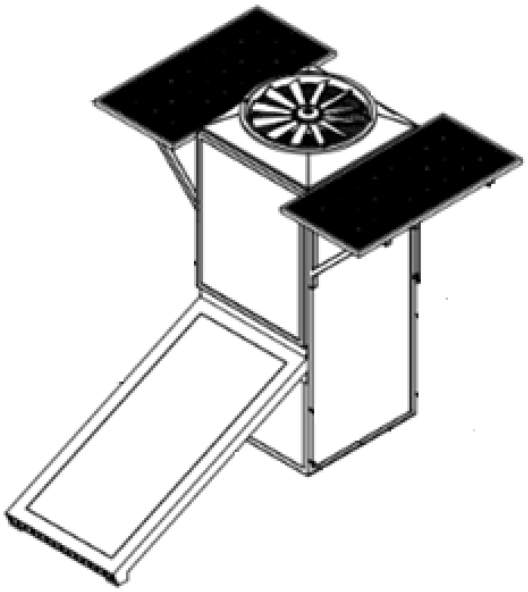
Ukupna količina toplote dobija se na sledeći način:

$$Q = Q_{sk} + Q_{sij} - Q_{gub} \quad (3)$$

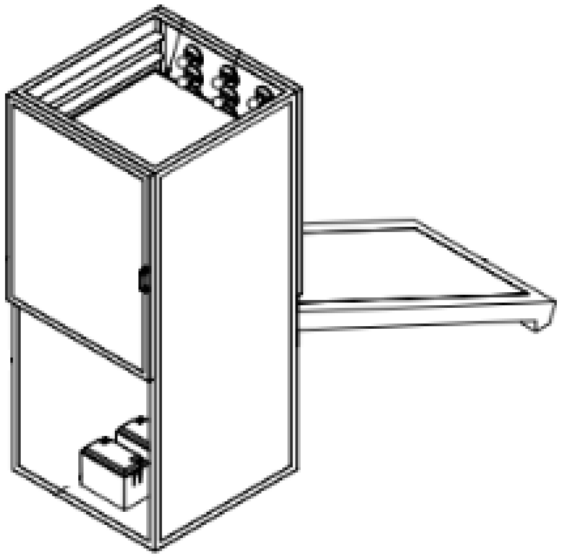
gde je: Q_{sk}- energija dovedena od solarnog kolektora, Q_{sij}- energija sijalice (grejača), Q_{gub}- energija gubitaka. Na slici 3. prikazana je ilustracija ukupne količine toplote u sušari.
Sušara se sastoji iz kućišta, solarnog kolektora, solarnih panela, ventilatora, akumulatora, napajanja, senzora za merenje temperature i vlažnosti, grejnih tela (sijalica), ispravljača napona i kontrolne jedinice (eng CPU).
Ideja rada bila je potpuna kontrola procesa sušanja šljive u indirektnoj sušari malog kapaciteta.
Na slici 4 i slici 5 predstavljen je predlog rešenja jedne indirektne sušare malog kapaciteta.



Slika 3. *Ukupna količina toplote u sušari*



Slika 4. *Predlog rešenja solarne sušare*



Slika 5. *Predlog rešenja solarne sušare*

3. ZAKLJUČAK

U ovom radu, početna ideja je bila da se kroz obnovljive izvore energije obezbedi energija za pogon solarne sušare za sušenje voća. Ideja je zasnovana na početnoj pretpostavci da bi pojedini farmeri sušili voće za

sopstvene potrebe, da su njihovi posedi poprilično udaljeni i da nemaju pristup električnoj energiji.

U radu je analiziran potencijal energije Sunca i urađena kratka analizu tržišta voća u Srbiji.

Odabrana je solarna energija zbog njenog velikog potencijala, kao i šljiva jer je ona daleko najzastupljenija ispred svih ostalih voćarskih kultura (zauzima čak 40% površina pod voćnjacima).

Da bi se postupak sušenja odvijao u što boljim uslovima, neophodno je obezbediti idealnu temperaturu i vlažnost vazduha. Da bi se ostvario ovaj cilj i da bi se proces sušenja odvijao u kontrolisanim uslovima mora se imati odgovarajuća automatika. Uvođenjem automatike (senzora za merenje temperature, vlažnosti vazduha...) cena izrade sušare će znatno porasti.

Sušara bi trebalo da tokom perioda insolacije prikupi dovoljnu količinu energije za sušenje šljive, a višak energije da sačuva i skladišti u akumulator za kasniju upotrebu kada ne bude dovoljne količine sunčevog zračenja. Moramo imati u vidu da se na ovaj način, transformacijom solarne energije u električnu energiju gubi jedan veliki deo energije. Predstavljen je predlog rešenja jedne hibridne sušare malog kapaciteta.

Programiranje kontrolne jedinice nije bio cilj ovog rada. Takođe, proračun elektronskih komponenti nije urađen u ovom radu, jer spada u drugu naučnu oblast.

4. LITERATURA

[1] R. M. Topić, Specijalne tehnike i tehnologije procesa sušenja, Mašinski fakultet univerziteta u Beogradu, Beograd, 2013.

[2] Eben V. Fodor - The Solar Food Dryer_ How to Make and Use Your Own Low-Cost, High Performance, Sun-Powered Food Dehydrator-New Society Publishers (2006)

[3] Pokrajinski Sekretarijat za energetiku i mineralne sirovine , Studija o proceni ukupnog solarnog potencijala - solarni atlas i mogućnosti "proizvodnje" i korišćenja solarne energije na teritoriji AP Vojvodine, Novi Sad, 2011. godina

[4] Haight, Frank A. (1967), Handbook of the Poisson Distribution, New York, NY, USA: John Wiley & Sons, ISBN 978-0-471-33932-8

Kratka biografija:



Jovan Nikolić rođen je u Novom Sadu 1990. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva – Energetika i procesna tehnika odbranio je 2022.god.
kontakt: nikolicj90@gmail.com

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 331.45
DOI: https://doi.org/10.24867/20AM02Popadic

MERE BEZBEDNOSTI I ZDRAVLJA NA RADU SA MOSNOM REGALNOM DIZALICOM

SAFETY AND HEALTH MEASURES AT WORK WITH THE OVERHEAD TRAVELLING STACKING CRANE

Mirko Popadić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – INŽENJERSTVO ZAŠTITE NA RADU

Kratak sadržaj – *Zadatak rada jeste procena rizika po bezbednost i zdravlje na radu prilikom rada sa mosnom regalnom dizalicom. Nakon procene rizika, propisane su odgovarajuće preventivne mere za bezbedan i zdrav rad pri radu sa dizalicom, zajedno sa kratkim uputstvom za bezbedan rad. Stručni nalaz mosne regalne dizalice obrađen je po uzoru na već gotove stručne nalaze, u skladu sa Pravilnikom o postupku pregleda i provere opreme za rad i ispitivanje uslova radne okoline („Sl. glasnik RS“, br. 94/2006, 108/2006 – ispr., 114/2014 i 102/2015).*

Ključne reči: *Mosna regalna dizalica, bezbednost i zdravlje na radu, procena rizika, pregled i provera opreme za rad.*

Abstract – *The purpose of the paper is the risk assessment of the health and safety at work with the overhead travelling stacking crane. After assessing the risk, appropriate preventive measures for healthy and safe work were prescribed, together with a brief health and safety manual. The expert finding of the overhead travelling stacking crane was processed according to the model of already finished expert findings, according to the Regulation of examination and testing of work equipment and investigation of work environment conditions („Official gazette of RS“, no. 94/2006, 108/2006 – corr., 114/2014 and 102/2015).*

Keywords: *Overhead travelling stacking crane, health and safety at work, risk assessment, examination and testing of work equipment.*

1. UVOD

Bezbednost i zdravlje na radu (u nastavku BZNR) je važna strategija ne samo kako bi se minimalizovala mogućnost pojave akcidenta na radnom mestu, već se sprovodi i u cilju poboljšanja produktivnosti u proizvodnji. Oprema koja je razmatrana u ovom radu je mosna dizalica specijalne izvedbe, sa krutim vešanjem tereta (sl. 1). Uređaji ovog tipa odlikuju se specifičnom konstrukcijom, kao i načinom zahvatanja i odlaganja tereta. Ova predmetna dizalica je zastupljena u regalnom skladištu sirovina za automobilsku industriju.

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Atila Zelić, docent.



Slika 1. *Mosna dizalica u regalnom skladištu*

Sistem poseduje 2 tipa ćelija, sa kojima u takvoj izvedbi opreme dolazi do direktnog snabdevanja opreme za sečenje. Dizalica se kreće po nosačima oslonjenim na regal, a kolica dizalice se pomeraju poprečno radi ulaska zahvatnog sredstva u regalni prostor. Podizač sa viljuškama se pomera pomoću elektromotornog pogonskog mehanizma, pri čemu se pomoću užadi/lanaca ostvaruje kretanje zahvatnog sredstva. Rukovalac ovom dizalicom prati zahteve zaposlenih za opremom za sečenje i na osnovu toga obavlja transport žice određenog poprečnog preseka do unapred definisanog polja. Analizom opisa posla, a ujedno i zahteva sa kojima se zaposleni susreće na ovom radnom mestu je sprovedena procena rizika i donet je zaključak da je ovo radno mesto bez povećanog rizika. Neke od aktivnosti na polju BZNR su obaveze poslodavca, odnosno stručnog/odgovornog lica za BZNR koje zastupa poslodavca, dok su neke obaveze zaposlenog.

2. PREGLED RELEVANTNE REGULATIVE

Kada se govori o eksploataciji, kao i merama BZNR sa mosnom regalnom dizalicom, pored EN 15011, moraju se uzeti u obzir i zahtevi sledećih standarda:

- EN 15512, [2] i
- EN 528, [8].

Prilikom izrade ovog rada mnogo je detaljnije obrađen standard EN 528.

Na osnovu prethodno navedenih standarda formirana je lista najznačajnijih opasnosti i štetnosti na osnovu kojih se sprovodi procena rizika. Grupe opasnosti i štetnosti su definisane za izvedbu predmetne regalne dizalice, kao i na osnovu radnih operacija na radnom mestu rukovaoca dizalicom.

3. OPASNOSTI I ŠTETNOSTI KOJE SE JAVLJAJU PRI RADU SA PREDMETNOM DIZALICOM U REGALNOM SKLADIŠTU

Prema standardu EN 528 data je lista najznačajnijih opasnosti (tab. 1), kao i situacija i događaja koji mogu dovesti do rizika po zdravlje i bezbednost zaposlenog pri radu sa predmetnom dizalicom u skladištu.

Tabela 1. *Lista opasnosti i štetnosti*

Opasnosti i štetnosti
Mehaničke opasnosti: Drobljenje od strane regala zbog kontakta sa mašinom. Takođe, postoji opasnost od pada tereta. Uvlačenje ili zaglavljivanje osobe između pokretne mašine i regala. Sečenje zbog razbijenog stakla.
Električne opasnosti: Direktan kontakt osoba sa provodnicima pod naponom. Spoljni uticaji. Toplotno zračenje.
Toplotne opasnosti, zbog kojih nastaju opekotine i oštećenje zdravlja: Požar na radnom mestu rukovaoca.
Opasnosti prouzrokovane bukom i vibracijama: Ometanje komunikacije, prouzrokavano povišenim nivoom buke.
Opasnosti prouzrokovane materijalima i supstancama koje nastaju ili se koriste od strane mašine: Opasnost od uvlačenja od strane materijala koji se koristi.
Funkcionalni poremećaji: Neispravnost upravljačkog sistema.
Kombinacija opasnosti: nepostojanje uputstva za rad.

U skladu sa navedenim opasnostima i štetnostima može se sprovesti procena rizika po BZNR, što je i objašnjeno narednoj tački.

4. PROCENA RIZIKA PO BZNR SA MOSNOM REGALNOM DIZALICOM

Pravilnikom o načinu i postupku procene rizika na radnom mestu i u radnoj okolini [5], utvrđuje se način i postupak procene rizika od nastanka povreda na radu ili oštećenja zdravlja.

Procena rizika sprovodi se za svaku prepoznatu opasnost ili štetnost, upoređivanjem sa dozvoljenim vrednostima u odgovarajućim propisima BZNR, tehničkim propisima, standardima i preporukama. Ukoliko nakon primenjenih mera u oblasti BZNR, radno mesto i dalje predstavlja rizik, tada se Aktom o proceni rizika to mesto proglašava radnim mestom sa povećanim rizikom, za koje procenjivači rizika moraju dati obrazloženje, zbog kojih se opasnosti i štetnosti to radno mesto vodi kao mesto sa povećanim rizikom, [6]. Procenom rizika za navedeno radno mesto je zaključeno da je to radno mesto bez povećanog rizika.

4.1. Akt o proceni rizika

Dva najvažnija dokumenta na osnovu kojih se izađuje Akt o proceni rizika su Zakon o bezbednosti i zdravlju na radu [6] i Pravilnik o načinu i postupku procene rizika na radnom mestu i u radnoj okolini [8].

Akt o proceni rizika sastoji se iz opisanih procesa rada odgovarajućeg radnog mesta za svako radno mesto, sa procenom rizika od povreda ili oboljenja na datom radnom mestu i merama za njihovo otklanjanje ili smanjenje rizika u cilju unapređivanja BZNR.

Akt podleže potpunoj izmeni i dopuni nakon svake kolektivne povrede na radu sa smrtnim posledicama, a delimičnim izmenama i dopunama podleže u slučaju:

- smrtne i teške povrede na radu;
- svake nove opasnosti ili štetnosti (tj. promene nivoa rizika);
- kada mere koje su utvrđene za sprečavanje, otklanjanje ili smanjenje rizika nisu odgovarajuće;
- kada je procena zasnovana na zastarelim podacima;
- kada postoji mogućnost i način za unapređenje (tj. dopunu procenjivanja rizika).

4.2. Pravni osnov za procenu rizika

- Zakon o radu („Sl. glasnik RS“, br. 24/05, 61/05 i 54/09,32/13 i 75/14);
- Zakon o zdravstvenom osiguranju („Sl. glasnik RS“, br. 107/05, 109/05 i 10/16);
- Zakon o penzijskom i invalidskom osiguranju („Sl. glasnik RS“, br. 142/14, 109/05 i 10/16);
- Zakon o smanjeju rizika od katastrofa i upravljanje vanrednim situacijima („Sl. glasnik RS“, br. 111/2009);
- Zakon o zaštiti od požara („Sl. glasnik RS“, br. 111/09, 20/2015);
- Pravilnik o ličnoj zaštitnoj opremi („Sl. glasnik RS“, br. 100/2011);
- Pravilnik o bezbednosti mašina („Sl. glasnik RS“, br. 13/2010);
- Pravilnik o merama i normativima za zaštitu na radu od buke u radnim prostorijama („Sl. glasnik RS“, br. 21/2009);

Ako poslodavac ipak angažuje drugo pravno lice za obavljanje poslova procene rizika, angažovano pravno lice uz plan sprovođenja postupka procene rizika prilaže fotokopiju licence za obavljanje poslova BZNR.

4.2.1. Kinney metoda procene rizika

Prema *Kinney metodi* procene rizika, rizik R se određuje na osnovu obrasca, [6]:

$$R = V \, x \, P \, x \, U \qquad (1)$$

gde je sa V označena verovatnoća nastanka događaja, sa P posledica, tj. težina moguće povrede ili oboljenja, dok oznaka U predstavlja učestalost izlaganja događajima (tj. opasnostima i/ili štetnostima).

Iako postoje mnogobrojne metode procene rizika, za procenu rizika u ovom radu upotrebljena je upravo *Kinney* metoda, zbog česte zastupljenosti u ovoj oblasti i značajne efikasnosti u primeni.

4.3 Procena rizika na radnom mestu rukovaoca mosnom dizalicom u regalnom skladištu

Procena rizika je izvršena na osnovu svih utvrđenih opasnosti i štetnosti.
Prilikom rada sa mosnom regalnom dizalicom, najčešće se javljaju opasnosti grupisane kao mehaničke opasnosti, potom opasnosti koje se pojavljuju u vezi sa karakteristikama radnog mesta, dok se kod štetnosti najčešće javljaju štetnosti koje nastaju ili se pojavljuju u procesu rada, potom štetnosti koje proističu iz psihičkih i psihofizioloških napora i štetnosti vezane za organizaciju rada.
Mehaničke opasnosti koje su ocenjene u proceni rizika:

- Javljaju se opasnosti prilikom prenosa materijala i elemenata na odlaganje, koje mogu prouzrokovati pad materijala na zaposlene, priklještenje prsta, ruke na pokretnim delovima dizalice.
- Takođe, može doći do posekotina na delovima tela od žice koja se koristi u ovom procesu.
- Ovaj regal opslužuju dve dizalice koje se ipak ne tako često upotrebljavaju u isto vreme. S obzirom na njihovu ne tako čestu upotrebu, postoji srednji rizik od povrede.

Opasnosti koje se pojavljuju u vezi sa karakteristikama radnog mesta:

- Nebezbedno izvođenje radova usled neadekvatne pozicije zaposlenog, odnosno ograničenog vizuelnog pregleda usled rada u ograničenom prostoru je ocenjen kao zanemarljivo mali rizik.
- Klizanje, saplitanje i pad usled neadekvatnog održavanja radnog koridora je ocenjen kao srednji rizik.
- Gubitak funkcionalnosti dizalice usled neadekvatno izrađenog projekta, nepravovremenog održavanja je definisan kao srednji rizik. Dizalica i regali koje opslužuje prolaze odgovarajuću kontrolu prilikom projektovanja i postavljanja opreme, pa je moguće neke rizike smanjiti, eliminisati.

Opasnosti koje se pojavljuju od električne energije:

- Direktan dodir sa delovima električne instalacije i opreme pod naponom u slučaju oštećenih instalacija, nepropisno izvedenih instalacija, neprikladne opreme i tome slično je registrovan kao mali rizik.
- Toplotno dejstvo koje razvijaju električna oprema i instalacije (pregrevanje, varničenje, požar) je registrovan kao mali rizik.

Štetnosti koje proističu iz psihičkih i psihofizioloških napora:

- Nefiziološki položaja tela usled dugotrajnog stajanja pri upravljanju dizalicom je procenjen kao srednji rizik. Potrebno je uzeti u obzir da zaposleni provodi 8 h dnevno za opremom za rad i usled neadekvatnih ergonomskih izvedbi može doći do posledica po zaposlenog u jako kratkom vremenskom periodu.

Procenom rizika *metodom Kinney*, izveden je zaključak da radno mesto rukovaoca mosnom regalnom dizalicom nije radno mesto sa povećanim rizikom. Međutim, na BZNR prilikom upravljanja dizalicom utiču brojni faktori. S obzirom na to, u sledećem poglavlju su detaljnije opisane mere za bezbedan i zdrav rad sa kojima se rizik smanjuje na najmanju moguću meru. Često se radovi odvijaju uz visoke zahteve proizvodnje i ciljevima koji se moraju postići i u tim slučajevima postoji opasnost od preskakanja nekih mera BZNR. U merama za bezbedan i zdrav rad su navedeni i koraci koji se svakodnevno sprovede u kratkim vremenskim intervalima, a imaju bitnu ulogu u otkrivanju bilo kakvih problema.

5. UTVRĐIVANJE NAČINA I MERA ZA SMANJENJE, OTKLANJANJE ILI SPREČAVANJE RIZIKA

Načela prevencije daju osnovne principe na kojima se zasniva BZNR. Prilikom definisanja mera prioritet imaju one mere sa kojima se izbegava rizik. Mere za smanjenje, otklanjanje ili sprečavanje se utvrđuju polazeći od procenjenih rizika, kao i u skladu sa merama u propisima za BZNR, tehničkim propisima ili standardima.
Mere koje se utvđuju za smanjenje, otklanjanje ili sprečavanje su:

- osposobljavanjem zaposlenih za bezbedan i zdrav rad;
- upućivanje zaposlenih na prethodne i periodične lekarske preglede u skladu sa ocenom službe medicine rada;
- obezbeđivanje sredstava i opreme za ličnu zaštitu na radu, njihovo održavanje i ispitivanje i izrada uputstava za bezbedan i zdrav rad;
- održavanje u ispravnom stanju opreme za rad za rad i obavljanje prethodnih i periodičnih ispitivanja u rokovima utvrđenim Zakonom i
- obezbeđenje propisanih uslova za bezbedan i zdrav rad u radnoj okolini i ispitivanja uslova radne okoline u rokovima utvđenim Zakonom.

Mere smanjenje rizika se mogu sprovesti u praksi, samo ako je mosna regalna dizalica:

- projektovana, konstruisana i montirana u skladu sa propisima o bezbednosti i zdravlja na radu i drugim standardima;
- ako postoji propisana dokumentacija na srpskom jeziku za njenu upotrebu, održavanje, transport i skladištenje;
- ako njom rukuju zaposleni koji su stručno osposobljeni za bezbedan i zdrav rad i
- ako se mosna regalna dizalica održava u ispravnom stanju.

Prilikom zapošljavanja novozaposlenog, lice za BZNR, prema Zakonu o bezbednosti i zdravlju na radu („Sl. glasnik RS“, br. 101/2005, 91/2015 i 113/2017 – dr. zakon) [4], u obavezi je da izvrši osnovnu teorijsku i praktičnu obuku za bezbedan i zdrav rad.
Zaposleni je dužan da pre početka rada pregleda svoje radno mesto uključujući i sredstva za rad koja koristi, kao i sredstva i opremu za ličnu zaštitu na radu, i da u slučaju uočenih nedostataka izvesti poslodavca ili drugo ovlašćeno lice. Zaposlenom je zabranjeno da samovoljno uklanja, menja uređaje predviđene za bezbednost na dizalici. Zaposleni pre početka svog rada je dužan da se na radnom mestu nađe 10 minuta pre, kako bi obavio dnevni pregled dizalice i popunio ček listu provere

dizalice. Obuku zaposlenog za sprovođenje ovih aktivnosti je dužan da sprovede lice za BZNR, kao i da definiše sadržaj ček liste na dnevnom nivou.
Zaposleni je dužan da obavi kontrolu identifikacionih oznaka, kao i upozoravajućih oznaka. Lanac za podizanje viljuški kojima se podiže teret je jedan od vitalnih elemenata dizalice i kao takav mora da prolazi dnevnu kontrolu namotanosti lanca na bubanj, da li ima oštećenja, korozije, habanja i ostalih deformacija čije pravovremeno otkrivanje ima veliki uticaj na povećanje nivoa bezbednosti. Na mostu i kolicima dizalice je potrebno proveriti da li ima prslina, tragova habanja i sl. Krajnji granični isključivači koji postoje na dizalici imaju ulogu prekida kretanja kada dizalica ili njen deo dođe do neke granične pozicije. Kontrola prekidača se takođe sprovodi na dnevnom nivou.

U toku rada dizaličar ne sme da:

- započne rad bez da je pregledao sve obaveze u skladu sa ček listom;
- transportuje teret iznad zaposlenih;
- transportuje osobe sa zahvatnim sredstvom;
- dizalicom gura drugu dizalicu;
- ostavi teret na zahvatnom sredstvu za vreme prekida rada i sl.

Izrada uputstva za bezbedan i zdrav rad jeste obaveza lica za BZNR, a njegova primena je obaveza za svakog zaposlenog na radno mestu i opremu za koju je ona odrađena. Cilj uputstva je pružanje osnovnih informacija zaposlenima vezanih za bezbednost i zdravlje na radnom mestu, koji su to radni koraci po dolasku na radno mesto, napomene koje su radnje strogo zabranjene i koje radnje su neophodne da bi se rad sproveo bezbedno i efikasno. Pored nalepnica o obaveznoj upotrebi lične zaštitne opreme na samom ulazu u regal, i deo uputstva naglašava razlog i važnost upotrebe ličnih zaštitnih sredstava, odnosno ističe koje su to opasnosti i štetnosti na radnom mestu rukovaoca dizalicom. Ovi elementi BZNR moraju se naglasiti i u okviru obuke za bezbedan i zdrav rad.
Pregled i proveru dizalice izvodi pravno lice sa licencom za obavljanje poslova pregleda i provere opreme za rad, koje poseduje odgovarajuće instrumente i uređaje za realizaciju pregleda i provere, navedene sa tehničkim karakteristikama u prihvaćenoj metodologiji od strane Uprave za BZNR. Prilikom izdavanja stručnog nalaza, pravno lice koje je obavilo pregled i proveru, prilaže kopiju licence tog pravnog lica i odgovornog lica koje je potpisalo stručni nalaz. Izveštaj o pregledu i proveri treba da bude dostavljen korisniku opreme za rad i čuvan na sigurnom mestu, odnosno na mestu eksploatacije dizalice.

Preventivni pregledi i provere opreme za rad, izvode se:

- pre početka korišćenja, odnosno pre davanja na upotrebu zaposlenima;
- posle rekonstrukcije ili havarije;
- pre početka rada na novom mestu, odnosno u slučaju prebacivanja dizalice sa jednog teretnog vozila na drugo.

Periodični pregledi i provere opreme za rad obavljaju se najkasnije u roku od 3 godine od dana prethodnog pregleda i provere [7].

6. ZAKLJUČAK

Usled česte upotrebe predmetne mosne regalne dizalice neophodno je sprovesti određene procene, preglede i provere, predviđene zakonskom regulativom.

Sagledavanjem rizika, mogu se propisati realne mere BZNR koje će taj rizik smanjiti na najmanju moguću meru. Smanjivanjem rizika, smanjuje se i broj povreda na radu, odnosno broj radnih dana koji će time biti uskraćeni, a postiže se psihičko blagostanje zaposlenog u vidu sigurnog i bezbednog izvođenja radnog zadatka i očuvanja fizičkog zdravlja.

7. LITERATURA

[1] Pravilik o tehničkim normativima za zaštitu skladišta od požara i eksplozija ("Sl. list SFRJ", br. 24/87).

[2] EN 15512 Adjustable Pallet Racking Systems – Principles for Structual Design, 2009.

[3] R. Šostakov, A. Zelić, D. Živanić: Bezbednost i zaštita na radu sa mašinama unutrašnjeg transporta, FTN Izdavaštvo, Novi Sad, 2018.

[4] Zakon o bezbednosti i zdravlju na radu („Sl. glasnik RS“, br. 101/2005, 91/2015 i 113/2017 – dr. zakon).

[5] Pravilnik o načinu i postupku procene rizika na radnom mestu i u radnoj okolini („Sl. glasnik RS“, br. 72/2006, 84/2006 – ispr., 30/2010 i 102/2015).

[6] M. Grozdanović, E. Stojiljković: Metode procene rizika, Fakultet zaštite na radu u Nišu, Niš, 2013.

[7] Pravilnik o postupku pregleda i provere opreme za rad i ispitivanja uslova radne okoline („Sl. glasnik RS“, br. 94/2006, 108/2006 – ispr., 114/2014 i 102/2015);

[6] Standard EN 528:2008.

KRATKA BIOGRAFIJA



Mirko Popadić rođen je u Mrkonjić Gradu, 1995. godine. Na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Inženjerstva zaštite na radu diplomirao je 2019. godine, a master rad odbranio 2022. godine na temu *Mere bezbednosti i zdravlja na radu sa mosnom regalnom dizalicom.*
kontakt: mirkopopadic95@gmail.com

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 004.42:621.9
DOI: https://doi.org/10.24867/20AM03Marinkovic

MOGUĆNOST PRIMENE VEŠTAČKIH NEURONSKIH MREŽA SA MALIM SETOM PODATAKA PRI MODELOVANJU RAVNOMERNOSTI KRETANJA KLIZAČA MAŠINA ALATKI

THE POSSIBILITY OF APPLYING AND USING SMALL DATASET IN MODELING THE UNIFORMITY MOVEMENT OF THE MACHINE TOOLS SLIDERS

Dejan Marinković, Aleksandar Živković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – *U ovom radu prikazana je analiza eksperimentalnih rezultata primenom veštačkih neuronskih mreža. Na osvnovu dobijenog plana eksperimenta po Tagučiji planu izvršena su eksperimentalna ispitivanja na opitnom uređaju. Nakon toga izvedena je obrada rezultata pomoću sistema veštačkih neuronskih mreža sa variranim brojem ulaza i jednim izlazom.*

Ključne reči: *Veštačka inteligencija, Veštačke neuronske mreže, NU mašine alatke*

Abstract – *This paper presents the analysis of experimental results using artificial intelligence. Based on the obtained experimental plan according to Taguchi, the experiment was performed on a test device. After that, the results were processed using a system of artificial neural networks with a varied number of inputs and one output.*

Keywords: *Artificial intelligence, Artificial neural networks, NU machine tools*

1. UVOD

Oblast veštačke inteligencije prvi put se javlja nekoliko godina nakon istraživanja Alana Tjuringa i njegovog testa za mašine *(„Turing Test for machines")*. Zvanično je ovaj termin pomenut na naučnoj konferenciji 1956. godine na Darmut koledžu, a sve to od strane naučnika Džona Makartija koji se smatra začetnikom ove discipline. Tada je termin veštačka inteligencija *(„Artificial Intelligence")* definisana kao oblast računarske nauke koja za cilj ima razvijanje kompjuterskih programa i aplikacija koje bi imale sposobnosti nalik ljudskim kognitivnim sposobnostima [1]. Istaživanje veštačkih neuronskih mreža *(„Artificial neural networks")* kao jedne od disciplina veštačke inteligencije počelo je pedesetih godina prošlog veka. Osnovna ideja bila je kreiranje sistema koji funkcioniše na principu ljudskog nervnog sistema. Kao što nam je poznato, ljudske nervne ćelije imaju sposobnost pamćenja, pa se razvoj sistema veštačkih neuronskih mreža temeljio na istom. Veštačke neuronske mreže nisu razvijane za primenu u jednoj oblasti, već imaju više različitih namena, funkcija i mogućnosti [2].

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Aleksandar Živković, vanr. prof.

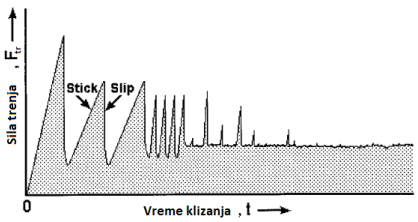
2. DEFINISANJE PARAMETARA KOJI UTIČU NA RAVNOMERNOST KRETANJA KLIZAČA MAŠINA ALATKI

Pri eksperimentalnom ispitivanju ravnomernosti kretanja klizača mašina alatki varirani su sledeći uticajni parametri:

- materijal klizača,
- vrsta ulja za podmazivanje,
- pogonska brzina (v),
- površinski pritisak (*p*),
- krutost pogona (*C*).

Pri izvođenju eksperimenta u obzir su uzeti prethodno navedeni faktori, što ne znači isključivo da oni vrše uticaj na pojavu stick-slip-a. Faktori poput hrapavosti kliznih površina, mase klizača mogu biti od velikog uticaja na rezultate eksperimenta, dok kao materijal klizača u eksploataciji često koristi sivi liv, koji pri izvođenju ovog eksperimenta nije bio pristupačan.

Kada se govori o mašinskom inženjerstvu neravnomerno kretanje javlja se kod kretanja klizača mašina alatki. U mnogim radovima je objašnjeno da se stvaranje neravnomernog kretanja najčešće vezuje za pojavu samooscilacija mašine, kada krutost mehanizma nije dovoljna i razlike koeficijenata trenja mirovanja i kretanja, što se javlja pri mešovitom trenju. Da bi sistem bio pouzdan i pri velikim ubrzanjima klizača moraju postojati odgovarajuće karakteristike pogonskog motora, dok tačnost pozicioniranja pri određenim spoljnim faktorima zavisi od osobina sistema za prenošenje kretanja od pogonskog motora na klizač, kao i od karakteristika vodećih elemenata mašine. Prema tome konstrukciono rešenje treba da obezbedi najmanje opterećenje sistema unutrašnjim silama koje nastaju zbog pojave trenja na površinama sa relativnim kretanjem [3].



Slika 1. *Dijagram pojave neravnomernog kretanja (stick-slip-a) prilikom klizanja [4]*

3. PLAN EKSPERIMENTA TAGUČI METODOM I OPIS OPITNOG UREĐAJA

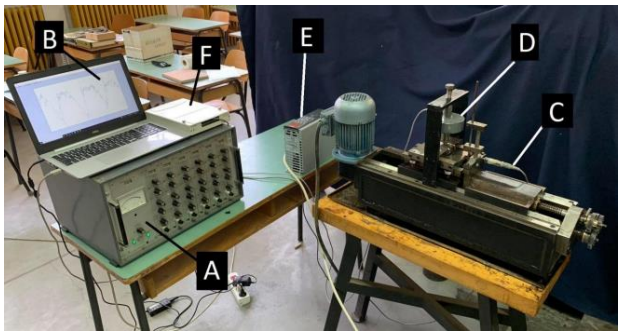
Nakon definisanja parametara eksperimenta i njihovih nivoa, određen je i plan eksperimenta po metodi Taguči. Pri izvođenju eksperimenta postoje upravljani i neupravljani parametri. Upravljani parametri su oni koje se mogu kontrolisati, a neupravljani parametari tzv. parametari šuma predstavljaju parametare koji su teški za identifikaciju i kontrolu. U tabeli 1 prikazani su ulazni upravljani parametri i njihovi nivoi na osnovu kojih je definisan plan eksperimenta, ortogonalni niz po Tagučiju, L_{36} (2^2 i 3^3). Plan eksperimenta dobijen je korišćenjem odgovarajućeg softvera [8].

Tabela 1. *Ulazni parametri i njihovi nivoi*

Parametri	**Nivoi**		
	1	***2***	***3***
Brzina klizača *v* [mm/min]	2	10	18
Površinski pritisak *p* [N/mm^2]	0,0266	0.1133	0.2
Krutost pogona *C* [N/mm]	200	300	400
	1	***2***	
Materijal klizača	Tarcit	Č.1530	
Vrsta ulja za podmazivanje	Fampol KS 68	Famcirkol 3	

Za merenje i detektovanje neravnomernog kretanja klizača mašine alatke korišćena je sledeća instrumentacija, prikazana na slici 2:

A. pojačivač mernih signala Hottinger Baldwin Messtechnik KWS/6A-5
B. PC računar za obradu podataka
C. induktivni senzor (davač) položaja Hottinger Baldwin Messtechnik W1T/2
D. dinamometar Hottinger Baldwin Messtechnik Q3
E. frekventni regulator za promenu opsega brzina kretanja klizača – Danfoss FC302
F. kartica za konverziju analognog signala u digitalni - National Instruments NI USB-6281



Slika 2. *Merna instrumentacija*

Kada se eksperiment planira prema Taguči planu izvodi se manipulacija faktora šuma da bi se izazvala promena i pomoću dobijenog rezultata prepoznala optimalna podešavanja upravljanih faktora koji čine proces ili sam proizvod robustnim ili otpornim na promene izazvane faktorima šuma. Upravljani faktori su oni kojima je moguće upravljati ili ih kontrolisati, a neupravljani faktori tzv. faktori šuma predstavljaju one faktore koji su teški za identifikaciju i kontrolu. Prema Tabeli 1 na osnovu faktora i njihovih nivoa koji su prikazani izabran je Taguči L_{36} (2^2 i 3^3) ortogonalni niz. Plan eksperimenta dobijen je korišćenjem softvera Minitab i prikazan je u Tabeli 2. Kolone u Tabeli 2 označavaju ulazne parametre i njihove nivoe, sa druge strane redovi prikazuju broj eksperimenata [8].

Tabela 2. *Taguči ortogonalni niz L_{36} (2^2 i 3^3)*

R. br	**Kod faktora**				
	Materijal (M)	**Ulje (U)**	**Brzina (B)**	**Pritisak (P)**	**Krutost (K)**
1	1	1	1	1	1
2	1	1	2	2	2
3	1	1	3	3	3
4	1	1	1	1	1
5	1	1	2	2	2
6	1	1	3	3	3
7	1	1	1	1	2
8	1	1	2	2	3
9	1	1	3	3	1
10	1	2	1	1	2
11	1	2	2	2	1
12	1	2	3	3	3
13	1	2	1	2	3
14	1	2	2	3	1
15	1	2	3	1	2
16	1	2	1	2	3
17	1	2	2	3	1
18	1	2	3	1	2
19	2	1	1	2	1
20	2	1	2	3	2
21	2	1	3	1	3
22	2	1	1	2	2
23	2	1	2	3	3
24	2	1	3	1	1
25	2	1	1	3	2
26	2	1	2	1	3
27	2	1	3	2	1
28	2	2	1	3	2
29	2	2	2	1	3
30	2	2	3	2	1
31	2	2	1	3	3
32	2	2	2	1	1
33	2	2	3	2	2
34	2	2	1	3	1
35	2	2	2	1	2
36	2	2	3	2	3

Nakon analize rezultata eksperimentalnog ispitivanja po metodi Taguči određen je procentualni uticaj materijala klizača, površinskog pritiska, brzine klizača, krutosti pogonsko-prenosnog sistema i vrste ulja za podmazivanje.

Navedeni uticaj pojedinačno iznosi respektivno 46,42%; 18,59%; 5,76%; 4,23%, 0,09%; dok greška eksperimenta iznosi 24,91%. Relativno velika greška eksperimenta ukazuje na moguću potrebu usavršavanja opitnog uređaja. Jedna od mogućnosti su zavojna vretena koja sa navrtkom imaju klizni spoj, da se ugrade zavojnih vretena i navrtke sa recirkulacijom kuglica.

Na ovaj način će se smanjiti pojava šuma eksperimenta koji nastaje zbog sprege između navrtke i zavojnog vretena [5].

4. DEFINISANJE MODELA PRIMENOM VEŠTAČKE NEURONSKE MREŽE

4.1. Definisanje ulaznih parametara

U ovom radu je primenjena višeslojna neuronska mreža (*MLP*) sa prostiranjem signala unapred (*feedforward*) i prostiranjem greške unazad (*backpropagation*). Obučen je veliki broj neuronskih mreža, nakon čega su izabrane one sa najboljom performansom. Analizirani su modeli koji imaju različite strukture ulaznih parametara. Pored različitih struktura ulaznih parametara analizirane su različite arhitekture neuronskih mreža, od onih sa jednim skrivenim slojem sa nekoliko neurona do mreža sa više skrivenih slojeva. Obuka je sprovedena za različite algoritme obuke, a to su *Levenberg – Marquardt* (*LM*), *Bayesian Regularization* (*BR*), *Scaled Conjugate Gradient* (*SCG*). Struktura ulaznih parametara je definisana problemom koji se želi istražiti. Ulazni parametri su definisani u Tabeli 1, a izlazni parametar je maksimalna apmituda pomeranja (Y). Pri formiranju neuronske mreže, jedan od koraka zahteva izbor načina raspodele podataka na skupove. Podatke je potrebno podeliti na skup za obuku (*training set*), skup za validaciju (*validation set*) i skup za testiranje tokom obuke (*test set*). U ovom radu formirani su skupovi prema planu eksperimenta (Tabela 1 i Tabela 2). Ukupan broj eksperimenata je iznosio 36, pri čemu su 4 izdvojena za testiranje nakon obuke i ocenu performansi mreže. Preostala 32 eksperimenta se deli na 22 za obuku, 5 za validaciju i 5 za testiranje.

Podela podataka na skupove za obuku, validaciju i testiranje se često izvodi na slučajan način (*random*), pri čemu mreža tokom obuke proizvoljno bira obučavajuće parove za obuku, validaciju i testiranje. Izborom podataka na slučajan način ulazni parametri budu dodeljeni svakom skupu (obuka, validacija, test) i mreža veoma brzo određuje skup odgovarajućih težinskih koeficijenata i završava obuku. Ovo dovodi do tzv. podtreniranosti mreže, odnosno, obuka je završena suviše rano. Iz tog razloga u ovom radu primenjena je raspodela podataka kod koje je moguće proizvoljno definisati skupove za obuku, validaciju i testiranje. Iz tabele 1 su izdvojeni eksperimenti pod red. br. 2, 14, 21 i 34, kako ih mreža ne bi videla i koji su kasnije iskorišćeni za verifikaciju modela.

U tabeli 3 prikazana je definisana struktura i skupovi za obuku neuronske mreže. Ukupan raspoloživ broj obučavajućih parova je 165. Usvojeno je da se obuka izvodi sa prvih 110 obučavajućih parova (22 eksperimenta), sledećih 25 obučavajućih parova (5 eksperimenata) je namenjeno za validaciju, preostalih 25 (5 eksperimenata) je namenjeno za testiranje tokom obuke. Skup za testiranje (verifikaciju) nakon obuke sadrži 20 obučavajućih parova (4 eksperimenta).

4.2 Arhitekrura neuronskih mreža

Veštačke neuronske mreže (VNM) se grade po slojevima, pri čemu su ulazni i izlazni sloj neophodni, a broj neurona u ulaznom i izlaznom sloju zavisi od broja parametara na ulazu i izlazu iz mreže. Skriveni slojevi se dodaju između ulaznog i izlaznog. Najćešće se za početni broj slojeva usvaja jedan i ako se utvrdi da nije dovoljan za rešavanje problema dodaju se novi slojevi.

Tabela 3 *Struktrura ulaznih podataka i skupovi za obuku neuronske mreže*

R. br	Kod faktora					
	M	U	B	P	K	
1	1	1	1	1	1	OBUKA
2	1	1	3	3	3	
3	1	1	1	1	1	
	.					
	.					
	.					
21	2	1	3	1	1	
22	2	1	1	3	2	
23	2	1	2	1	3	VALIDACOJA
24	2	1	3	2	1	
25	2	2	1	3	2	
26	2	2	2	1	3	
27	2	2	3	2	1	
28	2	2	1	3	3	TESTIRANJE
29	2	2	2	1	1	
30	2	2	3	2	2	
31	2	2	2	1	2	
32	2	2	3	2	3	

Ne postoje preporuke za izbor arhitekture neuronske mreže za rešavanje konkretnog problema. Najčešće se kreće od najjednostavnije arhitekture koja se usložnjava do trenutka kada su rezultati zadovoljavajući. Pored broja skrivenih slojeva osnovni problem je definisati broj neurona u svakom sloju. Nedovoljan broj neurona u skrivenim slojevima dovodi do nemogućnosti neuronske mreže da reši određen problem. Ukoliko je broj neurona preveliki, mreža ima loše performanse generalizacije, odnosno dolazi do pojave pretreniranosti mreže (*overfitting*).

Broj skrivenih neuorna zavistan je od više različitih faktora, od broja ulaza i izlaza, broja parova koji se obučavaju, veličine šuma i greške eksperimenta kod obučavajućih parova, složenosti funkcije greške, građe i algoritma kojim se veštačka neuronska mreža obučava. Broj neurona (n) u skrivenim slojevima može se odrediti na više različitih načina od kojih su neki [6]:

$$n \in [1, N_y]$$

$$n = \frac{2(N_x+N_y)}{3}, \quad (1)$$

$$n < 2N_x, \quad (2)$$

$$n = \sqrt{N_x N_y}, \quad (3)$$

gde je *Nx* broj ulaznih parametara, a *Ny* broj izlaznih parametara. Kod mreža sa većim brojem skrivenih slojeva, često se primenjuju arhitekture u obliku „levka“, gde se broj neurona u skrivenim slojevima smanjuje od ulaza ka izlazu iz mreže.

Prema prethodnim preporukama za konkretni slučaj izvršenog eksperimenta preporučeni broj neurona (n) u skrivenim slojevima iznosi od 1 do 10.

5. ANALIZA REZULTATA

U prethodnom delu je navedeno da u literaturi nema preporuke za izbor arhitekture veštačke neuronske mreže za konkretan problem. Poznato je da stepen nelinearnosti problema određuje složenost arhitekture, odnosno problem sa velikim stepenom nelinearnosti zahteva složene arhitekture sa većim brojem neurona u skrivenim slojevima čime se povećava broj težinskih koeficijenata koji se mogu podešavati. U ovom slučaju rešavanju problema se pristupa primenom metode pokušaja i pogrešaka. Kreće se od najjednostavnije arhitekture sa jednim neuronom i nakon obuke ocenjuje se njen kvalitet primenom na podatke koji nisu bili uključeni u proces obuke. Zbog velikog broja analiziranih podataka ovde će biti prikazani pojedini rezultati sa analize za *Scaled Conjugate Gradient (SCG)* algoritam obuke za različite brojeve neurona u jednom skrivenom sloju.

Tabela 4. *Zavisnost kumulativne vrednosti Pearson-ovog koeficijenta korelacije (R), koeficijenta determinacije (R^2) i prosečne greške predviđanja (ε_{sr}) od broja neurona*

Broj neurona	R	R^2	ε_{sr}%
1	2.335	2.015	16.8
2	2.615	2.435	11.1
6	2.636	2.484	12.2
10	2.624	2.452	12.6

Minimalna prosečna greška predviđanja od 11% je zabeležena u slučaju 2 neurona, pri čemu su vrednosti koeficijenata neznatno manje od maksimalnih. Kada je broj neurona u skrivenom sloju veći od 2, vrednosti koeficijenata ostaju približno konstantne, odnosno osciluju između vrednosti 2,61 i 2,63 ako se posmatra *Pearson*-ov koeficijent korelacije. Prema preporuci iz literature za broj neurona u skrivenom sloju, u ovom slučaju je $n = \sqrt{N_x N_y} = \sqrt{5 \cdot 1} = 2.43$. Ovde je pokazano da ako je broj neurona u skrivenom sloju 2 ili više, neuronska mreža ima približno konstantne performase predviđanja.

U tabeli 5 je prikazano poređenje rezultata veštačke neuronske mreže sa dva neurona u jednom skrivenim slojem i rezultata eksperimentalnih ispitivanja. Kao što je već rečeno iz tabele 1 si izdvojeni eksperimenti pod red. br. 2, 14, 21 i 34, tako da ih mreža nije videla pri obuci i testiranju. Greška odstupanja je određena po formuli:

$$\varepsilon = \frac{y_{exp} - y_{nm}}{y_{exp}} 100\% \qquad (4)$$

Tabela 5 *Poređenje rezultata VNM i rezultata dobijenih eksperimentalnim ispitivanjem*

R.br eksp. prema Tabeli 1	Maks. ampl. pomeranja Y [μm]		ε [%]
	Eksperimentalno	VNM	
2	15	17.25	-15
14	24	25.19	-4.95
21	22	23.18	-5.36
34	95	76.53	19.44
Srednje greška odstupanja ε_{sr}%			**11.19**

Izloženi rezultati navode na zaključak da mreža sa 2 neurona u jednom sloju obezbeđuje prosečnu grešku predviđanja od 11.1%, što je dovoljno da se navedeni model primeni za analizu ravnomernosti kretanja klizača kod mašina alatki.

6. ZAKLJUČAK

Ovaj rad predstavlja pokušaj da se fizički izmereni rezultati pomeranja klizača mašina alatki predvide primenom veštačke inteligencije odnosno korišćenjem veštačkih neuronskih mreža. Modeli koji analiziraju ravnomernost kretanja klizača mašina alatki ostvaruju minimalnu prosečnu grešku predviđanja od oko 11% što se može smatrati zadovoljavajućim rezultatom, ako se uzme u obzir trenutno raspoloživa tehnologija za merenje čija tačnost, zbog osetljivosti senzora i spoljašnjih uticaja, nije značajno veća.

7. LITERATURA

[1] Kumar, R.: *Artificial Intelligence – Basics*, Machine Learning and Cognition in Enterprises, pp. 33-49, 2017.

[2] Zupan, J.: *Basics of artificial neural networks*, Nature-Inspired Methods in Chemometrics: Genetic Algorithms and Artificial Neural Networks, pp. 199-229, 2003.

[3] Marić, V. M.:*Ispitivanje ravnomernosti kretanja klizača mašina alatki*, Diplomski rad, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 86 str, 1977

[4] Alan, D. B., William, A. D., Jacob, N. I.:*Origin and Characterization of Different Stick-Slip Friction Mechanisms*, Langmuir, Vol. 12, pp. 4559-4563, 1996.

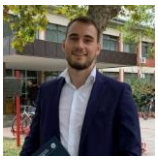
[5] Poll, G.W.: *Life Cycle Engineering and Virtual Product Development – the Role of Trybology*, Tribology and Interface Engineering Series, Vol 48, pp. 15-28, 2005.

[6] Miljković, Z., Aleksendrić, D.: *Veštačke neuronske mreže*, Zbirka rešenih zadataka sa izvodima iz teorije, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, 2009.

[7] Macukow, B.: *Neural Networks – State of Art, Brief History, Basic Models and Architecture*, Autorizovani rukopis predavanja,Faculty of Applied Mathematics and Information Science, Warsaw University of Technology, Poljska.

[8] Marinković, D.: *Analiza uzicaja pojedinih parametara na ravnomernost kretanja klizača mašina alatki*, Diplomski rad, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2021.

Kratka biografija:



Dejan Marinković rođen je u Minhenu 1998. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Proizvodnog mašinstva odbranio je 2022.god. kontakt: dejan.marinkovic@uns.ac.rs



Dr Aleksandar Živković rođen je u Gornjem Milanovcu 1975. god. Doktorsku disertaciju na Fakultetu tehničkih nauka je odbranio 2013. god. U zvanje vanrednog profesora je izabran 2018. god.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 629
DOI: https://doi.org/10.24867/20AM04Pavlovski

САВРЕМЕНЕ МЕТОДЕ ИСПИТИВАЊА БЕЗБЕДНОСНИХ И ЕКОЛОШКИХ КАРАКТЕРИСТИКА МОТОРНИХ ВОЗИЛА ПРИ ТЕХНИЧКОМ ПРЕГЛЕДУ

MODERN METHODS OF TESTING SAFETY AND ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS OF MOTOR VEHICLES DURING TECHNICAL INSPECTION

Сашо Павловски, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – МАШИНСТВО

Кратак садржај – *У раду ће бити фокус на испитивању амортизера током техничког прегледа возила и поступку испитивања емисије издувних гасова. Утицај техничке исправности возила на безбедносне и еколошке карактеристике биће анализиран кроз различите методе испитивања и практичне примере.*

Кључне речи: *Технички преглед, издувне емисије, системи ослањања, безбедност, методе испитивања*

Abstract – *The work will focus on shock absorber testing during the technical inspection of the vehicle and the exhaust gas emission testing procedure. The impact of the technical correctness of the vehicle on the safety and environmental characteristics will be analyzed through various test methods and practical examples.*

Keywords: *Technical inspection, exhaust emission, suspension systems, safety, test methods*

1. УВОД

Техничка исправност возила је један од предуслова за безбедно учествовање моторних возила у саобраћају. Моторна возила такође имају значајан утицај на животну средину, па је и по том основу исправност возила битна. Како сва моторна возила која учествују у саобраћају подлежу редовној провери техничке исправности, у системе чија исправност у оквиру тих активности треба да се контролише спадају систем за ослањање и систем за одвођење и обраду издувних гасова.

Због сложености ових система на савременим возилима, за њихову контролу морају да се користе и напредне методе и уређаји, како би се добили веродостојни и поуздани подаци о њиховом стању.

2. ЗАКОНСКО – ПРАВНИ ОКВИР

Поред сталног унапређења безбедности возила и увођења нових технолошких решења за активну и пасивну безбедност, безбедност саобраћаја и утицај на животну средину зависе од техничке исправности возила. Управљање возилима и њихова техничка исправност регулисани су законима и прописима.

2.1. Међународни прописи

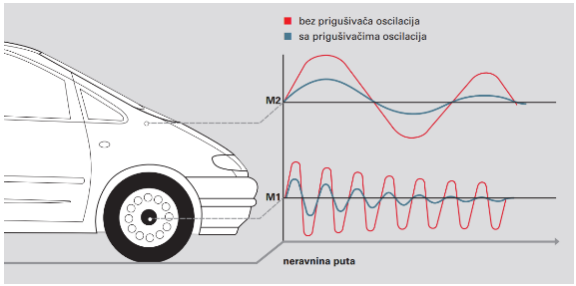
У Европској Унији основни правни акти су Директиве и Уредбе. Од 2018. године ступила је на снагу директива 2014/45/EU, и представља законски минимум за све земље чланице приликом обављања техничког прегледа моторних возила.

2.2. Прописи у Републици Македонији

Испитивање техничке исправности моторних возила у Републици Македонији регулисано је Законом о возилима, Правилником о техничком прегледу и Правилником о техничким захтевима система, компоненти, опреме, димензија, укупне масе и осовинских оптерећења возила.

3. ПРИГУШНИ ЕЛЕМЕНТИ СИСТЕМА ОСЛАЊАЊА

Улога амортизера у систему ослањања је да у најкраћем могућем року пригуше вертикалне осцилације које настају при кретању возила. Амортизери као засебни елементи уграђени су између ослоњене и неослоњене масе у систему ослањања, и пригушују осцилације које настају од ослоњених и неослоњених маса на основу претварања кинетичке енергије маса у топлотну енергију (слика 1) [1], [5], [6].



Слика 1. *Осцилације ослоњене и неослоњене масе са и без пригушења [1]*

Пригушни елементи имају важну улогу у побољшању пријањања возила, побољшању перформанси кочења, као и стабилности и управљивости возила.

Способност возила да убрзава, кочи и савладава кривине у великој мери зависи од контакта са подлогом, на шта директно утиче исправност амортизера [3].

НАПОМЕНА:
Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Драган Ружић, ванр. проф.

4. МЕТОДЕ ИСПИТИВАЊА ПРИГУШНИХ ЕЛЕМЕНАТА

Методе испитивања применом принудних вибрација приморавају испитивани точак да вибрира изнад резонантне фреквенције. Након уклањања побудне силе, вибрације нестају услед њиховог пригушења у амортизеру.

Како фреквенција вибрација опада, у одређеној тачки се јавља резонанција, чија амплитуда карактерише стање пригушивача (у току резонанце амплитуде осцилација се повећавају, и амплитуда осцилација ће зависити од коефицијента пригушења што указује на техничко стање амортизера).

За процену квалитета пригушења постоје различите методе. Методе за испитивање ефикасности пригушења амортизера применом принудних вибрација могу се поделити као што је приказано на слици 2.

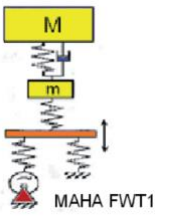


Слика 2. *Методе испитивања амортизера*

4.1. Модификована метода BOGE (MAHA)

Модификована метода BOGE (MAHA) заснована је на принципу принудних вибрација и дизајна испитног стола, као код методе Boge (вибрациона платформа која је преко опруге повезана са погонском јединицом). Додатна опруга испод вибрационе платформе омогућава мерење притиска точка на платформу (слика 3).

Ови уређаји омогућавају одређивање максималне амплитуде вибрација платформе (Boge метод) и додатно одређивање процентуалног индекса пригушења (попут Eusama методе). Проценат пријањања применом ове методе заснива се на две информације: максималној вредности амплитуде вибрација у резонантној области и статичком притиску осовине која се испитује[4].



Слика 3. *Принцип рада испитног стола по модификованој методи BOGE[2]*

На основу ова два параметра и њиховог међусобног односа који се усваја као линеаран, утврђује се процентуални резултат за стање амортизера.

Возило се точковима поставља на вибрациону платформу, која почиње да вибрира, и сваки точак се испитује посебно. Након искључења погонске јединице, амортизер и вибрирајућа платформа су у подручју резонантне фреквенције, која је у границама од 13 до 15 Hz.

5. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА МЕРЕЊА

У оквиру практичног дела истраживања описани су утицај притиска ваздуха у пнеуматицима на коефицијент пригушења амортизера, утицај величине и расподеле оптерећења и утицај исправности амортизера на величину кочног пута на возилима.

5.1. Утицај притиска ваздуха у пнеуматицима на коефицијенат пригушења амортизера

За спровођење овог теста коришћена су два возила категорије M_1, и испитна опрема компаније MAHA, која ради на принципу модификоване методе BOGE.

Да би се видео утицај притиска на коефицијент пригушења, коришћене су усвојене вредности за притисак ваздуха у пнеуматицима (Табела 1).

Табела 1. *Притисак у пнеуматицима*

Вредности притиска ваздуха у пнеуматицима (bar)								
					Номинални притисак			
Возило 1	предња осовина	1,1	1,4	1,7	2	2,3	2,6	2,9
	задња осовина	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1
Возило 2	предња осовина	1,4	1,7	2	2,3	2,6	2,9	3,2
	задња осовина	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3

Резултати јасно показују да код оба возила притисак у пнеуматицима не утиче на промену коефицијента пригушења амортизера (табела 2).

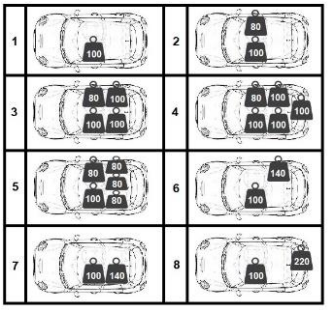
Табела 2. *Резултати испитивања*

Возило 1	предња осовина		1,1	1,4	1,7	2	2,3	2,6	2,9
	Коефицијент	Леви точак	79	78	77	77	76	75	75
		Десни точак	80	81	79	79	79	80	79
Возило 1	задња осовина		1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1
	Коефицијент	Леви точак	78	79	78	79	79	75	79
		Десни точак	80	80	80	81	80	80	81
Возило 2	предња осовина		1,4	1,7	2	2,3	2,6	2,9	3,2
	Коефицијент	Леви точак	80	79	79	79	79	79	79
		Десни точак	80	80	81	80	80	79	79
Возило 2	задња осовина		1,2	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7	3
	Коефицијент	Леви точак	81	80	80	80	79	80	80
		Десни точак	82	82	82	82	82	81	81

5.2. Утицај величине и расподеле оптерећења на коефицијент пригушења амортизера

Други поступак мерења је спроведен на 6 возила категорије M_1 различитих облика и намене каросерије, различите сопствене масе и дужине.

Као почетна вредност за испитивање усваја се маса самог возила плус маса испитивача. Обављено је 8 мерења на свим возилима са различитим величинама терета и различитим распоредом терета у путничком простору и у пртљажнику. Оптерећење је постављено према шеми приказаној на слици 4.



Слика 4. *Шематски приказ расподеле оптерећења*

На основу добијених резултата (Табела 3) може се констатовати да постоје веће промене у коефицијенту

пригушења амортизера у зависности од расподеле и величине оптерећења на задњој осовини. Највеће промене коефицијента пригушења у односу на остале варијанте оптерећења уочене су код варијанте број 4. Код свих возила, примећена је промена коефицијента пригушења амортизера практично у свим варијантама оптерећења. Показало се да коефицијент пригушења опада са повећањем оптерећења.

Табела 3а. *Резултати испитивања*

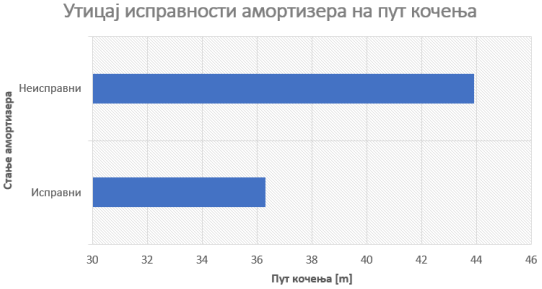
Возило 1 -	**Предња осовина**							
Расподела оптерећења	1	2	3	4	5	6	7	8
Леви точак	77	76	76	75	74	76	77	77
Десни точак	80	79	79	79	78	80	80	80
Возило 1 -	**Задња осовина**							
Расподела оптерећења	1	2	3	4	5	6	7	8
Леви точак	80	79	75	73	75	76	77	77
Десни точак	82	81	78	75	78	80	80	80
Возило 2 -	**Предња осовина**							
Расподела оптерећења	1	2	3	4	5	6	7	8
Леви точак	79	78	75	74	75	78	76	79
Десни точак	84	84	82	82	82	84	82	84
Возило 2 -	**Задња осовина**							
Расподела оптерећења	1	2	3	4	5	6	7	8
Леви точак	79	78	74	71	73	77	76	75
Десни точак	79	77	73	71	72	74	76	74
Возило 3 -	**Предња осовина**							
Расподела оптерећења	1	2	3	4	5	6	7	8
Леви точак	76	81	79	80	79	81	80	82
Десни точак	78	81	80	81	80	83	83	83
Возило 3 -	**Задња осовина**							
Расподела оптерећења	1	2	3	4	5	6	7	8
Леви точак	80	77	73	69	72	75	75	73
Десни точак	82	78	75	72	74	75	77	74

Табела 3б. *Резултати испитивања*

Возило 4 -	**Предња осовина**							
Расподела оптерећења	1	2	3	4	5	6	7	8
Леви точак	73	72	71	71	70	72	72	72
Десни точак	76	74	73	71	70	75	73	75
Возило 4 -	**Задња осовина**							
Расподела оптерећења	1	2	3	4	5	6	7	8
Леви точак	73	72	69	64	66	70	70	65
Десни точак	76	76	71	68	70	73	74	68
Возило 5 -	**Предња осовина**							
Расподела оптерећења	1	2	3	4	5	6	7	8
Леви точак	72	71	68	70	69	72	73	73
Десни точак	76	75	74	73	72	76	76	77
Возило 5 -	**Задња осовина**							
Расподела оптерећења	1	2	3	4	5	6	7	8
Леви точак	82	80	77	73	77	80	80	74
Десни точак	83	82	79	77	79	80	81	78
Возило 6 -	**Предња осовина**							
Расподела оптерећења	1	2	3	4	5	6	7	8
Леви точак	65	63	60	63	62	63	63	63
Десни точак	67	66	66	67	65	64	66	66
Возило 6 -	**Задња осовина**							
Расподела оптерећења	1	2	3	4	5	6	7	8
Леви точак	70	69	66	63	65	68	68	64
Десни точак	72	71	68	66	68	70	68	67

5.3. Утицај исправности амортизера на величину кочног пута на возилима

За ово мерење коришћено је једно возило марке Opel. Приликом испитивања ефикасности кочног система, коришћен је уређај за мерење успорења возила. Возило је прво испитано са неисправним, а затим са исправним амортизерима. Успоравање возила мерено је од почетне брзине од 80 km/h до потпуног заустављања.



Слика 5. *Измерени пут кочења*

На основу података добијених мерењем, може се закључити да исправност амортизера има утицај на величину пута кочења.

6. ЕМИСИЈА ИЗДУВНИХ ГАСОВА

Умоторима са унутрашњим сагоревањем хемијска енергија горива претвара се у топлотну, а дејством продуката сагоревања остварује се механички рад. Приликом непотпуног сагоревања горива, појављују се штетне компоненте: CO, HC, NOx и чврсте материје.

6.1. Систем за одвођење и пречишћавање издувних гасова

Издувни системи, осим одвођења издувних гасова, врше и њихово пречишћавање. Генерално, систем за одвођење гасова се састоји од три компоненте: катализатора, пригушивача и издувних цеви. У зависности од врсте горива које возило користи, систем за одвођење гасова у свом саставу има и друге компоненте као што су: DPF филтер, SCR, Nox апсорбери, EGR и систем секундарног ваздуха.

7. ИСПИТИВАЊЕ ЕМИСИЈЕ ИЗДУВНИХ ГАСОВА

Током експлоатације возила долази до промена у издувним гасовима. Имајући то у виду, закон предвиђа периодичну контролу емисије издувних гасова. Приликом контроле на техничком прегледу код бензинских мотора се мери хемијски састав издувних гасова, док се код дизел мотора мери зацрњење издувних гасова. Генерално, испитне процедуре се могу поделити на: испитивање без оптерећења, испитивање са константним оптерећењем и испитивање са променљивим оптерећењем.

- *Испитивање без оптерећења*

Ови тестови су најједноставнији и најчешће коришћени. У овим испитивања се не примењује спољно оптерећење. Овој групи припадају: тестови у мировању, тестови дима са слободним убрзањем мотора, INCOLL/AUTONAT.

- *Испитивање са константним оптерећењем*

Ово су најједноставнији тестови у којима се примењује оптерећење, односно мотор се држи на одређеној брзини уз променљиво оптерећење које обезбеђују динамометарски ваљци. Овде припадају: U.S. Federal 3 – Mode Test, Clayton Key Mode, CalVIP, D550, ASM тест симулације убрзања и Lug–down тест.

- *Испитивање са променљивим оптерећењем*

У испитивању са променљивом оптерећењу, снага и брзина мотора се мењају током циклуса испитивања. Такви тестови су HOT EUDEC, DT80 и DT60.

7.1. Најчешће коришћена процедура за периодично испитивање издувних гасова

Испитивање бензинских мотора, скоро у свим земљама базирано је на тесту у мировању. Возило се испитује у празном ходу и/или при повећаном броју обртаја (2000 – 3000 о/мин). Овај тест мери концентрацију угљенмоноксида, несагорелих угљоводоника,

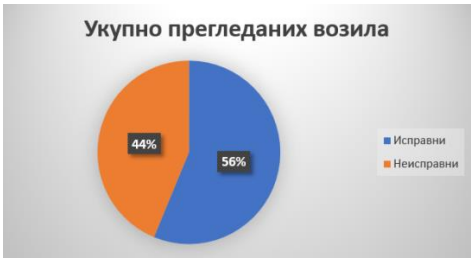
као и угљендиоксида. За мерење ових гасова најчешће се користи анализатор који ради на принципу недисперзиране инфрацрвене светлости. На основу измерених гасова, израчунава се коефицијент вишка ваздуха.

За испитивање дизел мотора доминантна метода је метода слободног убрзања. Ово је тест где се мотор убрзава од празног хода до максималног броја обртаја. Спроводе се најмање три слободна убрзања, односно мерења зацрњења издувних гасова. Просечан коефицијент зацрњења у апсолутним јединицама (m^{-1}) представља аритметичку средину свих извршених мерења зацрњења.

8. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА МЕРЕЊА

У оквиру овог испитивања коришћен је уређај МАНАМЕТ 6.3. Мерење издувних гасова урађено је на 32 возила категорије M_1, са различитим горивом и техничком опремом. Као додатни подаци за испитивана возила узети су година производње и број пређених километара.

Приликом прегледа од укупног броја возила, њих 14, утврђено је да су неисправни у погледу испуњавања граничних вредности емисије издувних гасова (слика 6).



Слика 6. *Дијаграмски приказ исправности прегледаних возила*

Што се тиче старости возила, види се да возила старија од 10 година имају неповољнију емисију (табела 4).

Табела 4. *Неисправна возила подељена по годинама старости возила*

Године старости	Укупан број неисправних возила	Возила са бензинским мотором	Возила са дизел мотором
до 5 година	0	0	0
од 5 до 10 година	0	0	0
од 10 до 15 година	6	5	1
од 15 до 20 година	5	4	1
преко 20 година	3	2	1

У зависности од пређених километара табела 5 показује да возила са бензинским мотором са више од 100.000 km почињу да показују недостатке у погледу емисије издувних гасова. Код дизел мотора може се приметити да до 200.000 km нема недостатака у погледу емисије издувних гасова.

Табела 5. *Подела по броју пређених километара*

Пређени километри	Укупан број неисправних возила	Возила са бензинским мотором	Возила са дизел мотором
до 50000 km	0	0	0
од 50000 до 100000 km	0	0	0
од 100000 до 200000 km	8	8	0
од 200000 до 300000 km	6	3	3
преко 300000 km	0	0	0

9. ЗАКЉУЧАК

Проблематика обрађена у овом раду је врло актуелна како код нас, тако и у земљама ЕУ. Урађене су анализе за проверу техничке исправности током периодичних техничких прегледа за два система које нису довољно разрађене у пракси у складу са напретком технологије возила. Спроведена су испитивања система ослањања модификованом методом Boge, и испитивања система за одвођење и пречишћавање издувних гасова из возила применом стандардних испитивања у мировању без спољашњих оптерећења. На основу истраживања и добијених резултата може се закључити да исправност система ослањања има значајан утицај на безбедност у саобраћају, и да је потребно обавезно увођење испитивања амортизера на техничком прегледу.

У погледу емисије издувних гасова, могло би се закључити да је потребно пооштравање критеријума, нарочито код дизел мотора, где се мери само коефицијент зацрњења, али не и концентрација гасова као што су азотни оксиди (NO_x) и чврсте честице (PM).

10. ЛИТЕРАТУРА

[1] http://hemtex.rs/attachments/article/26/SX_Tech_Brochure_Suspension_SR.pdf (приступљено у Фебруару 2022.)

[2] L. Konieczny, Z. Niedziela, J. Lukowski, M. Stanczyk, "*Wplyw wybranych parametrow eksploatacyjnych na ocene stanu technicznego amortyzatorow na stanowisku eusama*", Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, 2018.

[3] Gardulski J. "*Badania diagnostyczne amortyzatorow*", Diagnostyka '2, (38)/2006

[4] https://www.motor-talk.de/forum/aktion/Attachment.html?attachmentId=781453 (приступљено у марту 2022.)

[5] Зубер Ф. Н. "*Развој методологије и испитног уређаја за проверу исправности амортизера применом концепта виртуалних прототипова*", магистарска теза, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, 2000.

[6] Ружић Д. "*Опрема моторних возила*", скрипта, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, 2020.

Кратка биографија:



Сашо Павловски рођен је у Кривој Паланци 1995. године. Након завршетка средње школе, своје образовање наставља на Машинском факултету у Скопљу, где је стекао звање Дипломираног инжењера машинства. контакт: sashopavlovski01@gmail.com

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 621-52
DOI: https://doi.org/10.24867/20AM05Milinic

MODULARNO PROJEKTOVANJE PORTALNIH MANIPULATORA

MODULAR DESIGN OF PORTAL MANIPULATORS

Milorad Milinić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Mašinstvo – PROIZVODNO MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – *U radu je predstavljeno modularno projektovanje manipulatora (robota) i njegovo implementiranje u sistem. Kako možemo dizajnirati mehanizme brzo i jednostavno i na koji način možemo komponovati komponente i automatski ih uklapati. Rad je usmeren ka primeni savremenih tehnologija transporta pravlinom organizacijom skladištenja u industriji proizvodnje guma za putnička vozila, primenom automatizovanog procesa pomoću manipulatora (robota). Problem kod proizvodnje guma za vozila prestavlja transport, skladištenje i razdvajanje gotovog proizvoda po grupama koji se obavlja ručno ili nekom drugom metodom.*

Ključne reči: *Modularno projektovanje, manipulacioni sistemi, robot*

Abstract – *The paper presents the modular design of the manipulator (robot) and its implementation in the system. How can we dwsign mechanisms quickly and easily and how can we compose components and fit them automatically. The work is directed towards the applicaton of modern transport technologies throught the proper organization of storage in the industry of tire production for passenger vehicles, using an automated process with manipulator (robot). The problem in the production of vehicle tires is the transportation, storage and separation of the finished product into groups, which is done manually or by some other method.*

Keywords: *Modular design, mnipulation systemss, robot*

1. UVOD

Metod modularnog projektovanja predstavlja savremeni pristup u projektovanju proizvoda koji je danas opšte prihvaćen u mnogim oblastima: automobilskoj industriji, industriji motora sa unutrašnjim sagorevanjem, elektro-motora, kućnih aparata, transportnih uređaja, industrije mašina alatki i mnogih drugih. Metod modularnog projektovanja i razvoja proizvoda je nastao tridesetih godina dvadesetog veka, u industriji mašina alatki.

Osnovna ideja modularnog projektovanja je da se iz postojećeg skupa međusobno izmenjivih modula projektuju proizvodi različitih dimenzija i funkcionalnih karakteristika [1][3].

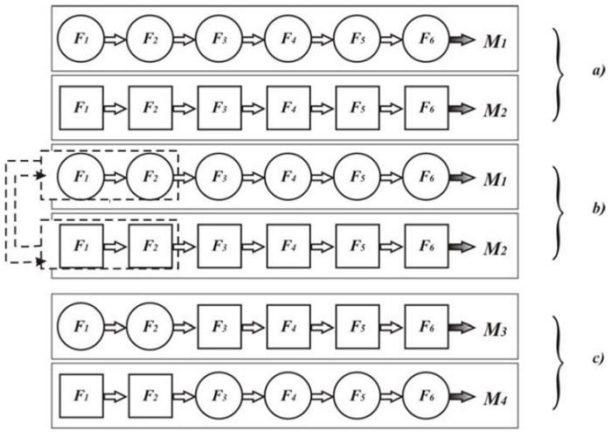
Termin modularnog projektovanja danas ima široku primenu ne samo za projektovanje mašina alatki, već i za merne pribore, alate, proizvodne sisteme, fleksibilne tehnološke sisteme i sl. [4].

Pri modularnom projektovanu mašina, za osnovu se prihvata sistem tehnoloških objekata, sastavljenih iz ograničenog broja funkcionalnih i konstruktivnih modula, ali zastupljenoj u širem skupu mašina kao i po konstruktivnim tako i po tehnološkim svojstvima. Ako posmatramo dva tehnička objekta (mašine M1 i M2), istih funkcionalnih karakteristika, ali različitih po konstruktivnom izvođenju (Slika 1)[2]

Ako se pretpostavi, da se svaka mašina uslovno sastoji iz 6 funkcionalnih elemenata. U slučaju potpune različitosti, elementi **F1, F2, ..., F6** (koji se nalaze u krugovima) mogu se samo ugrađivati u mašinu **M1**. Na taj način se dobijaju dve međusobno ne unificirane mašine **M1 i M2**.

Pretpostavlja se da naizmenični elementi **(F1 i F2) ϵ (M1)** i **(F1 i F2) ϵ (M2)** mogu menjati mesta, zamenjivati jedni druge. U tom slučaju, korišćeni funkcionalni blokovi **(F1 i F2) ϵ (M1)** i **(F3 ,F4 ,F5 , F6) ϵ (M2)**, daju novu konstrukciju realizovane mašine **M3**, koja će biti unificirana u odnosu na mašinu **M1** za **33.5%** a u odnosu na mašinu **M2** za **66.5%**.

Korišćeni funkcionalni blokovi **(F1 i F2) ϵ (M2)** i **(F3 ,F4 ,F5 , F6) ϵ (M1)**, dovode do još jednog konstruktivnog rešenja čime je realizovana mašina **M4**, unificirana u odnosu na mašinu **M1** za **66.5%** i u odnosu na mašinu M2 za **33.5%**. Na taj način moguće su dve varijante konstruktivnog izvođenja unificiranih mašina čije su funkcionalne mogućnosti, kao i kod polaznih mašina.



Slika 1. *Varijante šeme unificiranja mašina (a) potpuno ne unificirane mašine, (b) unificirani blokovi, (c)unificirane mašine.[2]*

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Aco Antić, red. prof.

2. EKSPERIMENTALNO ISPITIVANJE

2.1. Postavka eksperimenta

U ovom poglavlju će biti prikazan i objašnjen konkretan primer projektovanja portalnog manipulatora sa svim modulima (preojektovanje će se obaviti kroz nekoliko etapa). Prvi zadatak koji treba uradi jeste procena specifikacija teorijskog projekta (kako će se projekat razvijati):

- Procena specifikacija projekta i odabir prenosnika kretanja (osa, aktivatora).
- Pretraživanje dostupne literature (da dokažemo da je hardver koji smo izabrali za ovaj projekat odgovarajući)
- Glavni deo projekta: Projektovanje portalnog manipulatora (dizajniranje 3-osnog sistema, pod konstrukcija, simulacija rada)

Problem koji nastojimo rešiti je zamena ručnog načina slaganja i skladištenja guma za vozila, prestavljanje rešenja i implementacija u automatizovani sistem.

Za ovaj projekat koristimo 3-osni sistem (X, Y, Z), minimalni radni prostor treba da bude 1200x600mm, takođe ostali zahtevi su da mehanizam ima visoku preciznost, zanemarljivog opterećena i da može da postigne brzinu rada približno 300mm/s, ovaj mehanizam će da radi u čistim uslovima.

- Mašina: 3-osni mehanizam
- Minimalni radni prostor: 1200x600 mm
- Zahtevana tačnost pozicioniranja: viska tačnost (>0.1mm)
- Opterećenje: zanemarljivo dodatno opterećene
- Rado okruženje: čisto
- Zahtevana brzina: ~300mm/s

2.2. Rezultati

Posle potvrđene validacije svih sistema za prenošenje kretanja, prelazimo na dizajniranje manipulatora. Počeli smo od linearnog kretanja za Y-osu za njega smo koristili zatvoreni zupčasti remen za prenošenje kretanja za Y-osu, usvojena je dužina od 3330mm.

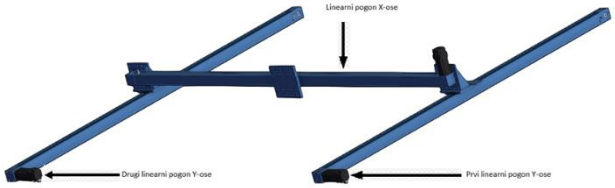
Jedna stvar koju treba uzeti u obzir prilikom formiranja Y-ose jeste da ukoliko imamo razmak između dva prenosnika veći od 500mm preporučuje se da obe strane imaju sopstveni pogon. Zbog toga ćemo na Y-osi imati dva prenosnika kretanja sa dva odvojena motora. Ukoliko imamo pogon na samo jednoj strani, druga je slobodna, doći će do odstupanja u kretanju i do oštećenja prenosnika kretanja (Slika 2).

Sledeći korak je ubacivanje prenosnike kretanja za X-osu ,za koju takođe koristimo zatvoreni zupčasti remen za prenošenje kretanja (Slika 3).

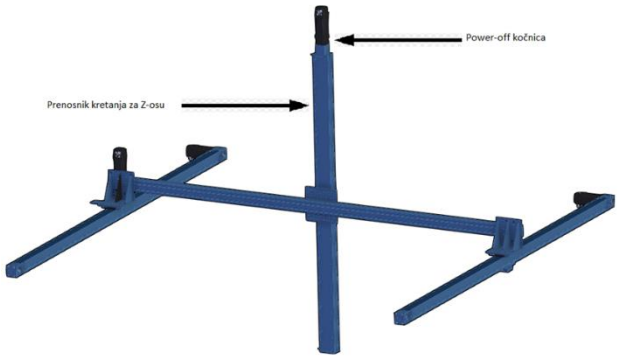
Za Z-osu smo koristiti zatvoreno kuglično navojno vreteno, na slici 3 vidimo kompletno hardversko rešenje svih osa. Vrlo bitna stavka kod Z-ose jeste Power-of kočnica, koja sprečava Z-osu da slobodno padne na dole i izvrši koliziju.

Zadatak pod-konstrukcije (Slika 4) sistema jeste da obezbedi krutost mašine pri radu i da ne dozvoli bilo kakvo pomeranje tokom rada.

Za svrhu konstruisanja okvira pod-konstrukcije je korišćen najveći 90x90mm ekstrudirani profil povezan pločama i umetcima.(Slika 5). Ploče i umeci za dodatno povećanje krutosti sistema se koriste da ne bi došlo do pomeranja robota tokom rada, takođe na ćoškovima pod-konstukcije se mogu dodati i kosnici. Umetci se postavljaju sa donje strane okvira pod-konstrukcije i pričvršćuju se vijcima kako bi povećali nosivost.



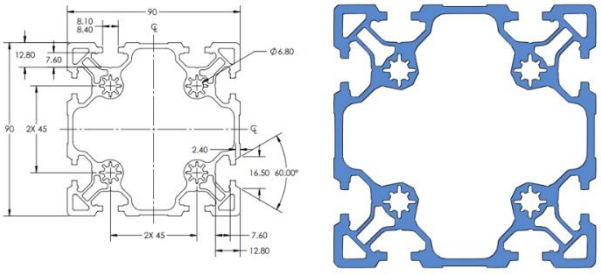
Slika 2. *Linearni prenosnik kretanja x i z ose.*



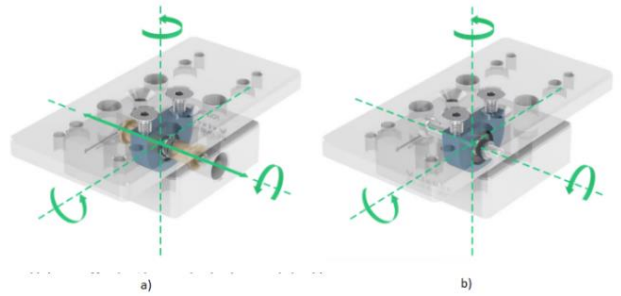
Slika 3. *Linearni prenosnik kretanja x, y, i z ose.*



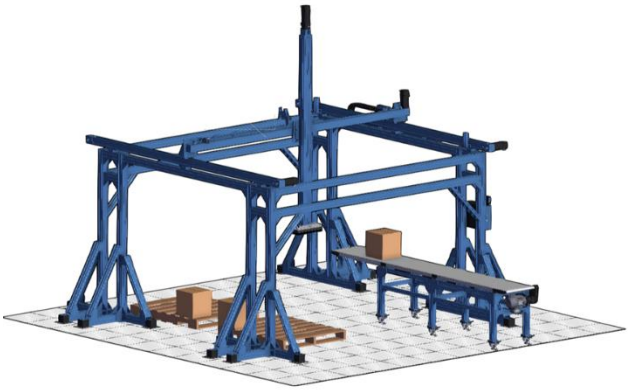
Slika 4. *Pod-konstrukcija portalnog manipulatora.*



Slika 5. *Ekstrudirani profil za podkonstrukciju 90x90mm.*



Slika 6. *Samoporavnavajući nosači a)glavni b) pomoćni.*



Slika 7. *Konačan izgled 3- osnog portalnog manipulatora.*

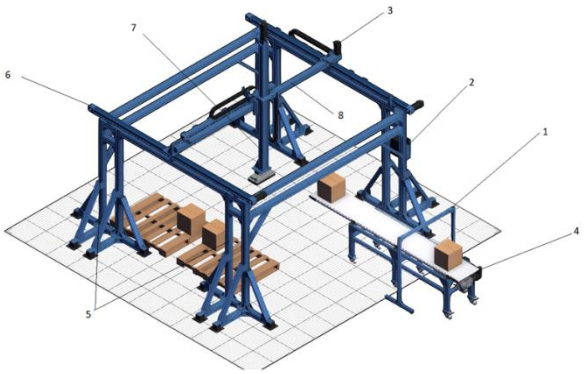
Za povezivanje 3-osnog sistema sa pod-konstrukcijom koriste se samo-poravnavajući nosači koji mogu biti glavni i pomoćni. Tačnost pri vođenju dva mehanizma za prenošenje kretanja je jako bitna. Mehanizmi za prenošenje kretanja imaju krut dizajn i njihova instalacija na pod-konstrukciju mora biti izvedena prema strogim parametrima i preciznošću. Ovo se može izbeći korišćenjem samopodesivih nosača.

Ovi nosači omogućavaju dovoljan stepen slobode da ne dođe do unutrašnjeg naprezanja u ležajevima čak i onda kada ose nisu paralelne po nekolikom milimetara. Imamo dve vrste samopodešavajucih nosača (Slika 6)

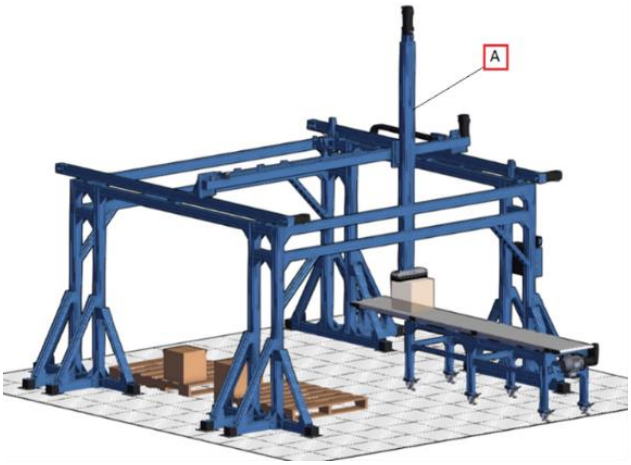
Pomoćni nosači ili pratioci sadrže sferni ležaj koji omogućava tri stepena slobode rotacije kao i sistem osovine i čaure za jedan translatorni stepen slobode. Dok glavni nosač ili lider ima tri stepena slobode rotacije. Prilikom konstruisanja manipulatora preporuka je da se na jednoj strani postavljaju glavni nosači a na drugoj pomoćni, a razmak između nosača na treba de prelazi 1m.

Samostalnost i inteligencija robota omogućavaju visoku fleksibilnost i uspešnu primenu robota. Da bi robot bio inteligentan, odnosno na neki način "svestan" sebe i svoje okoline, mora imati mogućnost merenja svojih parametara. Inteligencija robota, kao što je rečeno polazi od primene senzora, odnosno senzorske informacije. Različiti uređaji i sistemi, kojima robot dobija informacije o sebi i okolini su senzori.

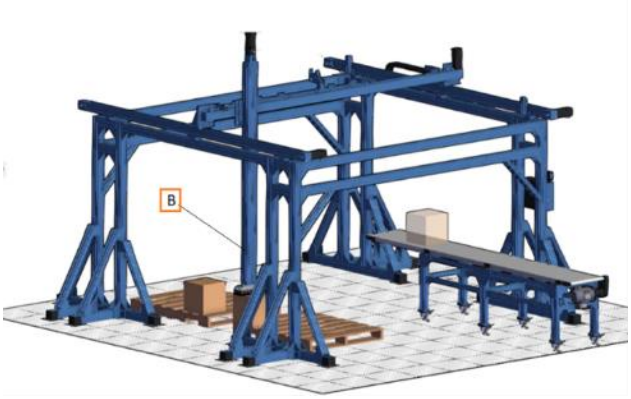
Konkretno na ovom primeru senzori se koriste da ne bi došlo do kolizije između pokretnih i nepokretnih delova sistema.



Slika 8. *Delovi 3- osnog portalnog manipulatora.*



Slika 9. *Početni položaj hvataljke manipulatora.*



Slika 10. *Krajnji položaj hvataljke manipulatora.*

Na slici 8 dati su osnovni delovi 3-osnog portalnog manipulatroa.

1. Čitač bar koda.
2. Upravljački sistem manipulatora.
3. Prenosnik kretanja za X-osu sa motorom.
4. Traka za dopremanje proizvoda u zonu manipulatora.
5. Podkonstrukcija manipulatora.
6. Prenosni kretanja za Y- osu sa motorima.
7. Prenosnik kretanja za Z-osu sa motorom i hvataljkom za predmete.

Kretanje manipulatora se može vrlo lako programirati. Ako deo treba da se pomeri od tačke (3,6,9) do tačke (4,2,8), ovo je jednostavno pomeranje od 1 jedinice u pravcu X-ose, -4 jedinice u pravcu Y-ose i -1 jedinica u pravcu Z-ose. Na slici 9 I slici 10 su prikazana dva krajnja položaja hvataljke manipulatora.

Zamislimo situaciju da imamo dva slična proizvoda koja treba skladištiti na različita mesta i da nemamo jasne pokazatelje njihovih razlika koje možemo uočiti golim okom ili nekom drugom metodom. Proces slaganja proizvoda u našem slučaju se obavlja tako sto se na svakom proizvodu nalazi bar kod koji dafiniše tačno mesto gde taj proizvod treba da bude skladišten. Kada proizvod prođe ispod čitača bar koda 1 (Slika 8), on ga čita i šalje signal manipulatoru gde tačno treba da pozicionira predmet. Tada prenosnik kretanja za Z- osu sa hvataljkom dolazi iz neutralnog položaja u položaj „A“ (Slika 9) uzima predmet i nosi ga na vec predviđeno mesto iz te grupe proizvoda Polozaj „B“ (Slika 10). Na ovakav način možemo na razdvajamo i skladištimo veliki broj različitih proizvoda, jedino ograničenje je radni prostor samog manipulatora.

3. ZAKLJUČAK

Korišćenje modularnog načina projektovanja portalnih manipulatora ima niz prednosti počevši od cene pa do toga da se u potpunosti zadovolje potrebe korisnika. Takođe portalni manipulatori imaju veliku sposobnost upravljanja, lako programiranje, veliki radni prostori, itd. Dobar primer njihove primene jesu opsluživanje mašina alatki i manipulacija radnim predmetima. U ovom radu je dat praktičan primer projektovanja 3-osnog portalnog manipulatora, sa svim pratećim komponentama (mehanizmima za prenošenje kretanja, motorima, pod-konstrukcije, senzoria...) i njegova implementacija u sistem proizvodnje guma za vozila. Problem koji je rešavan u okviru izrade rada je izbor konstrukcije manipulacionog sistema za: transport, skladištenje i razdvajanje gotovog proizvoda po grupama koji se inače obavlja ručno ili nekom drugom metodom. Modularnost konstrukcije omogućava jednostavno i przo konponavanje pojedinih modula koji su uiverzalnog tipa i mogu se koristiti za viže različitih konstrukcija.

Nedostatak ovakog načina projektovanja što može da produži kompletan proces konstruisanja zbog potrebe da pojedini moduli treba da zadovolje veći broj funkcija. Takođe, modularni način projektovanja podrzaumeva kreiranje više različitih varjanti proizvoda koji se prilagođava datom zahtevu upotrebe što u startu predstavlja složeniji zahtev, ali u konačnom cilju pojeftinjuje ceo proces.

4. LITERATURA

[1] Zeljković dr Milan., Tabaković dr Slobodan.: Savremeni prilazi u projektovanju proizvoda, Fakultet tehničkih nauka, Departman za proizvodno mašinstvo, Novi Sad, 2014/2015.

[2] Prof. dr Ljubodrag Đorđević, Sava Đurić, Gligorije Gligorijević: MODULARNO PROJEKTOVANJE U FUNKCIJI AKTIVIRANJA PROIZVODNJE, stručni rad, Kraljevo, 2005.

[3] Mihailo Milojević, Ljubomir Lukić: MODULARNO PROJEKTOVANJE, monografija, Beograd, 1996.

[4] Prof. dr Mladen Popović: SENZORI U ROBOTICI, Viša elektrotehnička škola, Beograd, 1996.

Kratka biografija:



Milorad Milinić rođen je u Trebinju 1995. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mašinstva – Računarom podržane tehnologije odbranio je 2022.god.
kontakt: milorad.milinic11@gmail.com

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 621.18
DOI: https://doi.org/10.24867/20AM06Dokic

PRINCIPI, ISKUSTVA, STATUS I PRAVCI RAZVOJA SEZONSKOG SKLADIŠTENJA TOPLOTE

PRINCIPLES, LESSONS LEARNED, STATUS AND DIRECTIONS OF THE DEVELOPMENT OF SEASONAL HEAT STORAGE

Mihajlo Dokić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – MAŠINSTVO

Kratak sadržaj – *U radu je prikazana uloga sezonskih skladišta toplotne energije, njihov istorijat razvoja sa osvrtom na trenutno stanje i na mogućnosti unapređenja. Definisane su važne stavke pri odabiru sezonskih skladišta toplote, a dat je pregled razvoja sistema daljinskog grejanja. Objašnjeni su principi rada osnovnih tipova sezonskih skladišta osetne toplote, uz primere iz prakse, načine za unapređenje i smernice za projektovanje i izgradnju. Ukratko su definisana termohemijska skladišta i skladišta latentne toplote. Dat je prikaz podataka tehno-ekonomske analize iz literature na osnovu koga su izvedeni zaključci.*

Ključne reči: *Sezonsko skladište, Sezonsko skladište toplotne energije*

Abstract – The paper presents the role of seasonal heat storage facilities, their history of development with an overview at their current state and the possibilities of improvement. Definition of important parameters for selection of this type of storage is given, with additional overview to the development of district heating systems. Working principles for basic types of seasonal heat storage for sensible heat were given, with examples form practice, ways to improve and guidelines for design and construction. Thermochemical storage and latent heat storage are briefly defined. Techno-economic analysis of literature is given and after that basic conclusions were drawn

Keywords: *Seasonal storage, Seasonal thermal storage*

1. UVOD

Kako se svet okreće ka obnovljivim izvorima energije i smanjenju emisija gasova staklene bašte, uprkos svim naporima, emisije gasova staklene bašte za sektor grejanja su se zanemarivo smanjile. Uzrok spore tranzicije ka dobijanju toplotne energije pomoću obnovljivih izvora jeste nepouzdanost obnovljivih izvora energije. Pomenuta nepouzdanost nastaje zbog promenljivih vremenski uslova koji diktiraju koliko energije se može dobiti iz obnovljivih izvora. Uloga sezonskih skladišta je da uskladište toplotnu energiju kada je ima više nego što je potrebno i da se ona iskoristi kada je to potrebno.

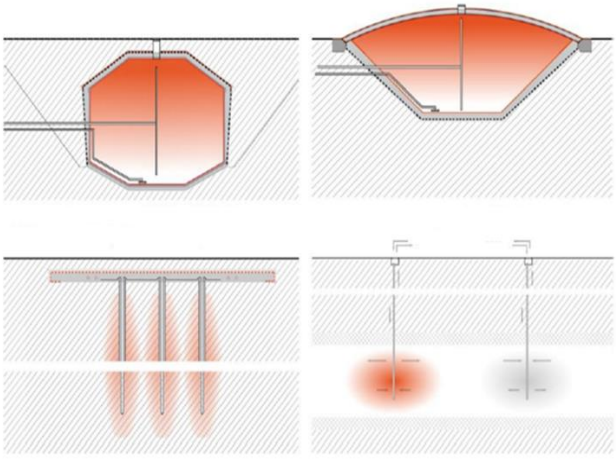
NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Borivoj Stepanov, vanr. prof.

Sam koncept sezonskih skladišta postoji već duži niz godina, čak od 1959, samo što je tek u poslednjih par godina dobio na popularnosti kako se teži ka smanjenu emisija gasova staklene bašte. Po podacima iz 2019. u tom trenutku u Evropi se nalazilo 39 različitih sistema sa sezonskim skladištima energije, gde su zemlje sa najvećim brojem ovakvih sistema Nemačka i Danska, a broj ovakvih sistema se povećava iz godine u godinu širom sveta [1].

2. TIPOVI SKLADIŠTA

Iz istraživanja na polju sezonskog skladištenja toplote su proistekla, četiri tipa skladišta (Slika 1). Za svako skladište, materijali i konstruktivni elementi treba da obezbede pravilno funkcionisanje u periodu od trideset do pedeset godina. Pomenute četiri tehnologije su:

- Skladište toplotne energije u rezervoaru – TTES (60 do 80 kWh/m^3).
- Skladište toplotne energije u jami – PTES (30 do 50 kWh/m^3).
- Skladište toplotne energije u bušotini – BTES (15 do 30 kWh/m^3).
- Skladište toplotne energije u akviferu – ATES (30 do 40 kWh/m^3) [2].



Slika 1. *Šematski prikaz četiri najznačajnija tipa sezonskih skladišta toplote [2]*

Četiri tipa skladišta koja su gore pomenuta spadaju pod domen skladišta osetne toplote, pored njih postoje skladišta latentne toplote kao i termohemijska skladišta, oba tipa će biti pomenuta i ukratko objašnjenja, ali fokus ovog rada je na skladištima osetne toplote.

2.1 Skladište toplotne energije u rezervoaru (TTES)

Ovi sistemi se uglavnom sastoje od podzemnih rezervoara od armiranog betona napunjenih vodom (Slika 1, gornji levi ugao), koji su spojeni na petlje za punjenje i pražnjenje. Ako ima dostupne toplotne energije za punjenje, ona se dovodi se u rezervoar. Potom se u periodu grejanja toplota odvodi iz rezervoara [2].

2.2 Skladište toplotne energije u jami (PTES)

Jamska skladišta toplotne energije su napravljena od veštačkog bazena ispunjenog akumulacionim materijalom i zatvorena sa poklopcem (Slika 1, gornji desni ugao). Obično nagnuti zidovi jame mogu biti toplotno izolovani i obloženi vodonepropusnom plastičnom folijom. Skladište se puni vodom i toplotno izolovani krov zatvara jamu. Krov može da pluta na vodi kao na skladištima u Danskoj ili može biti napravljen kao samonoseća konstrukcija. Još jedna od mogućnosti je da se skladište napuni sa šljunkom, zasiti sa vodom i da se u toj mešavini skladišti toplota. U ovom slučaju šljunak lako može da nosi težinu krova [2].

2.3 Skladište toplotne energije u bušotini (BTES)

U ovom tipu skladišta, toplota se skladišti direktno pod zemljom. U-cevi, koje se zovu i kanali, se ubacuju u vertikalne bušotine i na taj način se pravi veliki izmenjivač toplote (Slika 1, donji levi ugao). Dok voda teče kroz U-cevi toplota se može dovoditi u zemlju ili se odvoditi iz nje. Tokom procesa punjenja, smer strujanja je od centra ka granicama skladišta kako bi se održale visoke temperature u centru i niže temperature na granicama skladišta. Tokom procesa pražnjenja smer strujanja je obrnut. Zagrejana zapremina tla čini skladište. Gornja površina skladišta je toplotno izolovana [2].

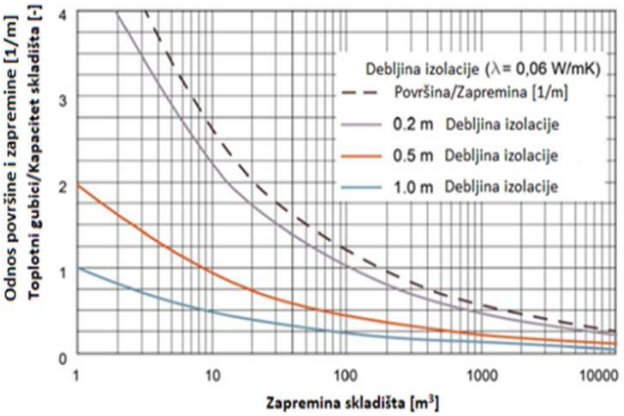
2.4 Skladište toplotne energije u akviferu (ATES)

Akvifer je prazan prostor pod zemljom unutar poroznih stena ili sedimenata i zasićen je podzemnom vodom Podzemna voda ulazi u akvifer tako što padavine prolaze kroz tlo.
Prirodno nastali, samoodrživi slojevi podzemne vode tzv. akvifer mogu da se koriste za skladištenje toplotne energije (Slika 1, donji desni ugao). Toplota se dovodi u skladište pomoću bunara i odvodi se tako što se promeni smer strujanja. Za vreme procesa punjenja hladna podzemna voda se odvodi iz hladnog bunara, zagreva se pomoću izvora toplote i ubrizgava se nazad u topli bunar. U procesu pražnjenja smer strujanja je suprotan, topla voda se odvodi iz toplog bunara, hladi se pomoću hladnjaka i ubrizgava se u hladni bunar. Zbog razlike u smeru strujanja fluida, oba rezervoara su opremljena pumpama i cevima za odvođenje i dovođenje vode [2].

3. VAŽNE STAVKE ZA ODABIR SISTEMA SEZONSKOG SKLADIŠTENJA TOPLOTNE ENERGIJE

3.1 Minimalna veličina skladišta

Da bi sezonsko skladište bilo tehnički i finansijski opravdano, potrebno je da ima optimalnu veličinu. Karakterističan parametar za odnos toplotnih gubitaka i količine uskladištene energije je odnos površine i zapremine (Slika 2) [2].



Slika 2. *Odnos toplotnih gubitaka i kapaciteta skladištenja u funkciji zapremine skladišta [2]*

3.2 Izgradnja pod zemljom

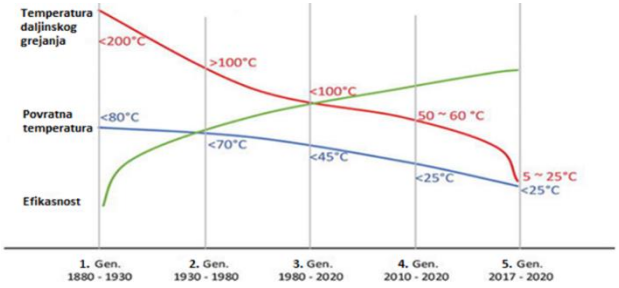
Sezonska skladišta toplotne energije se najčešće grade pod zemljom iz sledećih razloga:
-Velika skladišta su obično integrisana direktno u stambene oblasti.
-Zemlja predstavlja dodatnu izolaciju skladišta.
-U nekim slučajevima zemlja je medijum za skladištenje energije.
-Pritisak tla na spoljašnjoj površini skladišta pomaže da se kompenzuje pritiska vode unutar skladišta, što omogućava da zidovi skladišta mogu da budu tanji nego što bi bili kada bi se konstruisali na površini zemlje [2].

3.3 Integracija u sistem

Odlučujuće za optimalno funkcionisanje sistema je njegova pravilna integracija u konvencionalne sisteme grejanja i pažljiv dizajn sistema skladištenja kao i drugih komponenti za snabdevanje toplote: sistemi daljinskog grejanja, podstanice za razmenu toplote itd. [2].

4. GENERACIJE SISTEMA DALJINSKOG GREJANJA

Sezonska skladišta toplote su u bliskoj vezi sa sistemima daljinskog grejanja, iz tog razloga je bitno dati osvrt na generacije razvoja ovih sistema, njih ukupno pet (Slika 3). Prve dve generacije se neće pominjati jer se više ne koriste. Treća generacija predstavlja klasične sisteme grejanja koji u većini slučajeva koriste fosilna goriva i imaju duge rute za transport toplote što dovodi do velikih toplotnih gubitaka.
Sistemi daljinskog grejanja su se razvijali sa tendencijom smanjenja temperature snabdevanja, povećanja efikasnosti i uvođenja različitih izvora energije. Istraživanja su pokazala da su sistemi četvrte i pete generacije daljinskog grejanja zajedno sa skladištem toplotne energije izvodljiviji, efikasniji i jeftiniji od pojedinačnih rešenja u visoko urbanizovanim sredinama [3].



Slika 3. *Istorijski razvoj sistema daljinskog grejanja [3]*

5. PRIMERI DOBRE PRAKSE – SKLADIŠTA OSETNE TOPLOTE

Što se tiče primera dobre prakse pronađeno ih je dosta, kako komercijalnih projekata, tako i projekata u razvoju. Neki zanimljivi projekti koji se izdvajaju su:

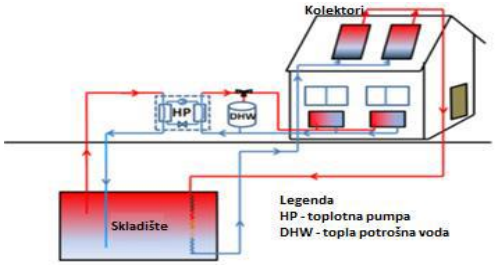
Sistem daljinskog grejanja u Dronninglund-u (Danska) gde se solarni paneli koriste kao izvori toplote za daljinsko grejanje uz rezervu u vidu kotlova na gas. Ovde je važno da se istakne cena samog sezonskog skladišta koja iznosi između 20 i 30 €/m^3 [4].

Zatim saradnja Holandije i Kine koja se odnosi na skladišta toplotne energije u akviferu. Problemi koji su postojali za akvifere na kineskom tržištu Holanđani su rešili, razvili su pomenute sisteme do te mere, da od 3.500 postojećih na svetu, čak 3.000 se nalazi u Holandiji. Tako da se samim rešenjem problema ostvarila saradnja između dve pomenute zemlje i skladišta toplote u akviferu se polako vraćaju na tržište Kine. Ovde je važno napomenuti da je koeficijent performansi (eng. COP - coefficient of performance) za režim grejanja 5, dok je za režim hlađenja u rasponu od 10 do 20, što čini ovi sisteme veoma efikasnim [5].

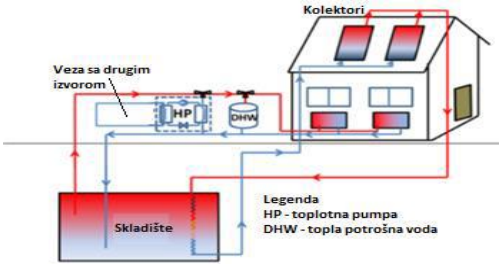
Još jedan dobar primer iz prakse se može pronaći u Kanadi u komuni Drake Landing. Tamo je napravljen sistem za skladištenje toplote u bušotini, pušten u rad 2007. i na njemu je vršen monitoring narednih 11 godina, sve do 2018. Ovde je zanimljiv podatak da se u prvih četiri godine rada, dok se skladište nije potpuno zagrejalo, udeo solarne energije kretao od 0,55 do 0,86, a zatim sve do kraja monitoringa, sistem je radio sa udelom solarne energije od 0,9 do 1 [6].

6. NAČINI UNAPREĐENJA SKLADIŠTA OSETNE TOPLOTE

Ključna tehnologija za unapređenje sezonskih skladišta toplotne energije jesu toplotne pumpe. Kako je solarna energija pretežno glavni izvor toplote za pomenute sisteme, ovde će se posmatrati interakcija između solarnih kolektora i toplotne pumpe. Postoje tri konfiguracije za ovu vrstu sistema: serijska, paralelna i serijsko-paralelna veza. U serijskoj konfiguraciji (Slika 4), solarni kolektor je izvor za toplotnu pumpu (samostalno ili uz dodatak nekog dodatnog izvora), i funkcionalnost toplotne pumpe zavisi od operacije solarnih kolektora. Solarni kolektor može direktno da služi kao izvor za toplotnu pumpu ili indirektno preko skladišta toplotne energije. Ova konfiguracija ima bolje performanse u pogledu COP-a u odnosu na paralelnu konfiguraciju. U slučaju paralelne konfiguracije (Slika 5), kolektori i toplotna pumpa rade nezavisno i ne postoji interakcija između njih. Solarni kolektori se pretežno koriste za toplu potrošnu vodu kao i za grejanje i skladištenje energije, a toplotna pumpa se koristi kao pomoćni sistem za grejanje. Međutim, u serijsko-paralelnim konfiguracijama, ako je temperatura dobijena od solarnih kolektora dovoljno visoka (npr. za grejanje ili toplu potrošnu vodu), ona se direktno koristi za te aplikacije. U suprotnom, solarni kolektor ili skladište toplote služe kao izvor toplote za toplotnu pumpu. Na osnovu toplote dobijene iz solarnih kolektora ili uskladištene toplote, mogu se uvesti različiti režimi rada u serijsko-paralelnoj konfiguraciji [7].



Slika 4. *Serijska veza solarnih kolektora i toplotne pumpe [7]*



Slika 5. *Paralelna veza između solarnih kolektora i toplotne pumpe [7]*

Gore pomenute konfiguracije se mogu primeniti za sva 4 tipa skladišta osetne toplote, pored toga unapređenje može da se izvrši kombinovanjem dva sistema sezonskog skladišta sa toplotnom pumpom, a postoji i način koji se odnosi na kombinaciju niskotemperaturskog sistema grejanja i niskotemperaturskog sezonskog skladišta. [7]

7. SMERNICE ZA PROJEKTOVANJE I IZGRADNJU – SKLADIŠTA OSETNE TOPLOTE

Što se tiče smernica njih zaista ima mnogo i svaki tip skladišta ima svoje specifične zahteve. Prvo i osnovno je da se ovde radi o sezonskom tipu skladišta, tako da materijali moraju da budu veoma izdržljivi jer moraju da traju nekoliko decenija u zavisnosti od tipa skladišta. Pretežno se koriste polimeri i čelik (najčešće nerđajući). Izolacija je veoma važna za ovaj tip skladišta jer od njenog izbora zavisi koliko toplote ostaje uskladišteno do perioda korišćenja. Važno je sprečiti prodiranje vode i pare u izolacioni sloj kako se ona ne bi oštetila. Što se tiče pojedinačnih tipova skladišta, kod jamskog tipa konstrukcija i projektovanje poklopca predstavljaju najveći problem, jer on treba dobro da se izoluje, obloži, da bude otporan na uslove u i van skladišta itd. Kod skladišta u bušotini je važan tip zemljišta, ako tip nije pogodan za ovakvu vrstu skladišta efikasnost će biti niska. Što se tiče rezervoarskog tipa tu je najvažnija izolacija i njena zaštita od proboja vode i pare, a što se tiče skladišta u akviferu to je najvažnije da akvifer ima veliku poroznost i mali protok podzemnih voda.

8. SKLADIŠTA LATENTNE TOPLOTE (LHS) I TERMOHEMIJSKA SKLADIŠTA (THS)

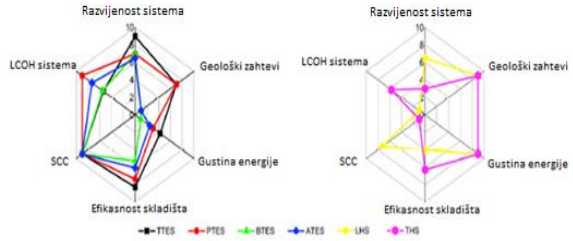
Materijali sa promenom faze koji se koriste za skladišta latentne toplote prolaze kroz proces promene faze apsorbujući i oslobađajući toplotu u obliku latentne toplote bez promene temperature. Temperatura promene faze ovih materijala se kreće u širokom opsegu i zato mogu da se koriste u raznim situacijama.

Hemijsko skladište se deli na skladište sa hemijskom reakcijom i sa termohemijskom sorpcijom. Princip na kom se zasniva hemijska reakcije jeste reverzibilna reakcija između dve supstance, A i B, sa endotermnom dekompozicijom i egzotermnim procesom sinteze. A i B se mogu skladištiti zasebno tako što se zatvara veza između njih dve prilikom skladištenja. S obzirom da je efekat osetne toplote ovde zanemariv u odnosu na toplotu reakcije, toplotni gubici su zanemarivi. U procesu adsorpcije, gas se vezuje za površinu čvrstog materijala bez pravljenja novog materijala, dok se novo jedinjenje formira u procesu apsorpcije [8].

9. TEHNO EKONOMSKI ASPEKTI

Jedan od ciljeva ove analize je bio da se uporede sistemi sezonskog skladištenja sa standardnim sistemima za grejanje, u ovom slučaju solarno grejanje i grejanje na prirodni gas. Jedino su skladišta u akviferu i u jami kompetetivni sa referentnim sistemima (sistemi solarnog grejanja i grejanje gasnim kotlom) [9].

Drugi cilj ove analize je bio da se međusobno uporede ključni parametri sistema sezonskog skladištenja kao što je prikazano na slici 6.



Slika 6. Poređenje sezonskih skladišta toplotne energije (SCC predstavlja cenu kapacitet skladišta, LCOH predstavlja troškove proizvodnje energije tokom životnog veka postrojenja) [9]

10. ZAKLJUČAK

Tehnologija sezonskog skladištenja toplotne energije predstavlja jednu od ključnih tehnologija za smanjenje emisija gasova staklene bašte. Broj projekata raste iz godinu u godinu, najviše se koriste skladišta osetne toplote jer su najrazvijenija, ali i druga dva tipa polako pronalaze svoje mesto na tržištu. Sezonska skladišta osetne toplote imaju visoku efikasnost kao što je pomenuto za Holandiju, a toplotne pumpe pomažu pri njihovom unapređenju i doprinose još većim efikasnostima i uštedama. Sva tri tipa skladišta mogu veoma dobro da koriste i otpadnu toplotu, kao rezervu ili kao glavni izvor toplote. Materijali za osetna skladišta su dostupni i dobro poznati. Materijali sa promenom faze su našli primenu u solarnim elektranama, dok su termohemijska skladišta u fazi razvoja. Samo neki od sistema su ekonomski konkurentni sa konvencionalnim sistemima grejanja, ali kako svest o ovim sistemima raste i kako se sve više usavršavaju, uskoro će većina njih biti konkurentna na tržištu.

11. LITERATURA

[1] Christoph Bott, Ingo Dressel, Peter Bayer: State-of-technology review of water-based closed seasonal thermal energy storage systems, Ingolstadt University of Applied Sciences, Institute of New Energy Systems (InES), Esplanade 10, 85049, Ingolstadt, Germany, https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.06.048

[2] Dirk Mangold, Laure Deschaintre: Seasonal thermal energy storage; Report on state of the art and necessary further R+D, 29.06.2015, Stuttgart, Germany, dostupno na http://task45.iea-shc.org/data/sites/1/publications/IEA_SHC_Task45_B_Report.pdf (datum pristupa 30.04.2022.)

[3] Khosravy Mostafa, (2021), Recent Progress in District Heating with Emphasis on Low-Temperature Systems. In (Ed.), Geothermal Energy. IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.94459

[4] Franz Mauthner, Martin Joly, IEA SHC Task 52: Solar Thermal and Energy Economy in Urban Environments Report C2 - Technology and Demonstrators, dostupno na: https://task52.iea-shc.org/publications (datum pristupa 05.08.2022.)

[5] Daisy Chi, Netherlands and China co-operate on Aquifer Thermal Energy Storage for heating and cooling, dostupno na: https://energypost.eu/netherlands-and-china-co-operate-on-aquifer-thermal-energy-storage-for-heating-and-cooling/ (datum pristupa 09.08.2022.)

[6] Bill Wong, Lucio Mesquita, CanmetENERGY/Natural Resources Canada, Ottawa (Canada), SWC 2019, DRAKE LANDING SOLAR COMMUNITY: FINANCIAL SUMMARY AND LESSONS LEARNED, https://doi.org/10.18086/swc.2019.11.03.

[7] Arefeh Hesaraki, Sture Holmberg, Fariborz Haghighat, Seasonal thermal energy storage with heat pumps and low temperatures in building projects—A comparative review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 43, 2015, Pages 1199-1213, ISSN 1364-0321, https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.12.002.

[8] J. Xu, R.Z. Wang, Y. Li, A review of available technologies for seasonal thermal energy storage, Solar Energy, Volume 103, 2014, Pages 610-638, ISSN 0038-092X, https://doi.org/10.1016/j.solener.2013.06.006.

[9] Tianrun Yang, Wen Liu, Gert Jan Kramer, Qie Sun, Seasonal thermal energy storage: A techno-economic literature review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 139, 2021, 110732, ISSN 1364-0321, https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110732.

Kratka biografija



Mihajlo Dokić, rođen u Novom Sadu, 1998. godine. Osnovne studije na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, Mašinstvo - Energetika i procesna tehnika, završio je 2021. godine, nakon čega je upisao master.

Email: mihajlodokic@live.com

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 621.38.049.77
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE01Varga

PROJEKTOVANJE TAKTOVANIH CMOS KOMPARATORA

DESIGN OF CMOS CLOCKED COMPARATORS

Maćaš Varga, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – *U ovom radu je opisano projektovanje taktovanih komparatora pomoću tri često korišćene topologije. Prikazani su najvažniji parametri koji određuju kvalitet kola. Rezultati simulacija kola na nivou lejauta sa ekstrahovanim parazitima su upoređeni sa drugim radovima.*

Ključne reči: *Komparatori, kašnjenje, CMOS tehnologija, projektovanje analognih integrisanih kola.*

Abstract – *With the help of three commonly used topologies, this paper describes the design of clocked comparators. Most important parameters that define the quality of circuit, are presented. The post-layout simulation results are compared to other relevant papers.*

Keywords: *Comparators, delay, CMOS technology, design of analog integrated circuits.*

1. UVOD

Obrađivanje podataka koji dolaze od senzorskih uređaja zahteva dobru ravnotežu između analogne i digitalne oblasti. Zbog toga su CMOS (engl. *Complementary Metal Oxide Semiconductor*) komparatori vrlo bitni u integrisanim kolima.

Komparatori odlučuju da li su neki signali veći ili manji od neke referentne vrednosti ili upoređuju dva signala međusobno. Prema tome, oni se najčešće koriste u kolima za pretvaranje analognih signala u digitalne signale, u kolima za prenos podataka ili prekidačkim regulatorima [1]. Pošto broj komparatora korišćenih u integrisanom kolu može biti velik, bitno je da potrošnja i površina bude što manja, prekidačke sposobnosti što brže i ofset napon dovoljno mali u odnosu na ulazni signal. Ponekad se parametri popravljaju korišćenjem pretpojačavača ili kompenzacijom. Neprekidni (kontinualni) komparatori najčešće imaju pojačavač ispred kola za odlučivanje, dok kod dinamičkih komparatora na izlazu se nalaze statički lečevi za čuvanje odluka [2].

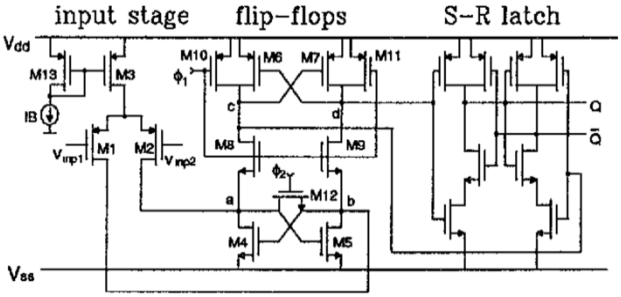
Cilj ovog rada je prikaz postupka projektovanja dinamičkih CMOS komparatora i rešavanja problema u toku istog. Korišćena je tehnologija TSMC 180nm. U radu su prikazane električne šeme i fizičke realizacije (lejauti) tri često korišćenih topologija koje su projektovane, kao i rezultati simulacija kola na nivou lejauta sa ekstrahovanim parazitima. Na kraju rada su svi rezultati upoređeni sa drugim relevantnim radovima dostupnim u literaturi.

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Jelena Radić, vanr. prof.

2. PROJEKTOVANJE KOMPARATORA

2.1. *Yin* komparator

Na slici 1. može se videti *Yin* komparator. Deo kola koji donosi odluke, koji je u stvari dvostruki leč, se sastoji od jednog PMOS (M6 i M7) i jednog NMOS flipflop-a (M4 i M5). Osim toga, tu se nalaze i NMOS transmisiona kola (M8 i M9) za razdvajanje dva flipflop-a i jedan prekidač (M12) za balansiranje napona dve grane leča posle svake faze odlučivanja. Spajanje dve grane pomaže da se u sledećem koraku garantuje isto početno stanje u granama, kako ne bi došlo do neusklađenosti, koja može dovesti do pogrešne odluke komparatora. Tu se nalaze i prekidači paralelno sa tranzistorima PMOS flipflop-a (M10 i M11), koji služe da podignu potencijal izlaznih signala na nivo napajanja glavnog leča pre faze odlučivanja, i time garantuju bržu odluku i manju verovatnoću efekta neusklađenosti. Svi prekidači su kontrolisani signalom takta, koji kontroliše prelaz između faze odlučivanja i faze resetovanja.



Slika 1. *Električna šema Yin komparatora [3]*

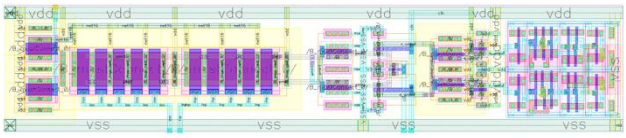
Kolo je u fazi reseta kada je taktni signal nizak; tada je NMOS prekidač za balansiranje aktivan i izjednačava napone na izlazu NMOS flipflop-a, postavljajući ih na potencijal proporcionalan razlici napona ulaznih signala. Ovaj napon će predstavljati naponsko odstupanje u sledećoj fazi odlučivanja. U međuvremenu, PMOS prekidači su zatvoreni i drže PMOS flipflop isključen i izlaz leča na naponskom nivou napajanja.

Kada se prelazi u fazu odlučivanja, tj. signal takta postaje visok, svi prekidači se otvaraju, a transmisione kapije se zatvaraju i povezuju dva flipflop-a. U prvom delu faze, dolazi do postepenog pražnjenja kapacitivnosti u tačkama a i b, dok ulazni stepen održava naponski nivo. Kada se prekidač za balansiranje potpuno isključi, NMOS flipflop se uključuje i stvara prvu pozitivnu povratnu spregu, koja će pojačati postojeću razliku između brzine pražnjenja kapacitivnosti, jer u zavisnosti od razlike ulaznih signala, jedna grana će se uvek prazniti malo brže. Posle određenog vremena, kada se kapacitivnost tačaka S i R

isprazne dovoljno da i PMOS flipflop započne sa radom, dolazi do formiranja druge pozitivne povratne sprege, i tako se još brže dolazi do odluke. Ta odluka se čuva u leču do sledeće faze.

Bitno je prepoznati uticaje svih tranzistora na parametre kola. Veličine prekidačkih elemenata nisu od velikog značaja, jer je samo bitno da prekidači budu što brži i na ostale parametre ne utiču značajno. Prema tome, oni treba da budu što manji, tako smanjujući dodatne parazitne kapacitivnosti, povećavajući brzinu, ali i smanjujući uticaj na potrošnju i zauzetu površinu. Ulazni tranzistori i NMOS tranzistori leč kola su dominantno odgovorni za pojačanje, brzinu i ulazni naponski ofset, pa će se prema tome balansiranje vršiti zavisno od navedena tri parametra. Ovaj deo kola je najkritičniji, jer se tu dešava najveće pojačanje. PMOS leč kolo takođe utiče na parametre kola, ali ne u tako velikoj razmeri, jer se PMOS tranzistori leč kola aktiviraju tek kada je NMOS leč aktivan neko vreme, i doneo preliminarnu odluku. Ulazni tranzistori više utiču na ofset napon, dok leč na brzinu rada kola.

Na slici 2 prikazan je lejaut *Yin* komparatora. Pre početka crtanja bitno je prepoznati najkritičnije tačke u kolu. To su ulazni signali, *a* i *b*, i nebaferovani izlazni signali. Naročitu pažnju treba obratiti signalima *a* i *b*, jer se tu dešava najveći deo pojačanja, pa prema tome bilo koji ofset ili šum što se javi u ovim delovima kola se pojačava i ima drastične uticaje na performanse kola. Zbog toga ulazni tranzistori treba da se postavi tako da imaju što manje signala u blizini.



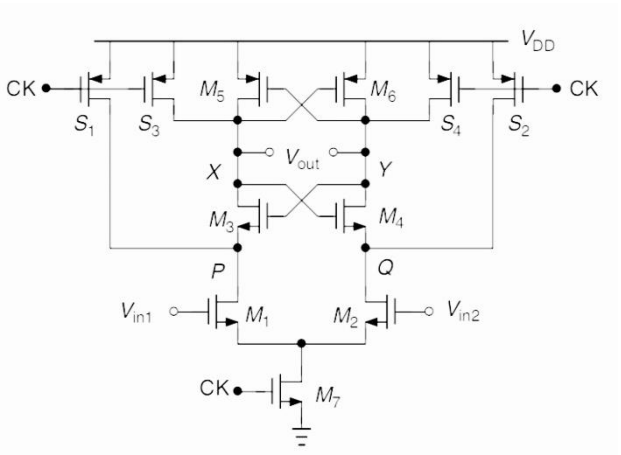
Slika 2. *Lejaut Yin komparatora*

2.2. *Strong-ARM* komparator

Kao što se može videti na slici 3, ova topologija se sastoji od diferencijalnog ulaza (M1 i M2) čiji rad se prekida pomoću tranzistora M7, unakrsno povezana dva NMOS (M3 i M4) i dva PMOS tranzistora (M5 i M6) koji formiraju leč i četiri prekidača (S1-S4) koji služe da podignu nivo napona u tačkama X, Y, P i Q.
U prvoj fazi, signal takta je nizak, ulazni tranzistori su isključeni, dok su prekidači zatvoreni kako bi postavili kolo u početno stanje, tj. izlazi da budu podignuti na nivo napajanja.

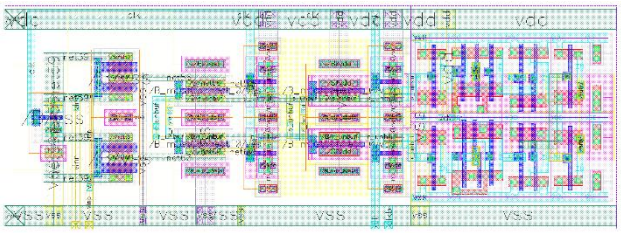
U sledećoj fazi, signal takta se menja u visoko stanje, PMOS prekidači se prekidaju, a ulazni tranzistori počinju sa radom. Količina struje preko ulaznih tranzistora je proporcionalna razlici ulaznih napona. Leč kola su neaktivna u početku. Međutim, kako vrednost napona V_P i V_Q opada, NMOS tranzistori počinju sa radom i tako dodatna struja stoji na raspolaganju ulaznim tranzistorima. Naponsko pojačanje je najveće u početku ove faze i polako opada kako se ostatak kola aktivira.

U poslednjoj fazi napon u tačkama V_X i V_Y opada dok se tranzistori M5 i M6 ne aktiviraju. Za to je potrebno da vrednost napon u tim tačkama bude manja od $VDD\text{-}V_{THP}$. Kada su svi tranzistori leča aktivni, formira se pozitivna povratna sprega, koja će podići jednu tačku izlaza na nivo napona napajanja, dok će drugu tačku spustiti na nivo uzemljenja, tako završavajući poređenje signala.
Ulazni tranzistori vrše prvi stepen pojačanja, pa će prema tome biti najširi, što će smanjiti njihov uticaj na ofset napon. U istom trenutku to će malo smanjiti i brzinu rada kola. Međutim, to će se kompenzovati dimenzionisanjem sledećih tranzistora. Pošto NMOS tranzistori leča počinju pojačavačku fazu, oni treba da imaju veću širinu kanala,a posle njih PMOS tranzistori leča. Dimenzionisanje ove topologije je vrlo jednostavno jer se različiti delovi kola mogu vrlo lako uočiti, kao i njihovi uticaji. Generalno, dužine kanala svih tranzistora se drže približno na minimalnoj vrednosti, kako bi se obezbedila što manja kapacitivnost i time što veća brzina rada, osim onih komponenti koje značajno utiču na ofset napon. Širina ulaznih tranzistora igra kritičnu ulogu u definisanju pojačanja i šuma, pa prema tome treba voditi računa da se nađe optimalna vrednost za dostizanje željenih performansi.



Slika 3. *Električna šema strong-ARM komparatora [4]*

Slično lejautu prethodne topologije, i ovde treba voditi računa o postavljanju tranzistora. Treba težiti tome da tok glavnih signala bude što jednostavniji, a diferencijalni signali da budu simetrični koliko god mogu biti kako se ofset napon ne bi pogoršao. Lejaut *strong-ARM* komparatora je prikazan na slici 4.



Slika 4. *Lejaut strong-ARM komparatora*

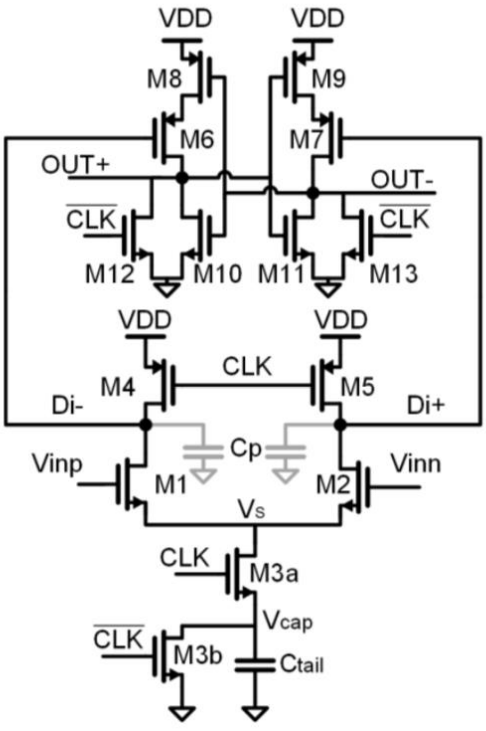
2.3. Komparator sa dinamičkim napajanjem

Topologija komparatora sa dinamičkim napajanjem je projektovana tako da poboljša neke performanse najčešće korišćenih topologija. Naime, ova topologija obezbeđuje bolju izolaciju ulaznih tranzistora od uticaja leč kola na izlazu, povećava opseg napona na izlazu i tako smanjuje potreban napon napajanja. Ovaj komparator koristi tehniku smanjivanja potrošnje, kako bi smanjio energiju potrebnu za upoređivanje ulaznih vrednosti. Pojednostavljena električna šema je prikazana na slici 5.

Komparator sa dinamičkim napajanjem je sačinjen od pretpojačavača i izlaznog leč kola, ali pretpojačavač je kontrolisan pomoću prekidačkog kola. Prekidačko kolo se sastoji od dva prekidača (M3a i M3b) i jednog kondenzatora (*Ctail*). Glavni nedostatak prethodne verzije ove topologije je to što je potrošnja zavisna od parazitnih kapacitivnosti na izlazu pretpojačavača, koje treba da se pune i prazne u fazi odluke. To je izbegnuto tako što se dodaje veći kondenzator u pretpojačavačko kolo, *Cp*, koji kontroliše količinu energije koja može da se potroši u svakoj fazi poređenja [11].

U fazi reseta PMOS tranzistori (M4 i M5) u pretpojačavačkom kolu postavljaju izlaz pretpojačavača na nivo napajanja, dok NMOS tranzistori (M12 i M13) resetuju leč kolo na nivo uzemljenja. U međuvremenu se prazni kondenzator *Cp* preko paralelnog prekidača (M3b) u pretpojačavačkom kolu.

Tokom faze poređenja, paralelni prekidač se otvara, dok se redni prekidač (M3a) zatvara, i tako se parazitne kapacitivnosti na drejnovima ulaznih tranzistora (M1 i M2) prazne, a kondenzator *Cp* se puni. Ovaj korak povećava napon V_{cap} i tako se dinamički napajaju ulazni tranzistori, jer se V_S smanjuje. Sa ovom tehnikom se obezbeđuje skoro upola manja potrošnja ako se poredi sa topologijom bez dodatog kondenzatora i prekidača. Razlika u ulaznim naponima znači da će se parazitna kapacitivnost jedne grane brže isprazniti. Međutim, na kraju faze poređenja se očekuje da obe grane budu ispražnjene.

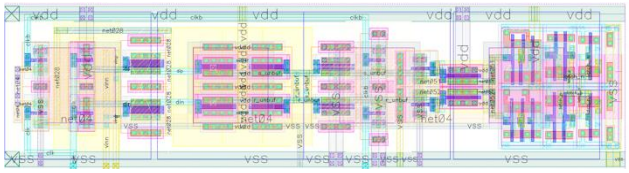


Slika 5. *Isti primer slike sa manjim dimenzijama [5]*

Projektovanje ove topologije se vrši slično prethodnim topologijama, sa malo većom kompleksnosti zahvaljujući činjenici da ima više tranzistora koji igraju funkcionalnu ulogu, a ne samo prekidačku. Takođe se pojavljuju kondenzatori u topologiji, što treba usaglasati. Svakako se prvo postavljaju dužine i širine kanala prekidača na minimalne vrednosti kako ne bi smanjivali brzinu kola. Dužine kanala svih ostalih tranzistora se takođe postavljaju na minimalnu vrednost, osim ulaznih tranzistora. Ulazni tranzistori treba da se dimenzionišu tako da budu dovoljno brzi, ali treba da obezbede i dovoljno pojačanje u kolu i međusobna usklašenost da im bude veća. Što su veći tranzistori, to im je usklašenost bolja, a brzina niža. Sličan princip važi i za ostale funkcionalne tranzistore. U leču je potrebno dimenzionisati tranzistore (dovoljno velike vrednosti) tako da im se postave pragovi prekidanja u željenu tačku, ali treba obratiti pažnju opet i na brzinu rada kola. Parazitne kapacitivnosti igraju vrlo kritičnu ulogu.

Kondenzator koji je dodat kako bi se uštedela potrošnja struje treba da bude srednje vrednosti. Mali kondenzator ne bi bio dovoljan da ispuni očekivanja, dok preveliki kondenzator bi usporio kolo. U ovom radu se došlo do zaključka da se radi o kondenzatoru vrednosti nekoliko fF.

I ovde treba voditi računa o postavljanju tranzistora. Treba težiti tome da tok glavnih signala bude što jednostavniji, a diferencijalni signali da budu simetrični koliko je god moguće, kako se ofset napon ne bi pogoršao.



Slika 6. *Isti primer slike sa manjim dimenzijama*

3. DISKUSIJA REZULTATA

Rezultati prikazani u tabeli 1 su dobijeni simulacijom lejauta kola posle ekstrahovanja parazitnih kapacitivnosti i otpornosti. Takođe, u tabeli su dodati rezultati objavljeni u nekoliko radova kako bi se pokazala relevantnost rezultata postignutih u ovom radu u odnosu na dostupnu literaturu.

Nažalost, simulacija šuma nije trivijalan zadatak i zato se retko prikazuje u literaturi, dok je površina vrlo subjektivan parametar, jer zavisi od dodatnih zahteva primene. Prema tome, samo će se uporediti šum i površina topologija projektovanih u ovom radu. Prosečna vrednost šuma projektovanih topologija je približno iste vrednosti, osim *Yin* komparatora, čiji šum je tri puta veće od šuma ostalih topologija.

Posmatrajući tabelu 1, može se uočiti da je maksimalno kašnjenje projektovanih topologija u stvari dosta manje od vrednosti postignutih u drugim radovima (osim u [7]). To se može pripisati činjenici da je u ovom radu kašnjenje definisao kao najvažniji parametar, pa je svaka topologija projektovana da kašnjenje bude približno 1 ns. To je naravno uticalo na ofset napon svakog kola.

Vrednosti ofset napona kola u ovom radu ne zaostaju previše u odnosu na neke radove. U realnim promenama se u stvari trudi da se ofset napon još više smanji. Međutim, da bi se to postiglo, potrebno je koristiti tehnike poništavanja napona ofseta, čime se projektovanje drastično otežava.

Vrednosti potrošnje poređenih topologija su vrlo različite. Topologije projektovane u ovom radu se dosta dobro rangiraju. Interesantno je napomenuti da je *Yin*

komparator najveći potrošač među projektovanim topologijama. To je zbog toga što pojačavački stepen koristi dosta energije u prvoj fazi rada. To je najverovatnije jedna od najvećih mana pomenute topologije. Kao što je i očekivano, *Strong-ARM* komparator ima najmanju statičku potrošnju, jer ima samo jedan stepen, koji se potpuno isključuje kada se ne vrši komparacija.

Ako se pogledaju površine pojedinih topologija, može se videti da je *Strong-ARM* najmanja od svih. To je zbog toga što je topologija vrlo jednostavna i kompaktna. Tu treba posebno istaći komparator sa dinamičkim napajanjem, koji jedini sadrži kondenzatore. Iako su kondenzatori MIM (engl. *metal-insulator-metal*) tipa, oni ipak sprečavaju rutiranje u tim metalnim nivoima, što može prouzrokovati komplikacije. *Yin* komparator je očekivano najveći, zbog ulaznog stepena, kao i dodatnog strujnog ogledala.

Tabela 1. *Rezultati simulacija u odnosu na rezultate drugih radova*

Referenca	*Maks. kašnjenje [ns]*	*Ofset napon [mV]*	*Prosečan šum [mVrms]*	*Snaga [μW]*
[6]	7,4	8,5	-	12
[7]	0,87	-	-	269,9
[8]	-	2	-	230
[9]	3,5	0,9	-	8,85
Yin komp.	1	2	1,74	66,866
Strong-ARM topologija	1,13	<<1	0,415	5,598
Topologija sa dinamičkim napajanjem	1,119	2,25	0,524	7,538

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu su detaljno opisani važnost komparatora u savremenim uređajima i tok projektovanja izabranih komparatora. Navedeni su problemi koji treba da se reše. Prikazani su koraci pri donošenju kompromisa i odlučivanju o veličini pojedinih tranzistora. Bitno je voditi računa o tome koji tranzistori utiču na koje parametre i da li smanjuju ili povećavaju pojedine vrednosti. Opisani su tok crtanja (projektovanja) lejauta, detalji na koje treba obratiti pažnju i njihov uticaj na rezultate simulacija posle estrahovanja parazitnih kapacitivnosti. Potrebno je naglasiti da se krajnji rezultati simulacija razlikuju vrlo malo od simulacija kola na nivou električne šeme (nisu prikazani u ovom radu zbog uštede prostora), što se može i očekivati posle vrlo pažljivog planiranja lejauta.

Rad je imao više ciljeva, ali pre svega da prikaže značaj taktovanih komparatora. Projektovane su tri različite topologije komparatora tako da imaju približno ista kašnjenja, da bi se ostali parametri mogli lakše uporediti. Može se uočiti da *Yin* komparator ima dosta veću potrošnju i zauzetu površinu naspram drugih topologija.

Budući koraci bi bili poboljšanje napona ofseta pojedinih topologija pomoću različitih tehnika za poništavanje ovog parametra, koje su prilično složene.

5. LITERATURA

[1] D. Johns, K. Martin, *Analog integrated circuit design*, USA, 1997.

[2] B. Goll, H. Zimmermann, *Comparators in Nanometer CMOS Technology*, Austria, 2015.

[3] G. M. Yin, F. Op't Eynde, and W. Sansen, *A High-speed CMOS Comparator with 8-b Resolution*, IEEE Journal of Solid-State Circuits. VOL. 27 , no. 2, 1992.

[4] Behzad Razavi, *The StrongARM Latch*, IEEE Journal of Solid-State Circuits, 25 June 2015.

[5] S. Bindra, C. E. Lokin, A. Annema, B. Nauta, *A 30fJ/comparison Dynamic Bias comparator*, Integrated Circuit Design, 2017.

[6] A. Sathishkumar, S. Saravanan, *Analysis and Design of Low Power High Speed Dynamic Latch Comparator using CMOS Process*, International Journal of Scientific & Engineering Research, vol. 5, pp. 2229-5518, May 2014.

[7] B. S. Patro, S. Biswas, I. Roy, B. Vandana , *1 GHz High Sensitivity Differential Current Comparator for High Speed ADC*, Journal of Digital Integrated Circuits in Electrical Devices, vol. 2, no. 1, 2017.

[8] Khorami and M. Sharifkhani, *A Low-Power High-Speed Comparator for Precise Applications*, IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems, vol. 26, pp. 2038–2049, 2018.

[9] N. Ghaziani, S. Radfar, Y. Bastan, P. Amiri and M. H. Maghami, *A Low-Power Low-Voltage Dynamic Comparator in 180nm CMOS Technology*, 2020 28th Iranian Conference on Electrical Engineering (ICEE), 2020.

Kratka biografija:



Maćaš Varga rođen je u Senti 1992. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva odbranio je 2022. godine. kontakt: thetamsay@gmail.com

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 004.42:004.738.12
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE05Matkovic

АУТОМАТСКА ЕКСТРАКЦИЈА ИНФОРМАЦИЈА ИЗ ОДЛУКА НОВОЗЕЛАНДСКИХ СУДОВА

AUTOMATIC EXTRACTION OF INFORMATION FROM NEW ZEALAND COURT DECISIONS

Јелена Матковић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Кратак садржај – *У раду је извршена екстракција метаподатака новозеландских судских одлука коришћењем техника обраде природног језика. Предложене су методе машинског и дубоког учења у циљу проналажења прописа релевантних за доношење одлука и извршено поређење добијених резултата. Помоћу екстрахованих референци, пронађени су прецеденти и документи који су последица поступака по правном леку на основу којих су оформљене групе повезаних докумената.*

Кључне речи: *судске одлуке, екстракција података, обрада природног језика, неуронске мреже*

Abstract – *This paper proposes using Natural Language Processing technics for metadata extraction from New Zealand's court decisions. Machine Learning and Deep Learning methods are proposed for obtaining legislations relevant for making these decisions and the quality of obtained results is evaluated. Using extracted references, precedents and subsequent decisions are retrieved and groups of linked legal documents are formed.*

Keywords: *court decisions, data extraction, NLP, neural networks*

1. УВОД

Правосуђе представља сложени систем са судовима организованим на више нивоа надлежности. Количина судских одлука, које представљају исходе судских поступака, свакодневно се увећава.

Анализа донетих одлука је од великог значаја за правну струку, како у правним системима заснованим на англосаксонском праву тако и у правним системима заснованим на континенталном праву. Праћење изречених пресуда од стране судија је предуслов за уједначавање судске праксе, што истовремено захтева упознавање стручне јавности са садржином бројних судских одлука.

Екстракцијом података из правних аката олакшава се проналажење конкретних докумената на основу задатих критеријума. За судске одлуке су од значаја подаци о самом предмету, као што су подаци о странкама, судијама и идентификационим бројевима судског предмета, али и подаци о одлуци као што су датум доношења, референце на примењене прописе и прецеденте и референце на првостепене пресуде у случају поступака по жалби. Постојање ових података у машински читљивом облику би омогућило повезивање судских одлука са другим судским одлукама и прописима релевантним за њихово доношење. Таквом мрежом докумената би се могло унапредити претраживање база судске праксе и проналажење сродних правних аката.

Да би се уз помоћ рачунара подржала анализа правних аката важну улогу имају формат и структура ових докумената. У судским одлукама се користи природан језик, уз поштовање прописа који се односе на ову врсту аката. Осим разлика у погледу околности из судских предмета за које су донете, судске одлуке се могу разликовати и по стилу писања. Тако се у садржини ових аката могу јавити неконзистентности које отежавају њихову аутоматску обраду.

Предмет истраживања овог мастер рада је подршка проналажењу међусобно повезаних законодавних и судских аката који се односе на сродно правно питање. На овај начин би се допринело лакшем прегледању судске праксе како у смислу идентификације примењених прописа и прецедената, тако и праћењу исхода поступака по правним лековима. За решавање овог проблема изабрана је метода обраде природног језика како би се омогућила екстракција података из судских одлука и како би се на основу тих података установиле везе између правних аката. Фокус истраживања је на обради одлука новозеландских судова.

У наредном одељку дат је кратак преглед истраживања која се баве сличним проблемом. Трећи одељак објашњава метод примењен у овом истраживању. Четврти одељак садржи кратак преглед и анализу остварених резултата. Последње поглавље доноси закључак и разматра предности и мане имплементираног решења, уз навођење смерница за његово побољшање.

2. СРОДНА ИСТРАЖИВАЊА

У овом одељку је дат кратак преглед истраживања која се баве проблемом екстракције података из правних аката, односно техникама за обраду природног језика у правним документима.

У [1] аутори су представили систем под називом *History Assistant* који екстрахује информације из суд-

---

НАПОМЕНА:
Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Марко Марковић, доцент.

ских пресуда, па на основу ових информација проналази сродне, раније донете пресуде. Систем комбинује екстракцију информација, машинско учење и проналажење информација. Обрада природног језика је постигнута са четири нивоа обраде: (1) обрадом стрингова се врши растављање текста на реченице, (2) синтаксном обрадом се групишу делови реченице према њиховој функцији у реченици, (3) семантичком обрадом се екстрахују значења делова реченица и (4) прагматичком обрадом се допуњују непотпуне информације и разрешавају двосмислености. Евалуација система је извршена над 676 случајева и постигнута је прецизност (енг. *precision*) од 54% и одзив (енг. *recall*) od 78%. Системом је подржана једино обрада пресуда америчког правосуђа.

У [2] аутори примећују да се правни акти најчешће објављују у форматима погодним за приказивање и штампање докумената. Ради ефикаснијег коришћења ових података предложен је систем за екстракцију метаподатака који омогућава брже претраживање и филтрирање колекције правних аката. Систем омогућава приступ португалским одлукама у правним поступцима. Из изворних докумената, који су у PDF формату, преузимају се блокови текста и повезују према њиховој позицији на страници. Парсирање текста се врши помоћу скупа правила прилагођених прописаној структури ових правних аката. Правила су базирана на логичким и позиционим односима између делова текста унутар документа. Аутори истичу да би услед недоследности у структури правних аката предложен систем требало унапредити механизмима машинског учења.

Аутори у [3] предлажу метод за детектовање и разрешавање референци у правним актима ЕУ и државама чланицама. Развијен је систем који на бази овог модела утврђује цитиране прописе у холандским правним актима. Систем је предвиђен за потпуно аутоматизовану обраду скупова докумената и не укључује интеракцију са корисником. Тестирање је извршено над пресудама из холандских судова различитих надлежности (по две пресуде из сваког суда) и добијена је прецизност од 98% и одзив од 94%.

Алат *Eyecite* [4] омогућава аутоматско проналажење цитата прецедената у судским одлукама. Прилагођен је препознавању цитираних одлука у америчким пресудама. Алат је написан у програмском језику Python и базиран је на колекцији регуларних израза. Поред алата *Eyecite*, аутори нуде и алате за претпроцесирање којима се отклањају евентуалне грешке у улазним документима. Ипак, овај алат омогућава једино обраду правосудних докумената у САД и није тестиран на пресудама других судова.

У [5] аутори су представили метод којим се из правних аката врши екстракција информација о реферисаним нормативним актима. Метод је прилагођен референцама у италијанском правосуђу. Подржана је екстракција референци које се односе на делове текста унутар истог правног акта и референци које се односе на делове других правних аката. Метод је евалуиран над 1641 документа и постигао тачност од 93,6%.

3. МЕТОДОЛОГИЈА

У овом одељку је објашњен метод за екстракцију информација из одлука новозеландских судова и детекцију веза између ових аката са законима и другим судским одлукама.

3.1. Преузимање и припрема података

Текстови судских одлука су преузети са портала *NZLII* [6] на којем највећи број објављених докумената потиче из следећих правосудних органа: Апелациони суд (*Court of Appeal*), Високи суд (*High Court*) и Окружни суд (*District Court*). С обзиром на то да се сви документи који потичу из три претходно наведена суда могу преузети у PDF формату, они су преузети са сајта у том формату, а затим даље обрађивани учитавањем и парсирањем докумената. Укупан број преузетих докумената износи: 27293 за Високи суд, 3592 за Окружни суд и 6084 за Апелациони суд.

Документи судских одлука на самом почетку садрже податке о судским предметима на које се односе. Анализом скупа података примећено је да су ти подаци у саставу прве две странице документа. Ови подаци обухватају: датум саслушања, датум доношења одлуке, имена учесника у процесу, идентификациони број судског предмета, идентификациону ознаку у виду неутралног цитата и име једног или више судија.

За издвајање текста из PDF докумената искоришћена је техника оптичког читања карактера (*Optical character recognition - OCR*) уз помоћ које добијени текст остаје доследан распореду одговарајућих текстуалних објеката унутар страница изворних докумената чиме је очувана структура докумената.

Закони су преузети са званичног новозеландског сајта [7] где се могу претражити по абецедном реду или по години објављивања. Текстови закона су преузети у HTML формату и у њима су садржане ознаке чланова, као и назнаке када су одређени делови закона мењани и на који начин, тј. да ли су измењени, додати, премештени или уклоњени. Укупан број преузетих закона износи 1808.

3.2. Екстракција података

За екстракцију метаподатака из докумената употребљени су регуларни изрази због препознатљивог формата ових података и њиховог карактеристичног распореда у документима. Судске одлуке могу садржати идентификационе ознаке судског предмета на који се односе и/или тзв. неутралне цитате. Поред тога ови документи могу да садрже референце ка другим правним актима. Ове референце се односе на прецеденте или законе, као и на ожалбене судске одлуке које се преиспитују у поступку по правном леку. Судске одлуке су цитиране употребом идентификационе ознаке судског предмета или употребом идентификатора у виду неутралног цитата. Како се обе врсте цитата користе и за цитирање прецедената и за цитирање ожалбених одлука отежано је одређивање врсте цитата само на основу његове структуре. Због тога су за анализу цитата упоређују имена странака у

документима. Уколико се пронађе апсолутно поклапање барем једног учесника и са једне и са друге стране, односно у одлуци у којој је пронађена референца и референцираној одлуци, сматра се да се ради о ожалбеној одлуци и одлуци по правном леку.

За екстракцију назива закона релевантних за доношење неке одлуке је искоришћена чињеница да новозеландски закони на крају свог назива најчешће садрже реч '*Act*', као и да се записују великим почетним словима.

Из тог разлога је приликом преузимања текстова закона са званичног новозеландског сајта, формирана листа назива свих закона, па су регуларним изразима издвајани делови реченица који садрже реч '*Act*' којој претходи барем једна реч великог почетног слова. На овај начин добијају се издвојени делови реченица након чега се врши упоређивање са листом назива свих закона и у случају подударања, препознат закон се сматра релевантним за доношење одлуке.

Ипак известан број докумената не садржи ниједно помињање неког прописа. Одређивање потенцијално применљивих закона на правна питања садржана у текстовима одлука реализовано је одређивањем сличности текстова докумената и класификацијом докумената. За одређивање сличности докумената је примењено косинусно растојање и сијамска неуронска мрежа [8]. За класификацију докумената употребљене су неуронска мрежа (*NN*) [9], конволутивна неуронска мрежа (*CNN*) [10] и метод подржавајућих вектора (*SVM*) [11].

3. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

У овом одељку су приказани и дискутовани резултати екстракције података из укупно 36969 преузетих судских одлука.

Табела 1 приказује за сваки од три анализирана новозеландска суда колики је проценат докумената из којих су успешно екстраховане вредности атрибута.

Табела 1 – Проценат докумената из којих су екстраховани атрибути

Атрибут	Високи суд	Окружни суд	Апелациони суд
Назив документа	100%	100%	100%
Неутрални цитат	100%	100%	100%
Идентиф. ознака	99,35%	37,24%	99,22%
Седиште суда	97,51%	97,30%	/
Судија	87,92%	96,49%	/
Веће судија	/	/	92,34%
Датум саслушања	92,09%	89,37%	80%
Датум одлуке	94,57%	97,02%	99,42%
Странка 1	93,81%	98,11%	99,41%
Странка 2	91,72%	99,05%	99,33%
Називи прописа	78,49%	64,09%	77,98%
Референце на одлуке	62,80%	78,55%	68,92%

Може се приметити да је за већину атрибута висок проценат успешно екстрахованих вредности. Треба напоменути да Високи суд и Окружни суд поседују седишта на више локација, за разлику од Апелационог суда који има само једно седиште, те се оно не наводи. Такође, рад у већима је карактеристичан за Апелациони суд, док у Високом суду и Окружном суду одлучују судије појединци.

Укупно је пронађено 11027 докумената који референцирају другу одлуку која има барем једног истог учесника што се може сматрати референцама на ожалбене пресуде. Након груписања докумената по именима учесника оформљено је 4982 групе докумената. Међутим, у извесном броју одлука се као учесник наводи '*The Queen*' и '*The Police*', као и неке друге државне институције, па је отежано утврђивање међусобног односа таквих одлука на основу имена учесника. Ово је посебно изражено у кривичном праву.

С обзиром на то да у неким одлукама није наведен назив ниједног закона, за препознавање прописа релевантних за доношење тих одлука су примењене методе одређивања сличности текста и методе класификације текста.

У табели 2 се могу видети резултати одређивања сличности текста правних аката методом косинусног растојања за три изабрана прописа.

Табела 2 – Резултати одређивања сличности текста косинусним растојањем

Пропис	*Accuracy*	*Precission*	*Recall*	*F1-score*
Land Transport Act 1998	0.95	0.63	0.7	0.67
Fair Trading Act 1986	0.91	0.6	0.58	0.59
Misuse of Drugs Act 1975	0.94	0.59	0.71	0.64

Сијамска неуронска мрежа тренирана је над укупно 40000 парова уводних делова судских одлука у којима су садржани описи чињеничног стања. Сет података је подељен на тренинг и тест податке у односу 5:1. Накнадно је формиран валидациони сет који се састоји од парова судских одлука из Окружног суда и њиме је извршена валидација. У табели 3 приказани су резултати над тест и валидационим сетом података.

Табела 3 – Резултати одређивања сличности текста сијамском неуронском мрежом

Сет података	*Accuracy*	*Precission*	*Recall*	*F1-score*
тест	0.78	0.78	0.7	0.74
валидациони	0.63	0.38	0.45	0.4

Над одабраним прописима су анализирани резултати добијени бинарним класификационим моделима неуронских мрежа и методе подржавајућих вектора. Прегледом уводних делова судских одлука уочено је да се у документима који референцирају поједине законе, текст у већини случајева састоји од веома сличних појмова који умногоме олакшавају класификацију. Насупрот томе, за поједине законе, текст је веома опширан и разнолике је садржине. Последица наведеног јесте да се у зависности од одабира прописа за који се конструише класификациони модел, тачност модела разликује због различитости текста самих докумената. Резултати одређивања релевантности прописа на доношење судске одлука путем класификације докумената приказани су у табели 4. на примеру прописа *'Land Transport Act 1998'*.

Табела 4 – Резултати бинарне класификације за '*Land Transport Act 1998*'

Модел	*Accuracy*	*Precission*	*Recall*	*F1-score*
NN	0.98	0.98	0.99	0.99
CNN	0.99	0.99	0.99	0.99
SVM	0.97	0.97	0.97	0.97

Анализом резултата може се приметити да су методе коришћене за прорачун сличности текстова генерално дале слабије резултате у односу на методе класификације текста.

3. ЗАКЉУЧАК

У раду је предложен начин преузимања и екстраховања података из судских одлука донетих од стране новозеландских судова. Обухваћене су одлуке са три нивоа судске надлежности, а подаци су екстраховани у циљу омогућавања напредне претраге базиране над свим добављеним атрибутима, повезивања одлука које претходе правноснажној пресуди, као и одређивања гране права којој документи припадају.

Употреба регуларних израза за проналажење сложенијих шаблона унутар текста неструктуираних докумената даје задовољавајуће резултате у овом истраживању. Кључну улогу, овакви изрази, имају у екстраховању идентификационих ознака судских предмета и детектовању цитираних прописа.

Разлике у стиловима писања правних аката, односно неконзистентности у организацији и садржини докумената, представљају један од изазова за екстракцију података. Разлике у структури докумената су уочљиве и између докумената насталих у различитим временским раздобљима, што доводи до потребе за креирањем већег броја шаблона за проналажење информација од значаја. Уколико би ови документи били доступни у стандардизованом формату прилагођеном репрезентацији правних аката, олакшао би се процес екстракције података. До усвајања машински читљивих формата докумената у правосуђу, приступ предложен у овом раду могао би послужити као помоћно решење којим би се већ донетим пресудама придруживали метаподаци.

Систем приказан у овом раду би се могао користити у склопу информационих система судске праксе за ефикасније проналажење прецедената и релевантних прописа. Иако је значајан број правних аката новозеландског правног система доступан на Интернету, и даље постоје документи који нису објављени. Ово битно отежава праћење исхода судских поступака по правним лековима. Због тога повезивање одлука о неком случају у хронолошком редоследу може бити онемогућено. Приступ који је коришћен за повезивање одлука на основу имена учесника показао се као недовољно поуздан због тога што се над екстрахованим референцама не може прецизно утврдити када нека одлука представља поступак по правном леку неког другог поступка.

Због различитости у дужини текстова одлука, као и због разлика у стиловима писања, поређење текстова у циљу одређивања примењених прописа показало се као непоуздано решење у односу на бинарну класификацију текста. Међутим, недостатак неопходног броја докумената за тренирање бинарних модела онемогућава текстуалну класификацију за већину екстрахованих прописа.

4. ЛИТЕРАТУРА

[1] P. Jackson, K. Al-Kofani, A. Tyrrell and A. Vachher, "Information extraction from case law and retrieval of prior cases.," Artificial Intelligence, vol. 150, no. 1-2, pp. 239-290, 2003.

[2] B. M. Oliveira, R. V. Guimarães and L. Antunes, Sifting Through Chaos: Extracting Information from Unstructured Legal Opinions. In MIE (pp. 441-445)., 2018, January.

[3] M. van Opijnen, N. Verwer and J. Meijer, "Beyond the experiment: the eXtendable legal link eXtractor," In Workshop on Automated Detection, Extraction and Analysis of Semantic Information in Legal Texts, held in conjunction with the 2015 International Conference on AI and Law (ICAIL)., 2015, June.

[4] J. Cushman, M. Dahl and M. Lissner, "Eyecite: A tool for parsing legal citations," Journal of Open Source Software, 2021.

[5] M. Palmirani, R. Brighi and M. Massini, "Automated extraction of normative references in legal texts," In Proceedings of the 9th international conference on AI and law, pp. 105-106, 2003, June.

[6] New Zealand Legal Information Institute, http://www.nzlii.org/. (приступљено у августу 2022.)

[7] New Zealand Legislation, https://www.legislation.govt.nz/ (приступљено у августу 2022.)

[8] D. Chicco, "Siamese neural networks: an overview," Artificial Neural Networks, Methods in Molecular Biology, vol. 2190, no. 3, pp. 73-94, 2020.

[9] D. Kriesel, "A Brief Introduction to Neural Networks," 2005.

[10] Convolutional Neural Networks for Text, https://lena-voita.github.io/nlp_course/models/convolutional.html (приступљено у августу 2022.)

[11] „A Complete Guide to Support Vector Machines“, https://medium.com/@kushaldps1996/a-complete-guide-to-support-vector-machines-svms-501e71aec19e (приступљено у августу 2022.)

Кратка биографија:

Јелена Матковић рођена је 1996. године у Новом Саду. Основне академске студије је завршила 2020. године на Факултету техничких наука на студијском програму Рачунарство и аутоматика. Мастер рад одбранила је 2022. године на истом факултету, студијски програм Рачунарство и аутоматика - Интелигентни системи.

Зборник радова Факултета техничких наука, Нови Сад

УДК: 004.85
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE06Knezevic

ПОЗИЦИОНИРАЊЕ КОРИСНИКА ДРУШТВЕНЕ МРЕЖЕ ТВИТЕР НА МАПИ ПОЛИТИЧКОГ СПЕКТРА ПОМОЋУ КОРИСНИЧКИХ ТВИТОВА

POSITIONING TWITTER USERS ON THE POLITICAL SPECTRUM BASED ON THE CONTENTS OF THEIR TWEETS

Милан Кнежевић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – RAČUNARSTVO I AUTOMATIKA

Кратак Садржај – *У раду је представљен приступ за одређивање политичке оријентације корисника друштвене мреже Твитер базиран на његовим/њеним јавно доступним твитовима. Приступ је заснован на машинском учењу уз употребу Support Vector Machines класификаотра, BERT језичког модела и библиотеке Selenium.*

Кључне речи: *Твитер, политичка оријентација, SVM, BERT*

Abstract – *This paper presents an approach to determine the political orientation of Twitter users based on the contents of their public available tweets. The approach is based on machine learning with the use of the Support Vector Machines classifier, BERT language model, and the Selenium library.*

Keywords: *Twitter, political orientation, SVM, BERT*

1. УВОД

Узевши у обзир јачање друштвених мрежа у претходној и текућој деценији, оне су временом постале инструмент и поље политичке борбе и супротстављених ставова између различитих политичких субјеката.

Проблем је дефинисан на следећи начин: Одредити положај *Twitter* корисника на мапи политичког спектра помоћу његових твитова. Наравно једна од важнијих напомена пре самог почетка коју треба споменути јесте да се радило искључиво о политичким дешавањима и актуелностима које се тичу Републике Србије и збивањима у Републици Србији.

Као и код свих друштвених проблема, не постоји јединствено решење, већ постоји више прегршт различитих приступа проблему. С тим у вези то ову тему чини доста занимљивијом и отворенијом за шире разматрање, као и за полемисање о самој суштини проблема, не само за инжењере већ и разне друге професије које се баве друштвеним дисциплинама.

НАПОМЕНА:
Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био dr Александар Ковачевић, ред. проф.

2. СРОДНА ИСТРАЖИВАЊЕ

Као донекле сличан подухват на који сам се угледао приликом израде јесте рад истраживача: Јупенг Гуа, Тинг Чена, Јижу Суна и Бинђу Ванга под насловом *Детекција идеологије Twitter корисника помоћу анализе повезаности* (*Ideology Detection for Twitter Users via Link Analysis*) [1]. Наиме горе поменути истраживачи су користећи праћења, помињања и ретвитовања линкова (follow, mention, retweet links), покушали да прилагоде једнодимензионалну односно пак бинарну класификацију корисника да ли је присталица или либералне идеологије или конзервативне идеологије.

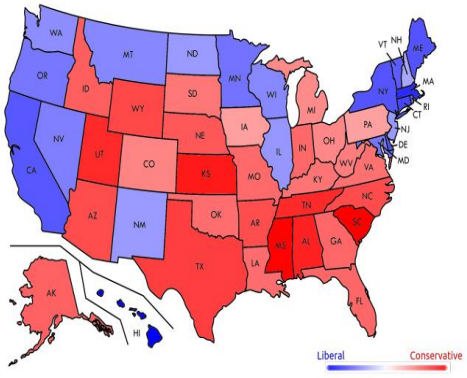
Чињеница је да је експеримент рађен за друштво и политичке прилике Сједињених Америчких Држава где постоје искључиво два јака политичка субјекта а то су Демократска партија који представљају припаднике либералне оријентације, док Републиканска партија представља припаднике конзервативне струје. Самим тим њихов проблем јесте доста поједностављен из више разлога.

Један од тих јесте да у моменту писања рада, САД броје преко 300 милиона становника, самим тим је и обим информација доступних на *Twitter* платформи много већи него ли на нашем поднебљу.

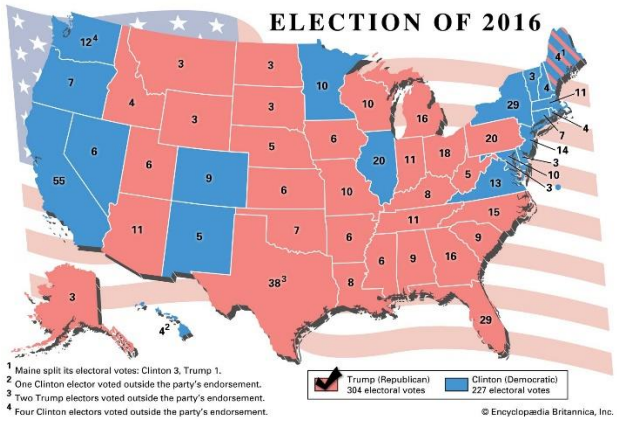
Друга много важнија ствар јесте што је у њиховом случају проблем бинарне природе, док је у мом случају дводимензионалне природе са више дискретних вредности.

Треће анализирају се само праћења, помињања и ритвитови, од којих је ритвит можда и најрелевантнији податак од свих из разлога што га корисници највише користе када желе да поделе твит с којим се у већој мери или у потпуности слажу, док праћења не значе нужно слагање са истим погледима корисника којег пратите, већ можете да га пратите из перспективе информисања и помињање може да се односи у негативном контексту ако некога критикујете приликом помињања.

Уз све наведене ставке претходног рада, приступи овог мастер рада су за бар нијансу комплекснији од претходно наведеног и помало релевантнији што се тиче логичке перцепције, али у толико и теже природе за добити прецизнији резултат.



Слика 1 - *Резултати наведеног рада*



Слика 2 – *Резултати председничких избора у САД из 2016. године*

3. АЛАТИ КОРИШЋЕНИ У РАДУ

На почетку овог поглавља најбоље је набројати их хронолошким редоследом коришћења.

Коришћени алати:

1. *Selenium WebDriver [2]*
2. *BERT*-ић [3]
3. *SrbAI [4]*
4. *Support Vector Machine – SVM [5]*
5. *Matplotlib [6]*

Целокупан рад је израђен у *Python* програмском језику који је иначе најчешће коришћен програмски језик за решавање проблема из области *Data Science*-а. Разлог овоме јесте што је овај наведени језик врло једноставан за коришћење и садржи широку подршку многих алата у које спадају и горе поменути.

Selenium WebDriver је алат који је коришћен у виду *python* библиотеке као *Scraper*. *Scraper* у преводу значи стругач што у потпуности одговара сврси у којој је примењен приликом реализације задатка. Наиме уз помоћ Selenium-а се 'стружу' подаци познавањем правила структуирања XML фајлова тј. у овом случају његовог подскупа односно HTML фајлова јер је у питању садржај интернет странице друштвене мреже *Twitter*.

(Bidirectional Encoder Representation for Transformer (BERT)) је *NLP* модел развијен од стране компаније Гугл 2018. године. NLP (*Natural Language Processing*) је грана вештачке интелигенције која се труди да омогући рачунарима да стекну вештину разумевања писаних и изговорених речи што ближе нивоу људског поимања коришћења истих у језицима. BERT-ова сврха је да одреди сентимент о теми о којој се говори у анализираној реченици. BERT-ић само једна од многих варијанти BERT-а који је намењен за Српски, Хрватски и Словеначки језик.

SrbAI је пројекат прикупљања алгоритама и модела за процесирање српског језика у јединствену *Python* библиотеку. Библиотека треба да садржи како основне методе за процесирање српског, попут стеммера, препознавање врста речи (*part-of-speech tagging*), негација, до напреднијих функционалности, попут препознавање именованих ентитета (*named entity tagging*), класификације, итд.

Support vector machines (SVMs) су метод надгледаног учења које служе за класификацију и регресију. Класификација је процес сврставања свих података у одређене класе података које имају својствене карактеристике. Регресија је сличан процес класификацији, односно она је покушај њене надградње. Разлика између класификације и регресије јесте у томе што као резултат даје меру колико нешто јесте нека класа и колико нешто није та класа у бинарном случају или у вишекласном случају колико је то нешто свака од могућих класа.

Matplotlib јесте широко распростањена *Python* библиотека која служи за креирање статичких, анимираних и интерактивних визуелизација у *Python*-у. Једноставна библиотека са много могућности за презентовање суштине добијених резултата као и додатно описивање истих. Приликом израде овог рада постојала је огромна потреба за визуелизацијом резултата јер су добијени резултати били дводимензионални, стога се много лакше закључују информације визуелним путем.

4. ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА РЕШЕЊА

4.1. Фаза прикупљања и анотације података

С обзиром на то да за проблем који се решава у овом раду не постоје јавно доступни подаци, било је потребно прикупити податке са Twitter-а. Направљена је листа упита који је наш програм уз помоћ алата *Selenium*-а. Упити су садржали ознаке корисника (*handle*) које смо узели за тренинг скуп и речи везане за одређену тему (различити граматички облици те речи). Информације о томе којој теми те речи припадају смо сачували у мапи. Теме које смо користили су:

1) Албанија
2) Америка
3) Београд
4) Црква
5) Европа
6) Корупција
7) Косово
8) LGBT
9) NATO
10) Полиција
11) Путин

12) Русија
13) Украјина
14) Војска

Када се упит изврши, програм би преузимао информације о приказаним твитовима као што су:

- Корисничко име
- Датум објаве твита
- Језик/Писмо на ком је твит написан
- Садржај твита

Пошто је познато у тренинг скупу који корисник се налази где на политичкој мапи, потребно је додати још две колоне а то су позиције на мапи политичког спектра односно вредност у распону [-1,1]. Једна оса представља економску политику корисника где -1 предстаља став близак екстремним левичарима док вредност 1 представља став близак екстремним деничарима. Друга оса представља критеријум социјалне политике где -1 вредност представља да ли је неко близак либералном становишту, док 1 представља становиште ауторитарне природе.

Остаје још само да се одреди сентимент преузетих твитова. За овај корак смо користили претренирани BERT модел (*EMBEDDIA/bertic-tweetsentiment*) за твитове на Српском језику, док за твитове на Енглеском смо користили стандардни BERT. *SrbAI* алат је искоришћен као конвертер из азбуке у абецеду односно из ћирилице у латиницу. И као крајњи резултат ове фазе рада добијамо следеће редове у табели са следећим колонама:

- Корисничко име
- Ознаку корисника
- Датум објаве твита
- Језик/писмо на ком је твит написан
- Садржај твита
- Тему
- Сентимент
- Оцену валидности сентимента
- Позицију на економској скали у распону од -1 до 1 са кораком 0.1
- Позицију на социјалној скали у распону од -1 до 1 са кораком 0.1

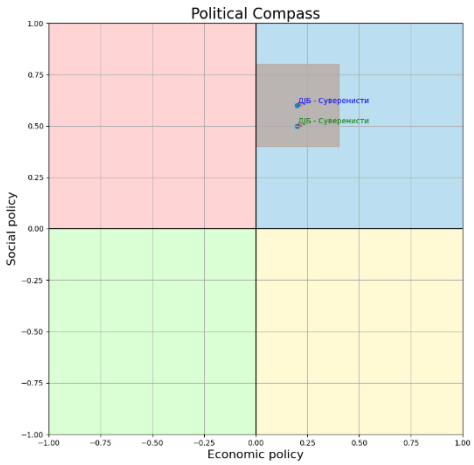
4.2. Фаза позиционирања корисника на мапи политичког спектра

Поступак је био обучавање 2 *Support Vector Regressor*-а (један за економски аспект и други за социјални аспект).

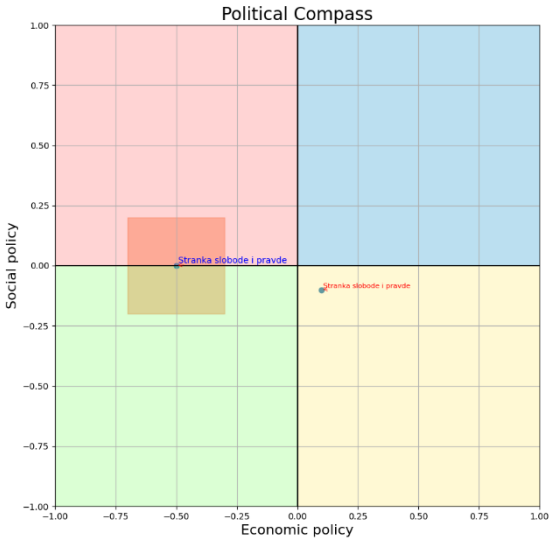
Наиме пре самог тренирања података коришћен је један од првих параметара, а то је параметар за горње ограничење броја твитова једног корисника по једној теми (MAX_TWEETS_PER_TOPIC). Разлог постојања овог параметра лежи у томе да један корисник може да твитује много о једној теми и да практично утиче на предикцију регресора у смислу да ће имати превише истих виђења једног корисника на дату тему. Други параметар који је стандардан приликом сваког обучавања јесте однос тренинг и тест скупа (TRAIN_SET_PERCENTAGE). У пракси често је случај да када се повећа овај проценат исход буде бољи, међутим у овом приступу је супротно понашање, односно мора се наћи одређена мера. Разлог овоме јесте што се у овом приступу коначан положај на мапи политичког спектра рачуна као медијана свих положаја *tweet*-ова једног корисника који су прошли кроз предикцију. Стога је и сасвим логично да што више tweet-ова буде у тест скупу, то ће медијана бити прецизнија. С друге стране не сме се ни радити много на уштрб тренинг скупа јер и то с друге стране утиче на перформасе из очитих разлога. На крају постоји и трећи параметар који одређује околину односно дозвољено окружење у којем би координате требало да се налазе:

(RADIUS_AROUND_REAL_POSITION).

Овај фактор је уведен из разлога што је врло мала вероватноћа да ће погодити корисника у обе координате. Он највише утиче на прецизност и може се рећи да практично одређује проценат тачности овог приступа.



Слика 3 – *Пример поготка*



Слика 4 - *Пример промашаја*

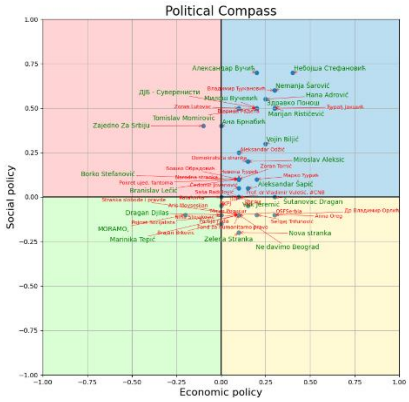
5. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Резултати претходно описаног приступа су добијени на основу следећих вредности параметара:

1) MAX_TWEETS_PER_TOPIC = 30
2) TRAIN_SET_PERCENTAGE = 0.7
3) RADIUS_AROUND_REAL_POSITION = 0.4

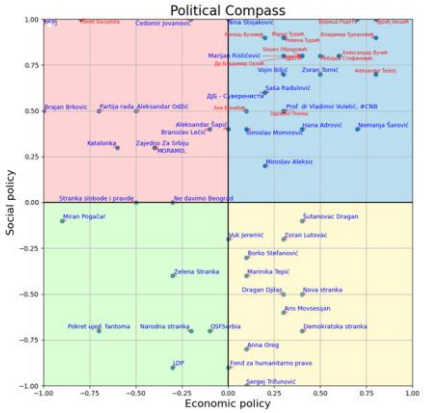
сумирани су у кратким цртама у следећим бројевима:

- Укупан број тестираних корисника: 55
- Укупан број погодака: 24
- Укупан проценат поготка: 43,67%



Слика 5 - *Добијене позиције корисника*

СЛИКА 5 на апстрактном нивоу представља резултате. Наиме на њој су приказани корисници са добијеним координатама и у зависности од тога да ли је и добијена позиција упала у окружење око реалне позиције зависи боја корисника. Зелени су сматрани погодком, док су црвени сматрани грешком. Да бисмо видели боље резултате, најбоље да упоредимо позиције са СЛИКОМ 6 која представља реалне позиције корисника. Највише предикција јесте концентрисано око координатног почетка што и има смисла ако се узме у обзир да медијана увек вуче све кориснике ка средини. Оно што јесте мана скупа података јесте то што и није нађено доста екстрема свих врста како би имали више дистрибуиране позиције.



Слика 6 - *Реалне позиције корисника*

Занимљиво јесте то што се по проценама очекивало да ће се нагињати више ка доњој половини спектра јер су корисници тог дела доста гласноговорнији на овој платформи у односу на кориснике горњег спектра, али вероватно има утицаја и теме које су биране у разматрање приликом скупљања података за тренирање.

6. ЗАКЉУЧАК

У овом раду представљен је један од метода за позиционирање корисника на мапи политичког спектра помоћу ставова и мишљења који корисници износе преко својих профила на друштвеним мрежама. Што се резултата тиче не треба да нас чуди овакав исход из више разлога: мали број података постоји који подлеже овом проблему, алат за сентимент су радили на српском језику који сигурно није усавршен, итд. Али, из истог разлога треба да постоји разлог за оптимизам јер се сигурно резултат од 42% може подићи. Оваква истраживања јавног мњења су корисна, а тек ће и бити за опипавање реакције јавности неке земље на неку од рискантнијих одлука власти те земље у којој би се потенцијално истраживање радило.

7. ЛИТЕРАТУРА

[1] *Ideology Detection for Twitter Users via Link Analysis: Yupeng Gu, Ting Chen, Yizhou Sun and Bingyu Wang (*http://web.cs.ucla.edu/~yzsun/papers/2017_SBP_Ideology*)*

[2] *Selenium WebDriver (*https://www.selenium.dev/documentation/webdriver*)*

[3] BERTić - The Transformer Language Model for Bosnian, Croatian, Montenegrin and Serbian, Nikola Ljubešić, Davor Lauc (https://aclanthology.org/2021.bsnlp-1.5.pdf)

[4] SrbAI - Python biblioteka za procesiranje srpskog jezika (https://github.com/Serbian-AI-Society/SrbAI)

[5] *Support Vector Machines – Scikit (*https://scikit-learn.org/stable/modules/svm.html*)*

[6] *MatPlotLib (*https://matplotlib.org*)*

Кратка биографија:



Милан Кнежевић рођен је у Новом Саду 1998. године. Дипломирао је на смеру Рачунарство и аутоматика на Факултету техничких наука у Новом Саду 2021.
контакт: mile.knezevic98@gmail.com

Зборник радова Факултета техничких наука, Нови Сад

UDK: 007:004.056
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE07Trajkovic

GRYPE СКЕНЕР ЗА ТЕСТИРАЊЕ РАЊИВОСТИ У КОНТЕЈНЕРИМА

GRYPE VULNERABILITY SCANNER FOR CONTAINERS

Анђела Трајковић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област– ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Кратак садржај – *У овом раду је описана важност континуалног обезбеђивања безбедности у контејнерима и смањењу ризика од нежељених напада апликације. Акценат је дат на скенер Grype, који испитује рањивост у контејнерима.*

Кључне речи: *информациона безбедност, рањивост, контејнер, Grype*

Abstract – *In this paper is described the importance of continuously providing security in containers and reducing the risk of unwanted application attacks. Emphasis is placed on the Grype scanner, which examines vulnerabilities in containers.*

Keywords: *information security, vulnerability, container, Grype*

1. УВОД

Прелаз на аутоматизовани начин рада је у сталном расту, што проузрокује повећањем потребе да се изградња софтвера оријентише клијентима. Уједно корисничка повратна информација постаје главни критеријум квалитета софтвера. Један од могућих концепата за побољшање квалитета софтвера је *Development and Operations (DevOps)* [1], који се заснива на примени континуалне интеграције и континуалне испоруке софтвера.

Лакоћа коришћења софтвера и прилагођавање ширем аудиторијуму има за последицу повећања броја корисника. Повећање броја корисника апликације у једном тренутку може премашити хардверске могућности машине, на којој је покренута апликација, и захтевати скалирање. Скалирање може бити хоризонтално и вертикално. Због економских аспеката и тежње да се опслужи што већи број корисника, најоптималније решење постају удаљени сервери.

Процес коришћења удаљених сервера назива се виртуелизација, чија је примена отежана до појаве контејнера. Контејнери својом ефикасношћу доприносе лакшем преносу података и програма. Надмашују све методе развоја софтвера и отварају пут континуалног развоја и испоруке.

Контејнер је ефикасан у погледу преноса података, али је ефикасност безбедне имплементације софтвера контејнерима значајно опала.

НАПОМЕНА:
Овај рад проистекао је из мастер рада чији је ментор био др Горан Сладић, ред. проф.

Уграђивањем безбедности од самог почетка развоја софтвера смањује се простор за безбедоносне нападе. Касније, повезивање софтвера са алатима за скенирање, праћење безбедоносних аспеката и ажурирање истих омогућава лакше одржавање безбедности у апликацији.
У општем случају мете су софтвери који управљају осетљивим подацима. Осетљиви подаци су углавном фокусирани на нечији идентитет или новчане трансакције. Како би очували податке, приликом изградње софтвера неопходно је укључити и информациону безбедност [2].
Постоје разнолики алати, софтвери и организације које прате безбедносне пропусте и развој безбедносних механизама. Сходно томе у овом раду биће детаљно приказана најпопуларнија организација *OWASP* (*Open Web Application Security Project*) *TOP TEN* [3], рањивостима и скенер рањивости *Grype* [4].

2. ВИРТУЕЛИЗАЦИЈА

Данас се све више пословних активности аутоматизује, чиме се појављује и већи број осетљивих информација које је потребно ускладиштити. Порастом броја осетљивих информација потреба за сигурним рачунарским системима постаје све очигледнија [5]. Поред неопходне безбедности о којој ће нешто више бити касније, изазов је пронаћи место где се могу чувати огромне количине података. Имајући у виду да постоје хардверска ограничења за чување података и извршавање програма, као алтернатива се користе удаљени сервери.

Удаљени сервери су заправо удаљене физичке машине чије хардверске капацитете можемо дистрибуирати на више окружења или корисника. Односно, виртуелизација омогућава хостовање апликације услед недостатка ресураса.

Предност виртуелизације је у поједностављењу репликације и скалирању апликација. Постоје две врсте технологија које обезбеђују виртуелизацију сервера, то су виртуелизација на нивоу хардвера и виртуелизација на нивоу оперативних система.

Хардверски ниво визуелизације укључује покретање хипервизора који ствара и виртуелизује ресурсе сервера на више виртуелних машина. Сваки хардвер, виртуелна машина (ВМ), покреће сопствени оперативни систем и апликације. Насупрот томе, виртуелизација оперативног система виртуелизује ресурсе само на нивоу оперативног система; енкапсулира стандардне процесе оперативног система и њихове зависности за креирање „контејнера", којима заједнички управља основно језгро ОС-а.

Најпознатији примери виртуелизације хардвера су Xen, *KVM* и *VMware ESXi*. Код виртуелизације оперативног система су *Linux* (*LXC*), *Docker*, *BSD Jails* і *Solaris Zones*.
Виртуелизација хардвера била је доминантна технологија за примену, паковање и управљање апликацијама све до појаве контејнера, који представљају виртуелизацију оперативног система. Контејнери стичу све већу популарност појавом *Docker*-а, поред тога омогућавају и виртуелизацију на ниским трошковима и побољшаним перформансама у поређењу са виртуелним машинама [6]. Међутим, *Docker* није једино окружење за покретање контејнера, међу популарним се појављују и *Rkt* и *Containerd*.

2.1 Виртуелне машине

Виртуелна машина (ВМ) симулира оперативни систем користећи хипервизор. Хипервизор може да ради као софтвер на физичком хост оперативном систему или као фирмвер на машини без оперативног система. ВМ ради као виртуелни гостујући оперативни систем на хипервизору. Хипервизор омогућује логичку поделу физичке машине на више мањих ВМ, од којих свака има одговарајућу намену. Свака мања ВМ сада садржи наменски гостујући ОС, своје библиотеке и зависности. Иако је то велики помак ка изолацији података на машини, ипак је потребно изоловати мању количина података. Због велике количине ресурса перформансе извршавања и скалирања опадају, као решење се појављују контејнери [7].

2.2 Контејнери

Највећи изазов софтверске индустрије био је изоловање и управљање апликацијама независних од спољашњег окружења и платформе на којој се извршавају.
Проблем изолације велике количине података и хардверске зависности, 2007. године, решиле су компаније *Google*, *IBM*, *OpenVZ* и SGI. Сарађивали су са циљем да направе виртуелно окружење унутар *Linux* кернела без коришћења гостујућег ОС-а, контејнере.
Софтвер у свом животном циклусу мења више окружења или оперативних система, између којих може постојати разлика у конфигурацији. Један такав пример јесте рад у развојном, тестном и продукционом окружењу.
Поред тога, када више апликација раде на истој машини могу користити рачунарске ресурсе из друге апликације, и то ће у већини случајева произвести проблем изолације. У раду са ВМ-ма неопходно је у сваком кораку имплементације реконфигурисати и препаковати апликацију, што је напорно и подложно грешкама.
Контејнери у софтверској индустрији решавају ове проблеме обезбеђујући изолацију између апликација и управљање рачунарским ресурсима. Такође, решавају и међусобне зависности, изолујући извршавање апликације са зависностима.

2.2.1 *Docker* окружење и *Docker* слике

Сви контејнери се заснивају на *Linux*-у. *Linux* због својих добрих перформанси извршавања, поузданости, широке употребе и бесплатног коришћења представља један од најидеалнијих ОС-а за развој *cloud*-а. Најпознатији *Linux* контејнер је *Docker*.
Docker слику одређују пакети, изворни код, зависности и библиотеке које користи. Састоји се од низа корака које ОС извршава како би покренуо апликацију. Кораци су међузависни и заправо представљају постепено упутство за изградњу софтвера од најосновније до најкомплексније конфигурације.

2.2.2 Микросервисне архитектуре

Почетак развоја софтвера обележен је монолитном архитектуром, тј. архитектуром која се развија у једном, а затим користи у другом окружењу. Проблем разлике између окружења решавају контејнери, омогућавајући да софтвер има исту конфигурацију у свим окружењима. Међутим, појављују се проблеми развоја и испоруке готовог производа. Квалитет софтвера опада и непотребни трошкови се повећавају. С тим се појавила потреба за развијањем софтвера у мањим, али употребљивим целинама. Што описује концепт микросервисне архитектуре, уједно и концепт *DevOps-a*.
DevOps има за циљ да смањи разлику између развоја и одржавања софтвера. Аутоматизује свакодневне операције развоја софтвера, континуалном интеграцијом и континуалном испоруком (*CI/CD*). Тиме развој софтвера постаје флексибилан по питању надоградње или мењања постојеће имплементације.
Микросервисна архитектура омогућава брзу, честу и поуздану испоруку великих, сложених апликација. Главни циљ микросервисне архитектуре јесте декомпозиција и слаба међусобна зависност компоненти сложених апликација. Коришћење микросервиса подразумева да се дате апликације шире на неколико услуга или платформи, од којих су многе у јавни облак, тако да је њихово обезбеђење изазов због сложености развоја, тежине праћења, отклањања грешака и ревизије целе апликације у страним окружењима.
Претходно поменута два концепта добијају на популарности појавом контејнера и нивелизују претходне губитке.

3. БЕЗБЕДНОСТ У АПЛИКАЦИЈАМА

Бројне развојне методе заснивају се на додавању безбедности готовом софтверском производу, што резултује лошим перформансама и потешкоћама приликом прилагођавања софтвера ригидним политикама. Након адаптације тих политика, или је отежано коришћење апликације или сигурност није на задовољавајућем нивоу. Како не би губили време на адаптацију безбедоносних механизама на крају, решење постаје развој безбедности као градивног елемента изградње сотвера.
Континуираном имплементацијом и интеграцијом, апликација се свакодневно усавршава. Постаје све већи изазов што раније пронаћи грешке. У раним фазама се укључују алати за заштиту апликација. Безбедносни алати морају радити истом брзином као и развој апликације како би брже пронашли проблеме у коду. Претње постају све сложеније, теже се проналазе и моћније су у потенцијалном наношењу штете. Постоје разне технике за примену безбедности. Неке од њих се

заснивају на имплеметацији безбедносних мера, неке у провери недостатака тих мера, а неке на анализирању рањивих места у имплементираном коду. Користећи контејнерске платформе пожељно је укључити и безбедносне функције и проценити да ли су слике других корисника злонамерне, тј. да ли садрже *backdoor* или *cron* послове [8].
Постоји велики број препорука за заштиту од напада, у овом раду дат је акценат на *OWASP TOP 10 Vulnerabilities*, најпознатијој листи рањивости.

То је листа 10 рангираних рањивости по консензусу стручњака за безбедност из целог света. Ажурира се у складу са напретком и променама на *AppSec* тржишту. Важност листе лежи у практичним информацијама које пружа као контролна листа и интерни стандард за развој апликација. Рангиране рањивости из 2021. године:

1) Компромитована аутентификација (*Broken Access Control*)
2) Криптографске грешке (*Cryptographic Failures*)
3) Инјекција (*Injection*)
4) Несигуран дизајн (*Insecure Design*)
5) Погрешно исконфигурисана безбедност (*Security Misconfiguration*)
6) Рањиве и застареле компоненте (*Vulnerable and Outdated Components*)
7) Грешке при идентификацији и аутентификацији (*Identification and Authentication Failures*)
8) Грешке у софтверу и интегритету података (*Software and Data Integrity Failures*)
9) Безбедносно евидентирање и праћење грешака (*Security Logging and Monitoring Failures*)
10) Фалсификовање захтева на страни сервера (*Server-Side Request Forgery*)

4. РАЊИВОСТИ

У овом поглављу биће приказани недостаци контејнера, јер сваки недостатак у систему чини потенцијално место напада, тј. потенцијалну рањивост система.
Нападач система може бити човек, аутоматизовани бот или унутрашњи напади, који настају због грешака у безбедносној имплементацији. Стога је важно разумети безбедносне циљеве и формулисати безбедносне захтеве, сходно томе и политике контроле приступа.

4.1 Рањивости у контејнерима

Примарни тип безбедносне рањивости у контејнерима су системски позиви који нису свесни именског простора и на тај начин могу довести до случајног цурења информација између контејнера. Сет *API*-ја за *Linux* системске позиве је огроман и њихов процес ревизије још увек траје.
Контејнери обезбеђују слој изолације између апликација у одвојеним контејнерима, чиме се повећава безбедност. Међутим, контејнери и даље морају да комуницирају са другим контејнерима и системима, и стога остају подложни даљинском искоришћавању безбедносних рањивости уметнутих у слике контејнера.
Контејнери се сматрају мање безбедним од ВМ. Ниво изолације је често оно на шта се позива. Механизмом изолације у контејнеру управљају три главне технике: *cgroups, namespace*s и *chroot*. Начин на који су контејнери имплементирани доводи до тога да они директно комуницирају са језгром оперативног система хоста. Тако, компромитовани контејнер има краћи пут да компромитује главни оперативни систем, поред тога има и апликације са којима се налази на главном хосту, за разлику од виртуелних машина. Код виртуелних машина, нападач мора прво да заобиђе виртуелно језгро ОС-а и хипервизор, пре него што стигне до језгра оперативног система хоста.

Разлика у изолационом механизму подразумева да контејнери имају веће поверење рачунарске базе. Дакле, контејнери имају више компоненти које су критичне за њихову безбедност. Ове компоненте чине сам контејнер, ОС или оркестратор контејнера. Рањивост унутар било које од ових компонената може угрозити безбедносна својства целог система контејнера. Поред велике рачунарске базе постоје претње у раду са *Docker* сликама. Један од њих је могућност непознатих, потенцијално малициозних, корисника да окаче слику. Свака окачена слика на *Docker Hub*-у се може користити у било ком пројекту. Још један од могућих потенцијалних напада у *cloud*-у, је јавно доступан код. Корисник куповином производа добија лиценцу за коришћење истог. Трећа страна може увидети и искористити недостатке тог производа. Већа поуздана рачунарска база мотивише повећање потреба за скенерима рањивости у контејнерима [9].

5. ПРЕГЛЕД СКЕНЕРА РАЊИВОСТИ

Узимајући у обзир све факторе који утичу на појаву рањивости, постоји широк спектар скенера који се разликују по томе шта и како скенирају. Нема идеалног скенера који ће обухватити све могуће провере рањивости.

Упоређивани скенери су: *Clair, Dagda , Falco* и *Aqua*

Security. То су популарни скенери *Docker* слика или окружења. Који обезбеђују статичко скенирање користећи познате базе рањивости и имају јавно доступан код. Сви су дизајнирани тако да се могу уградити у *CI/CD* процес. Већина њих се може интегрисати са другим алатима (*Clair, Dagda*).

Dagda користи антивирусни механизам за откривање рањивости. *Falco* скенира претње у *Kubernetes*-у. *Clair* и *Falco* омогућавају писање сопствених правила за скенирање. *Aqua Security* поред излистаних рањивости приказује и препоруке за решавање истих. Идентификоване су битне сличности и разлике функционалности скенера. Како је тема овог рада *Anchore*-ов пројекат *Grype,* наредно поглавље резервисано је за анализу пројекта.

6. GRYPE

Grype је алат за детекцију рањивости у контејнерски базираним апликацијама развијен од стране компаније *Anchore*.

Овај алат се лако може интегрисати у *CI/CD* како би пронашао безбедносно угрожене делове система. Углавном се користи са *Syft*-ом, алатом за генерисање софтверске листе материјала, *SBOM*. Односно листе свих компоненти отвореног кода и компоненти трећих страна присутних у бази кода.

Написан је на *python* програмском језику. Изворни код се налази на *gitHub*-у. Омогућен је и као *Docker* слика, постављена на *DockerHub*-у. Придруживањем *Anchore* заједници, било ко може допринети побољшању перформанси *Grype-a*.

7. РЕЗУЛТАТИ СКЕНИРАЊА *GRYPE-OM*

Након инсталације *Grype*-а, поступак скенирања започиње командом *grype naziv_slike*. Прво се локално ажурира последња верзија базе рањивости и повлачи слика са *Docker Hub-a.* Затим се слика парсира и рашчлањује. Потом индексира директоријум, проналазе се сви остали пакети *(Cataloged packages)* и на крају се преброје и прикажу познате рањивости.
Анализиране су две званичне слике. Прва је *postgres*, а друга *nginx*. Резултат скенирања се састоји из назива рањивости, верзије инсталиране у слици, глобално доступне поправљене верзије, типа пакета, *CVE* рањивости и тежине сваке рањивости.

7.1 Postgres слика

У *Postgres* слици пронађено је 721 пакет и 122 рањивости. Тежина рањивости може бити *negligible, unknown, low, medium, high* и *critical*. Како се *negligible, unknown* и *low* рањивости могу сматрати небитним наспрам осталих, нису разматране. Такође нису разматране ни глобално поправљене рањивости, јер их је потребно само заменити у слици. Рањивости које су имале вредност *(won't fixed*) у колони поправљене верзије су занемарене, из разлога што за њих постоји претходна верзија која није имала рањивости. Преостале су CVE-2021-30560 и CVE-2022-37434 рањивости. Прва је типа *High* и представља рањивост из 2021. године. Појављује се након инсталирања 91.0.4472.164 верзије *Google Chrome*-а. Друга је типа *Critical* и приказује рањивост *zlib* датотеке која омогућује компресију датотека у *gzip* формату.

7.2 Nginx слика

У *Nginx* слици пронађено је 239 пакета и 129 рањивости. Анализа *nginx*-а се базира на истим полазним претпоставкама као у претходној процени. Критичне су CVE-2011-3389, CVE-2021-30560 и CVE-2022-37434 рањивости. Прва је типа *Medium* и то је проблем са *SSL* протоколом у одговарајућим конфигурацијама, омогућава појаву *middleman*-а. Друге две су рањивости које су поменуте у претходном потпоглављу.

8. ЗАКЉУЧАК

Овим радом је објашњен значај виртуелизације, постојање виртуелних машина, али и појава њихове алтернативе, контејнера.

Описан је развој апликације кроз континуалну интеграцију и континуални развој као једно од најбољих решења за развој апликације и сузбијање безбедоносних претњи. Приказани су потенцијални проблеми од имплементације до извршавања контејнера. На крају је објашњен скенер *Grype*.

Употребом скенера и пропратних алата који се повезују са апликацијом, у циљу праћења оптерећења и безбедносних елемената откривање напада је брже.

Неки од поменутих алата се заснивају на скенирању рањивости од окружења до саме *Docker* слике. Једно од могућих унапређења *Grype*-а би било уградња дела који скенира део процеса везаног за рањивост окружења. Истраживањем недостатака овог скенера допринеће његовом развоју. Поред проналажења недостатака скенера, велики допринос за развој безбедности би био решавање постојећих рањивости.

Потенцијални развој скенера би се могао развијати у правцу откривања и решавања рањивости, истраживањем и коришћењем *ML*-а (*machine learning*).

9. ЛИТЕРАТУРА

[1] Ebert, Christof, et al. "DevOps." *Ieee Software* 33.3, 2016, стр. 94-100.

[2] Qadir, Suhail, and S. M. K. Quadri. "Information availability: An insight into the most important attribute of information security." *Journal of Information Security* 7.3, 2016, стр. 185-194.

[3] OWASP TOP TEN, https://owasp.org/www-project-top-ten/ (Последњи приступ август 2022.)

[4] Grype, https://github.com/anchore/grype (Последњи приступ август 2022.)

[5] Kemmerer, Richard A. "Cybersecurity." *25th International Conference on Software Engineering, 2003. Proceedings.*. IEEE, 2003.

[6] Sharma, Prateek, et al. "Containers and virtual machines at scale: A comparative study." *Proceedings of the 17th international middleware conference,* 2016.

[7] Agarwal, Gaurav. *Modern DevOps Practices*, 2021, стр. 28

[8] Abbott, Brendan Michael. *A security evaluation methodology for container images*, 2017

[9] Jagelid, Michelle. "Container Vulnerability Scanners: An Analysis.", 2020, стр. 24

Кратка биографија:



Анђела Трајковић рођена је у Врању 1999. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Електротехнике и рачунарства – Софтверско инжењерство и информационе технологије одбранила је 2022.год.
контакт: trajkovic.andjela99@gmail.com

Зборник радова Факултета техничких наука, Нови Сад

UDK: 004.85
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE08Batinic

АНАЛИЗА ФАКТОРА И ПРЕДИКЦИЈА СТОПЕ САМОУБИСТАВА ПО ДРЖАВАМА БАЗИРАНО НА МОДЕЛИМА ДУБОКОГ УЧЕЊА

FACTOR ANALYSIS AND PREDICTION OF SUICIDE RATES BY COUNTRIES BASED ON DEEP LEARNING MODELS

Николина Батинић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – РАЧУНАРСТВО И АУТОМАТИКА

Кратак садржај – *Самоубиство је један од водећих узрока смрти у свијету, што је изузетно забрињавајуће. У овом раду се примјеном техника вјештачке интелигенције врши анализа фактора који утичу на самоубиства, као и предикција стопе самоубиства за различите групације људи. Са тим циљем прикупљено је више скупова података који садрже различите факторе који могу утицати на стопу самоубиства у држави, како би се испитао њихов значај. Примери анализираних фактора су држава, пол, старосна група, година и коефицијент незапослености. Над претпроцесираним подацима испробана су два приступа: (1) класичан приступ (који обухвата више различитих регресионих модела) и (2) и приступ базиран на временским серијама (где се користи LSTM мрежа).*

Кључне ријечи: *временске серије, рекурентне неуронске мреже, LSTM, регресија.*

Abstract – *Suicide is one of the leading causes of death worldwide, which is highly worrying. This paper applies artificial intelligence to analyze the factors that might influence suicide and predict the suicide rate for different groups. Several data sets containing different factors that might influence the countries' suicide rates were collected to analyze their importance. These factors include country, gender, age group, age, and unemployment rate. Multiple prediction approaches were applied to the preprocessed data: (1) a traditional approach (multiple regression models) and (2) a time series approach (using the LSTM model).*

Keywords: *time series, RNN, LSTM, regression*

1. УВОД

Према подацима Свјетске здравствене организације (енг. *World Health Organization* – WHO) у свијету се сваких 40 секунди убије једна особа. У посљедњих пола вијека стопа самоубиства на свјетском нивоу је повећана за 60% [1].

У посљедњих неколико година, медицински стручњаци и истраживачи су се све више фокусирали на препознавање и спрјечавање самоубилачких образаца и понашања. Поред бројних напора стручњака и програма за превенцију самоубистава, и даље не се види значајно побољшање [2]. Међутим, са напретком технологије и вјештачке интелигенције, проблему се може приступити на другачији начин.

У овом раду се примјеном техника вјештачке интелигенције врши анализа фактора који утичу на самоубиства, као и предикција стопе самоубиства за различите групације људи. У овом циљу, у раду се врши:

- Анализа и обрада података – врши се претпроцесирање и издвајају фактори који ће бити укључени у тренирање модела;
- Предикција стопе самоубиства – примјењују се два различита приступа: класичан приступ (регресиони модели) и приступ базиран на временским серијама (енг. *time series*), што су у овом случају панел (лонгитудинални) подаци.

Добијеним резултатима се може допринијети превенцији самоубиства, што представља и мотивацију за израду овог рада.

У класичном, *cross-sectional* приступу, за предикцију је испробано више различитих регресионих модела, попут: регресије методом случајне шуме (енг. *Random Forest*), *Gradient boosting Regressor*-а и *Ridge* регресије. Код методологије базиране на временским серијама кориштена је рекурентна неуронска мрежа (енг. *Recurrent Neural Network* - RNN), LSTM (*Long Short-Term Memory*) архитектуре.

У наредном поглављу дат је преглед претходних рјешења који су се бавили истим или сличним проблемом као и овај рад. Детаљи рјешења и имплементације система су описани у поглављу 3, а поглавље 4 садржи анализу добијених резултата. Посљедње, 5. поглавље, представља закључак рада.

2. ПРЕТХОДНА РЈЕШЕЊА

Проблем проналажења фактора који имају највећи утицај на повећану стопу самоубиства је у вјештачкој интелигенцији присутан већ неко вријеме. У посљедњим годинама се све више користе методе дубоког учења за рјешавање овог проблема.

У раду [3] су анализирани узроци који утичу на стопу самоубиства у Индији. Скуп података који је кориштен чине подаци који садрже информације о самоубиствима у Индији, објављен од стране

НАПОМЕНА:
Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је била др Јелена Сливка, ванр. проф.

Националног бироа за евиденцију криминала у Индији у периоду од 2001. до 2012. године. Неки од фактора који представљају улазне варијабле су: пол, држава у Индији, година, старосна група, начин самоубиства, брачни статус и ниво образовања. Лабела је представљала претпостављени узрок (болест, породични проблеми, итд.).

За предикцију су кориштени вјештачка неуронска мрежа (енг. *Artificial Neural Network* - ANN) и метод потпорних вектора (енг. *Support Vector Machine* - SVM). ANN је дао тачност од 77.5%, а SVM 81.5%. Оно што је значајно за овај рад је да се у раду [3] показало да многи од фактора које и овај рад испитује, имају значајан утицај на ризик од самоубиства, с тим што се предикција вршила само за подручје Индије и што подаци нису посматрани као временске серије.

Рад [4], у коме се користи скуп података који је један од скупова података који чине финални скуп у овом раду, пореди ефикасност различитих модела машинског учења за предвиђање стопе самоубиства у зависности од државе. Модели су обучавани на дијелу података Свјетске здравствене организације, који садржи преглед стопе самоубиства од 1985. до 2016. године. Независне промјењиве кориштене за обучавање су: држава, година, бруто домаћи производ за ту годину, пол, старост, генерација. Испробан је велики број различитих модела, а најслабије резултате су дали *Ridge*, LASSO и *Elastic net* регресија. Значајно бољи резултати су добијени уз помоћ *Decision Tree Regressor*-а и регресије методом случајне шуме. У овом раду су испробане наведене методе из рада [4]. Главни недостатак рада [4] је то што није вршена експлоративна анализа података и што није испробан приступ базиран на временским серијама.

Када су у питању предикције временских серија, у раду [5] се пореди ефикасност обичне рекурентне неуронске мреже и LSTM-а приликом предикције вриједности акција са подацима базираним на временским серијама. Кориштена су два независна скупа: дневни подаци о тржишту са Шангајског композит индекса и са Дау Џонс индекса у периоду од 2007. до 2017. године. Почетна цијена, цијена затварања и најнижа дневна цијена представљају независне промјењиве, док је цијена затварања следећег дана зависна промјењива. За обучавање модела кориштени су подаци из првих осам година, док су за тестирање кориштени подаци из посљедње двије године из скупа података. LSTM је показао боље резултате у односу на RNN. Из тог разлога, LSTM је испробан и у овом раду, иако се ради са панел подацима.

3. МЕТОД

У наредним поглављима су описани скупови података кориштени у раду, начин на који је извршена експлоративна анализа података и архитектура испробаних модела за предикцију.

3.1. Скупови података

Финални скуп података, над којим су тренирани и тестирани сви кориштени модели у овом раду је креиран анализом, интеграцијом и трансфомрацијом више различитих јавно доступних скупова података.

Први скуп података [6] чини укупно 27.820 инстанци. Циљну лабелу представља број самоубистава на 100.000 становника. Остала обиљежја су: држава, година, пол, старосна група, број самоубистава, популација, индекс хуманог развоја (енг. *Human Development Index* – HDI), бруто домаћи производ (енг. *Gross Domestic Product* – GDP) по становнику и укупно и демографска генерација којој припада популација. Скуп садржи информације од 1987. до 2016. године уз велики број недостајућих вриједности за неке од атрибута, попут HDI-а.

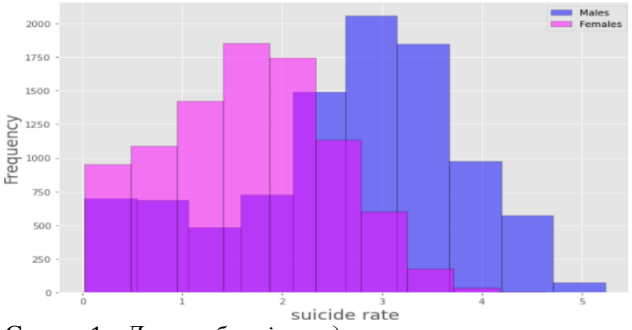
Други скуп података, који је кориштен у раду је преузет са сајта Свјетске банке (енг. *World bank*) [7]. Садржи информације о основним економским параметрима већина држава свијета у периоду од 1985. до 2016. године. Неке од информација које представљају обиљежја су: раст GDP-а по становнику, коефицијент незапослености по половима и ЏИНИ коефицијент. За преко 6.000 података недостају информације о ЏИНИ коефицијенту, због чега је кориштен и трећи скуп података [8] који садржи информације о остваренoм ЏИНИ индексу за све државе по годинама (од 1800. до 2016. године).

У раду је испробан и четврти скуп података [9], који садржи информације о стопи развода по годинама и државама. Укупно има 2.819 података које чине информације од 1991. до 2018. године. За велики број држава и година нема података.

3.2. Експлоративна анализа и обрада података

Над претходно описаним скуповима података извршена је експлоративна анализа и обрада. Овај процес је врло често круцијалан у поступку предикције, јер је то једини начин да сирови подаци постану употребљиви. Први корак представља анализа и обрада сваког од скупова података понаособ.

У првом скупу података, који између осталог садржи и циљну лабелу, уклоњене су колоне које садрже велики број недостајућих вриједности, као и колоне које су у савршеној корелацији са неким од осталих обиљежја (нпр., укупан GDP и GDP по становнику). На слици 1 је приказана дистрибуција података на основу стопе самоубистава у зависности од пола, након што је примијењена логаритамска трансформација циљне лабеле. Оно што се најприје може закључити је већа стопа самоубистава код мушкараца, него код жена.



Слика 1. *Дистрибуција података на основу стопе самоубистава у зависности од пола.*

Из другог скупа података су издвојене колоне које представљају незапосленост по половима, те су уклоњени редови који садрже недостајуће вриједности на основу овог обиљежја. Након тога је овај скуп података интегрисан са претходно објашњеним скупом на основу државе и године на коју се односе подаци. Трећи скуп података, који садржи информације о ЏИНИ индексу држава по година, је интегрисан са претходна два.

На финални скуп, који чине подаци из претходно наведених скупова података, додат је и четврти скуп који садржи информације о стопи развода. Након ове интеграције, дошло је до значајног губитка података, због чега су за предикцију испробана два финална скупа података (са и без стопе развода). Из финалних скупова избачене су државе које су садржале велики број података са стопом самоубиства која износи 0, због ирелевантности информација. На крају, финални скуп података, без стопе развода, је имао 17.429 узорака, док је други скуп, који садржи и стопу развода, имао око 10.000 података.

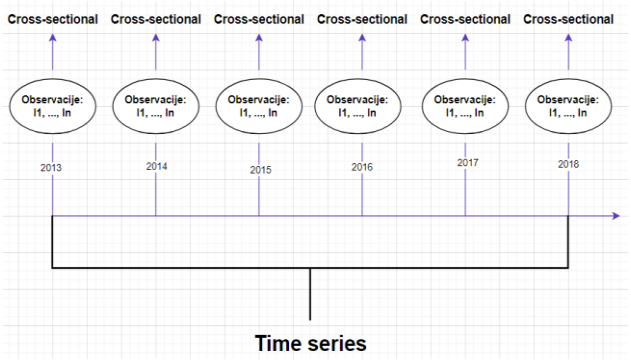
Након интеграције и креирања финалног скупа података, поново је извршена анализа, на основу које се могло закључити да у женској популацији, на глобалном нивоу, постоји благи тренд опадања стопе самоубистава, док у мушкој популацији ова вриједност варира кроз вријеме. Осим тога, закључује се и да највећу стопу самоубистава има Највећа генерација (енг. *Greatest generation*), што је и очекивано, с обзиром да ову генерацију чине дјеца Првог свјетског рата и борци Другог свјетског рата, са бројним траумама.

3.3. Архитектура рјешења

За предикцију стопе самоубиства кориштена су два различита приступа: класичан (*cross-sectional*) приступ и приступ заснован на панел подацима.

Класичан приступ подразумијева да се подаци посматрају као опсервације различитих ентитета у једном временском тренутку. Вријеме, што је у овом случају година, представља категоричко обиљежје, као и свако друго, што значи да се не прати тренд кретања вриједности циљне лабеле кроз вријеме. Над њим, као и осталим категоричким обиљежјима, извршена је конверзија у нумеричку вриједност, примјеном *label encoding*-а. За предикцију је кориштено више различитих модела машинског учења за регресију. Испробани су следећи модели: *Ridge*, LASSO и *Elastic net* регресија, *Decision Tree Regressor*, регресија методом случајне шуме и *Gradient Boosting Regressor*.

Финални скуп података, којим се бави овај рад, се може посматрати и као скуп лонгитудиналних или панел података (комбинација временских серија и *cross-sectional* података). Разлог је што у једној години постоје подаци за више држава, док истовремено за једну државу постоје и подаци кроз вријеме, са временским интервалом од једне године (слика 2). Из разлога што постоји више ентитета, што су у овом случају државе, подаци се не могу посматрати као класичне временске серије.



Слика 2. *Илустрација панел дизајна*.

Код регресије панел података је битно да постоји једна колона која јединствено идентификује ентитет. С обзиром на то да у финалном скупу података овог рада за сваку државу постоје опсервације по половима и старосној групи којој та група људи припада, идентификатор представља нова колона, коју чини комбинација следеће три колоне: држава, пол и старосна група. Идентификатор ентитета и колона која представља временску инстанцу, што је у овом случају година, заједно чине *multi-index*.

Прије примјене LSTM-а, извршено је додатно претпроцесирање података како би се подаци припремили за примјену модела. Први корак је „*Lag timestamp*“. Он представља трансформацију *time series* података у *dataframe*, гдје ће сваки податак, осим информација о тренутној опсервацији, садржати и вриједности обиљежја из претходне опсервације, груписан по индексу. Након овога, подаци су додатно преобликовани у 3D формат, да би представљали улаз у LSTM мрежу. Архитектура мреже која је кориштена у овом раду је *Vanilla* LSTM архитектура која се састоји од три слоја: улазни, скривени и један излазни *Dense* слој. Функција губитка (енг. *loss function*) која је кориштена при компајлирању модела је MAE (*Mean Absolute Error*). Модел је трениран у 10 епоха, а *batch size* износи 16.

4. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Када је у питању класичан приступ подацима за регресију, скуп података је подијељен на тренинг и тест у размјери 80:20. За оптимизацију параметара модела кориштена је унакрсна валидација (енг. *cross validation*). Мјере евалуације које су кориштене за одређивање перформанси модела су: R2 (*R-Squared*) и RMSE (*Root Mean Square Error*).

Модел	R2	RMSE
Ridge регресија	0.29	0.94
LASSO регресија	0.29	0.94
Elastic net регресија	0.29	0.94
Decision Tree Regressor	0.89	0.36
Random Forest Regressor	0.64	0.67
Gradient Boosting Regressor	**0.94**	**0.26**
***Gradient Boosting Regressor* (2. скуп)**	**0.96**	**0.23**

Табела 1. *Перформансе cross-sectional модела*.

У табели 1 су дати резултати које су остварили испробани модели над тест скупом података у *cross-sectional* приступу. Као што се може видјети, најбоље резултате је дао *Gradient Boosting Regressor*. Исти модел је испробан и над другим скупом података, који је садржао и информације о стопи развода по државама и годинама. Остварени резултати су за нијансу бољи. Због тога се може закључити да овај фактор има утицај на повећање стопе самоубистава, иако је број података доста мањи.

У приступу базираном на временским серијама експеримент је постављен на више различитих начина. Први начин подразумијева предикцију стопе самоубиства за посљедњу годину за коју постоје подаци. У овом случају, то ће бити 2015. година, јер је 2016. изузета из скупа података, због великог броја недостајућих вриједности. Вриједност додатног параметра, који представља број претходних година чији подаци чине тренинг скуп, као и вриједност осталих хипер-параметара је оптимизована на основу валидационог скупа, кога чине подаци из 2014. године. Други приступ подразумијева да се резултати предвиђају за посљедње двије године из скупа података, док валидациони скуп чине двије године прије. Посљедњи начин на који је постављен експеримент подразумијева подјелу скупа на тренинг и тест у размјери 80:20, временски гледано. У оваквом приступу су због хардверских ограничења кориштени параметри LSTM модела добијени из другог приступа. У табели 2 су дати добијени резултати за сваки од постављених експеримената.

Модел	R2	RMSE
LSTM (2015. година)	0.16	0.76
LSTM (посљедње 2 године)	0.32	0.45
LSTM (посљедњих 20% година)	**0.71**	**0.30**

Табела 2. *Перформансе time series модела*.

У оваквом приступу најбољи резултат је остварио модел који на основу првих 80% података, предвиђа резултате за посљедњих 20%. Битно је напоменути да није у потпуности релевантно поредити резултате ових модела, јер је за сваки од њих тест скуп другачији.

5. ЗАКЉУЧАК

Овај рад се бави анализом фактора који утичу на стопу самоубистава у свијету, праћену кроз вријеме по државама, као и самом предикцијом стопе самоубистава. Мотивацију је представљало то што би се добијеним резултатима могло допринијети превенцији великог броја самоубистава, јер је то један од водећих узрока смрти у свијету.

За предикцију су испробана два различита приступа: *cross-sectional* приступ, који не узима у обзир временску зависност података и приступ базиран на панел подацима. У другом приступу примјењен је LSTM модел рекурентних неуронских мрежа. Експеримент је постављен на више различитих начина и упоређење су перформансе за сваки од њих. Финални скуп података, кориштен за тренирање и тестирање модела, чини комбинација више скупова података, прикупљених из различитих извора. Код класичног приступа, најбољи резултат је остварио *Gradient Boosting Regressor*. У приступу базираном на временским серијама гдје је примјењен LSTM модел, најбољи резултати је остварен у експерименту у коме се на основу првих 80% података предвиђају резултати за посљедњих 20%.

Предмет даљих истраживања би могла бити анализа и укључивање додатних фактора, попут вјере, образовања, учесталост коришћења друштвених мрежа итд. Осим тога, потенцијално побољшање се може постићи примјеном некох комплекснијег RNN модела, попут GRU (*Gated Recurrent Unit*) или примјеном неког од трансформер модела.

6. ЛИТЕРАТУРА

[1] Ferretti, Fabio & Coluccia, Anna. (2009). Socio-economic factors and suicide rates in European Union countries. Legal medicine (Tokyo, Japan). 11 Suppl 1. S92-4. 10.1016/j.legalmed.2009.01.014.

[2] J. D. Ribeiro, J. C. Franklin, K. R. Fox, K. H. Bentley, E. M. Kleiman, B. P. Chang, and M. K. Nock, "Self-Injurious Thoughts and Behaviors as Risk Factors for Future Suicide Ideation, Attempts, and Death: a Meta-Analysis of Longitudinal Studies," Psychological Medicine, vol. 46, no. 2, pp. 225–236, 2016. DOI: 10.1017/S0033291715001804

[3] Imran Amin, Sobia Syed, Prediction of Suicide Causes in India using Machine Learning, Journal of Independent Studies and Research (JISR), Volume 15, Issue No 2, 2017.

[4] Jhansi lakshmi Durga Nunna, Akila Rani M., B. V. Ram Kumar, Design of Machine Learning based Suicide Rate Prediction System, International Journal of Scientific Research and Review, Volume 8, Issue 4, 2019

[5] Qiang Jiang, Chenglin Tang, Stock price forecast based on LSTM neural network, International Conference on Management Science and Engineering Management, Springer, pp.393-408, 2018.

[6] https://www.kaggle.com/russellyates88/suicide-rates-overview-1985-to-2016

[7] https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators

[8] https://www.kaggle.com/psterk/income-inequality?select=gini.csv

[9] https://ourworldindata.org/marriages-and-divorces

Кратка биографија:



Николина Батинић рођена је 1997. године у Милићима, БиХ. Основне академске студије завршила је 2020. године на Факултету техничких наука, на ком брани и мастер рад 2022. године из области Електротехнике и рачунарства – Софтверско инжењерство и информационе технологије.
контакт: nina.batinic@yahoo.com

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 004.85
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE09Krickovic

SISTEM ZA PREPORUKU VESTI UPOTREBOM PERSONALIZOVANIH KRATKOTRAJNIH REPREZENTACIJA

NEWS RECOMMENDATION SYSTEM USING PERSONALIZED SHORT TERM REPRESENTATIONS

Luka Kričković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – RAČUNARSTVO I AUTOMATIKA

Kratak sadržaj – *Pojavom internet portala koji ne prikazuju samo svoje autorske članke, nego agregiraju članke sa više izvora, sistemi za preporuku vesti su postali neophodni, kako bi korisnici došli do sadržaja koji ih zanima. Takođe, ovakvi sistemi se mogu primeniti i na drugim platformama poput Twitter-a, gde preporuka tekstualnog sadržaja direktno dovodi do kvalitetnijeg korišćenja platforme. U ovom radu će biti opisan sistem za preporuku tekstualnog sadržaja, a prvenstveno vesti, koji ume da razlikuje korisnikove kratkotrajne i dugotrajne sklonosti, pa na osnovu istorijata pregleda članaka generiše preporuke. Rezultati ovog modela nad MIND-demo skupom podataka su 64.2 AUC, 29,43 mean MRR, 38.78 NDCG@5 i 32.37 NDCG@10.*

Ključne reči: *preporuka vesti, mašinsko učenje, duboko učenje*

Abstract – *With the emergence of internet news portals, especially ones that publish their articles and aggregate articles from other sources, news recommendation systems have become a growing part of the industry. On the other hand, social media websites like Twitter can also benefit from sound textual recommendation systems, as the quality of users' interaction directly depends on the content they serve. This paper aims to introduce an implementation of a news recommendation model that differentiates between users' short- and long-term interests and, with them in mind, generates recommendations for the users. The model we will describe has achieved 64.2 AUC, 29,43 mean MRR, 38.78 NDCG@5, and 32.37 NDCG@10.*

Keywords: *news recommendation, machine learning, deep learning*

1. UVOD

Popularizacijom mobilnih telefona i drugih prenosivih uređaja, štampane vesti su sve manje relevantne čitaocima, a samim time i novinskim kućama. Povećanjem popularnosti internet portala, nastao je novi tip novinskih sajtova, koji ne objavljuju samo svoje autorske članke, već sakupljaju i članke sa drugih izvora i serviraju korisnicima personalizovan sadržaj.

Kako bi servirali korisnicima relevantan sadržaj, ove platforme moraju imati kvalitetne sisteme za preporuku sadržaja. Primer ovakvih platformi je *Microsoft news* [1]. Sa druge strane, ovakvi sistemi se mogu primeniti in a blog sajtove poput *Medium*-a [2], koji takođe koristi sličan sistem kako bi korisnicima servirao sadržaj, tako da se kvalitet ovakvog sistema direktno odražava na kvalitet interakcije korisnika platforme.

Prvi sistemi za generisanje preporuka su koristili *content filtering* tehnike, kako bi razumele sadržaj. Drugim rečima, ovi sistemi su analizirali sadržaj, ali ne i čoveka kome preporučuju sadržaj. Kreirani su profili za interesantne sadržaje i na osnovu toga su se klasifikovali binarno: preporučiti ili ne. Potom su usledile *collaborative filtering* tehnike, koje su značajne jer su počele da uzimaju u obzir i korisnike kojima preporučuju sadržaj. Novi problem koji nastaje upotrebom ovih tehnika je upravljanje velikom količinom podataka [3]. Kako je sve više sadržaja dostupno na internetu, a i dinamika konzumiranja sadržaja postaje sve kompleksnija, nova rešenja su postala potrebna kako bi korisnici zaista dobijali dobre preporuke.

Moderna rešenja za preporuku tekstualnog sadržaja, a pogotovo vesti, su najbolje opisana u radu [4]. Sva moderna rešenja, na kojima se bazira model opisan u ovom radu, se temelje na dubokom učenju i na arhitekturama sličnim transformer mrežama. Prvi rad koji predlaže moderniju arhitekturu za sisteme za preporuku vesti je DKN (eng. *Deep Knowledge-aware Network*) [5], koji predlaže da se sistem podeli u tri komponente, enkoder članaka, enkoder korisnika i podsistem za generisanje preporuka.

Rešenje opisano u ovom radu se sastoji iz sva tri podsistema koje predlaže rad [5], ali su sve pojedinačne komponente izmenjene, kako bi drugačije analizirali članke i korisnike i time generisali kvalitetnije i više personalizovane preporuke.

Sistem predstavljen u radu ume da razlikuje korisnikove kratkotrajne i dugotrajne interese, tako da određene članke preporučuje samo u odgovarajućem vremenskom periodu, a putem enkodovanja naslova članaka ume da prepozna koje će reči privući pažnju određenom korisniku.

2. PRETHODNA REŠENJA

Stariji sistemi za preporuku su koristili *content* i *collaborative filtering*, ali u ovom poglavlju će veći fokus

---

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Jelena Slivka, vanr. prof.

biti na modele koji koriste enkoderske arhitekture za generisanje preporuka. Najpopularnija rešenja ovog tipa su prikazana u radu [4].

Prvi popularniji sistem koji se oslanja na enkodersku arhitekturu je bio DKN [5], koji je predlagao podelu sistema na enkoder članaka, enkoder korisnika i podsistem za generisanje preporuka. Enkoder članaka prvo uzima naslov članka i vektorizuje ga upotrebom *knowledge graph* tehnika, kako bi vektori sadržali kontekst iza reči u naslova [5]. Nakon inicijalne vektorizacije, članci prolaze kroz konvolutivnu neuronsku mrežu, koja priprema vektore za *attention* mehanizam koji sledi. Ovaj mehanizam služi da izdvoji ključne, odnosno najbitnije reči iz naslova članaka. Enkoder korisnika podrazumeva iteriranje kroz istorijat članaka i vektorizaciju svakog naslova teksta. Kada se svi tekstovi vektorizuju, novonastali vektori se sumiraju i šalju u klasifikator, zajedno sa vektorskom reprezentacijom kandidatskog članka. Klasifikator je u ovom slučaju sekvencijalna mreža, koja određuje da li treba korisniku preporučiti članak ili ne. Takođe, ovaj rad uvodi i AUC (eng. *Area Under Curve*) metriku, kojom se evaluiraju svi moderni radovi na ovu temu. Ovaj model postiže 65.9% AUC nad skupom podataka kojeg su autori pripremili preuzimanjem podataka sa različitih portala. Za poređenje, najbolji prethodni model, LibFM, je postizao 59.7% AUC.

Jedan od zanimljivijih radova na ovu temu bio je [6], jer uvodi personalizovani enkoder članaka, koji vektorizuje članke na način da naglasi reči iz naslova koje pojedinačnom korisniku mogu privući pažnju, za razliku od ostalih primera koji su se oslanjali na upotrebu generičkih *attention* mehanizama. Rezultati koje ovaj model (u daljem tekstu NPA model) postiže su 62.45% AUC metrike, što je više od DKN, koji je postizao 58.63% nad istim skupom podataka.

Prvi rad koji se više fokusira na enkoder korisnika nego na enkoder članka bio je [7], koji predstavlja LSTUR model. Ovaj enkoder je specifičan jer ne koristi samo jednu vektorsku reprezentaciju korisnika, nego kreira dve: kratkotrajnu i dugotrajnu reprezentaciju. Dugotrajni interesi svakog korisnika se čuvaju u obliku *lookup* tabele, a kratkotrajni interesi se modeluju pomoću enkodera članaka, čiji se izlazi šalju u rekurentnu neuronsku mrežu. Rekurentne mreže su spojene u lanac, tako da izlaz iz rekurentne jedinice inicijalizuje sledeću jedinicu. Ukoliko je poslednja rekurentna jedinica, odnosno poslednji članak, izlaz se šalje direktno u klasifikator, koji je ponovo sekvencijalna mreža. Postoje dve verzije ove arhitekture, inicijalizaciona i konkatenaciona, gde inicijalizaciona koristi dugotrajne reprezentacije korisnika za inicijalizaciju prve rekurentne jedinice, dok konkatenaciona konkatenira vektorsku reprezentaciju korisnika na izlaz iz poslednje rekurentne jedinice.

3. SKUPOVI PODATAKA

Kako je inspiracija za implementaciju ovog sistema proistekla iz MIND takmičenja, jedini podesan skup za ovaj model bio je upravo MIND (eng. *Microsoft News Dataset*). Ovaj skup podataka je specifičan, jer je prvi javno dostupan skup podataka koji, osim podataka o člancima, sadrži i podatke o utiscima korisnika, kao i o sesijama korisnika koji interaguju sa *Microsoft News* platformom [1].

Mind skup podataka se sastoji iz 160.000 članaka na engleskom jeziku, kao i 15 miliona utisaka od milion korisnika *Microsoft News* platforme. Sastoji se iz četiri datoteke, „behaviours.tsv“, „news.tsv“, „entityembedding.vec“ i „relationembedding.vec“. *Behaviours* datoteka sadrži podatke o sesijama korisnika, modelovane kroz istorijat članaka koje je korisnik pregledao, uz dodatni podatak o vremenu početka sesije i anonimizovanom identifikatoru korisnika. Sesije ne sadrže samo samo članke koje je korisnik kliknuo, nego sadrže i određen broj članaka koje korisnik nije kliknuo, ali su mu servirani. *News* dokument sadrži tekstove i naslove vesti, ali sadrži i meta podatke o člancima, poput kategorije, pod kategorije, *url*-a, apstrakta, kao i embedinga, koji se koristi za inicijalizaciju embeding slojeva.

Behaviours datoteka sadrži utiske korisnika, modelovane kroz identifikatore utiska i korisnika čiji je utisak, vremena kreiranja utiska, istorijata članaka koje je korisnik pregledao, skupa naslova koji su predstavljeni korisniku anotirani sa 1 ili 0 u zavisnosti od toga da li je korisnik kliknuo na naslov ili ne. *News* dokument sadrži podatke o člancima poput identifikatora članka, kategorije, pod kategorije, naslova, apstrakta, linka ka članku, kao i podatke poput embedinga, naslova i apstrakta. *Entity* i *relation embedding* datoteke sadrže embeding vektore entiteta i relacija između entiteta. Za potrebe ovog projekta je korišćena demo verzija ovog skupa, kako bi se istrenirao model u prihvatljivom vremenskom periodu. Ovaj skup je prerađen tako što je vektorizovan upotrebom *word2vec* algoritma. Skup podataka je podeljen na trening, test i validacioni podskup.

Zbog postojanja *Microsoft*-ovog *recommenders* API-a, nisu ručno preuzimani skupovi i deljeni u podskupove, nego su pozivom metode „download_deeprec_resources“ preuzeti „MINDdemo_train“ i „MINDdemo_dev“, od kojih prvi služi za trening i test, a drugi za validaciju.

4. METODOLOGIJA

U ovom poglavlju će biti opisana arhitektura modela za preporuku vesti kroz tri poglavlja: (1) enkoder članka, (2) enkoder korisnika, (3) podsistem za generisanje preporuke. Takođe, u odvojenom poglavlju će biti opisan proces obučavanja modela.

4.1. Enkoder članaka

Ulaz u enkoder članaka je tekst naslova članka, koji ne prolazi kroz pretprocesiranje, jer se većina logike procesiranja odvija u okviru modela. Prvi sloj enkodera je vektorizator, koji od svake reči kreira embeding vektor sa *n* elemenata, gde je *n* u ovom slučaju 200 (hiper-parametar kojeg propisuje MIND takmičenje). Sledeći korak je konvolutivna neuronska mreža, koja priprema vektore za *attention* mehanizam. Svrha upotrebe konvolutivnih mreža u obradi tekstova je izvlačenje naglašenih reči iz rečenica, tako da dalji mehanizam

preporuke ne tretira sve reči ravnopravno. Na primer, model opisan u ovom radu, kao i model iz rada [6], naglašava reč "NBA" iz rečenice „NBA season is about to begin", ali je zanimljivo što naglašava i reči poput „Shock", „Disbelief" i slično, koje su karakteristika takozvanih *clickbait* naslova, koje su svakako i upotrebljene kako bi privukle pažnju čitaocima. Nakon pripreme vektora kroz konvolutivnu mrežu, sledeći korak u obradi je prolaz kroz *attentive pooling* mehanizam, koji naglašava samo reči koje su u fokusu rečenice. Ovaj mehanizam je prilično sličan konvolutivnoj mreži po svojoj svrsi, ali za razliku od konvolutivne mreže, ne naglašavaju se reči poput „Shock" i „Disbelief", nego se naglašavaju reči koje su semantički značajnije za rečenicu. Na prethodnom primeru, iz „NBA season is about to begin" bi *attentive pooling* mehanizam naglasio „NBA" i „begin", jer nose najveće semantičko značenje u rečenici.

4.2. Enkoder korisnika

Funkcija enkodera korisnika je da modeluje osobu koja interaguje sa sistemom kroz njihov istorijat pretrage. Ulaz u ovaj sistem je korisnikov identifikator, kao i njegov istorijat pročitanih članaka. Specifično za ovaj enkoder korisnika jeste da modeluje korisnikove kratkotrajne i dugotrajne interese. Na primer, ukoliko korisnik pogleda članak o formuli 1, verovatno će ga konstantno interesovati članci o vozačima i povezanim sportskim događajima. Nasuprot ovome, ukoliko korisnik pročita vest o filmu *Top Gun,* verovatno će ga u kratkom vremenskom periodu interesovati članci o *Tom Cruise*-u i drugim glumcima iz filma, ali ga to neće zanimati konstantno, nego do određenog vremenskog praga. Ovo se postiže izdvajanjem dugotrajnih interesa korisnika u *lookup* tabelu, u ključ-vrednost formatu, gde je ključ embedovan identifikator korisnika, a vrednost niz embedovanih naslova članaka. Ova tabela se kreira prilikom inicijalizacije modela, za korisnike koji su registrovani u sistemu, analizom istorijata preporuke i izdvajanjem grupa članaka koje korisnik konstantno otvara, dok se kratkotrajni interesi modeluju za vreme generisanja preporuke.

Svi članci, koji se smatraju kratkotrajnim interesima korisnika, se provlače kroz enkoder članaka opisan u prethodnom poglavlju. Vektorske reprezentacije članaka se prosleđuju svaka u svoju rekurentnu neuronsku mrežu (GRU, eng. *Gated Recurrent Unit*). Ove rekurentne mreže su povezane u lanac, tako da izlaz iz jedne mreže predstavlja težine inicijalizacije sledeće mreže. Dolazi se do pitanja: (1) kako inicijalizovati prvu rekurentnu mrežu i (2) kako upotrebiti podatke o dugotrajnim interesima korisnika?

Odgovor na ova pitanja pruža rad [7] i se može dati kroz dva pristupa: (1) inicijalizacioni i (2) konkatenacioni. Po prvom pristupu, vrednost *i* iz *lookup* tabele, zajedno sa embedovanim identifikatorom korisnika se koriste za inicijalizaciju težina prve rekurentne mreže, dok se po drugom pristupu izlaz iz poslednje rekurentne mreže konkatenira na vrednosti iz *lookup* tabele i tako šalje na podsistem za generisanje preporuke. Ne postoje jasne prednosti i jednog od ova pristupa, ali u okviru eksperimenata sprovedenih u ovom radu, neznatno bolje rezultate je konzistentno postizala arhitektura sa inicijalizacionim pristupom, pod pretpostavkom da su težine poslate na ulaz prve rekurentne jedinice ipak optimizovane procesom obučavanja modela. Iako je bolje rezultate postizao inicijalizacioni pristup, ovi rezultati nisu toliko drastično bolji da bi se moglo garantovati da je bolji od konkatenacionog.

4.3. Podsistem za generisanje preporuke

Ovaj podsistem je najjednostavniji od navedena tri i služi za obradu rezultata iz enkodera vesti i korisnika. Ulaz u ovaj sistem su generisane vektorske reprezentacije kandidatskog članka i korisnika, gde ovi vektori prolaze kroz dva odvojena „pod modela", čiji se rezultati agregiraju. Prvi pod model koristi običan skalarni proizvod, čime množi dva embedinga i rezultat provlači kroz *softmax*. Drugi pod model koristi *Time Distributed* sloj za modelovanje kandidatskog članka, koji se šalje na skalarni proizvod sa vektorskom reprezentacijom korisnika i koristi se sigmoidna aktivaciona funkcija. Na osnovu ova dva vektora se generiše preporuka upotrebom *recommenders* API-a [8].

4.4. Obučavanje modela

Kako se MIND skup podataka preuzima upotrebom *recommenders* API-a [8], dolazi unapred podeljen na tri podskupa, trening test i validacioni. U ovom radu, korišćena je demo verzija MIND skupa, jer su veće verzije previše računarski skupe za potrebe ovih eksperimenata. Podela na podskupove nije određena po procentima kao što se često radi (npr. 80%/10%/10%), nego je određena tako što su se podaci prikupljali kroz vremenski period od par nedelja, gde je šest dana poslednje nedelje upotrebljeno za test skup, a jedan dan poslednje nedelje upotrebljen za validacioni skup. Za demo verziju ovog skupa je samo skaliran broj članaka, tako da sadrži minimalan podskup originalnog skupa potreban za postizanje dobrih rezultata.

5. EVALUACIJA REŠENJA I REZULTATI

Za evaluaciju modela upotrebljene su sledeće metrike: (1) AUC (eng. *Area Under roc Curve*), *Mean* MRR, NDCG@5 i NDCG@10. Glavna od navedenih metrika je AUC i ona predstavlja površinu pokrivenu ROC (eng. *Receiver Operating Characteristic*) krivom. Ova kriva predstavlja grafički prikaz odnosa TPR (eng. *True Positive Rate*) i FPR (eng. *False Positive Rate*), koji se računaju na osnovu sledećih formula:

$$TPR = \frac{TP}{TP + FN},$$

$$FPR = \frac{FP}{FP + TN},$$

Gde TP predstavlja broj tačnih pozitivnih predikcija, FN broj lažnih negativnih predikcija, FP broj lažno pozitivnih i TN broj tačno negativnih predikcija. Sam AUC se dobija računanjem vrednosti integrala ove krive. Optimizacijom ove metrike se model tera da generiše tačne pozitivne preporuke, a uči se da zanemaruje nasumično tačne i tačno negativne preporuke [9].

Poređenje rezultata modela opisanog u ovom radu i modela na osnovu kojih je ovaj model baziran je dat na tabeli 1.

Tabela 1. *AUC, Mean MRR i NDCG rezultati modela*

Naziv modela	AUC	Mean MRR	NDCG@5	NDCG@10
Model opisan u ovom radu – demo skup	**64.2**	**29.43**	**38.78**	**32.37**
LSTUR – demo skup	52.01	22.14	22.92	29.12
LSTUR	**67.73**	**32.77**	**35.59**	**41.34**
NPA	66.69	32.24	34.94	40.68

Naglašena su dva reda, jer predstavljeni modeli nisu obučavani nad istim skupovima podataka. Kao što se može videti, model opisan u ovom radu postiže značajno bolje rezultate u odnosu na LSTUR [7], jer koristi personalizovani *attentive pooling*, za razliku od LSTUR modela koji koristi "generički" *attention* mehanizam. Takođe, kada se uporedi sa LSTUR i NPA modelima obučenim nad celim MIND skupom podataka, na osnovu rezultata iz rada [3], može se zaključiti da model opisan u ovom radu postiže gotovo iste rezultate kao modeli na kojima je baziran, iako je obučen nad drastično manjim skupom podataka.

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu je predstavljeno rešenje za problem preporuke vesti, koje uzima u obzir korisnikove podatke prilikom generisanja vektorske reprezentacije naslova članaka i uspešno modeluje razliku između korisnikovih dugotrajnih i kratkotrajnih interesa.

Model se sastoji iz tri pod elementa, enkoder članaka, enkoder korisnika i podsistem za preporuku vesti. Enkoder članka koristi embeding sloj za generisanje embedinga svake pojedinačne reči iz naslova članka, nakon čega rezultujući vektori prolaze kroz konvolutivnu neuronsku mrežu i kroz personalizovani *attentive pooling* mehanizam.

Enkoder korisnika provlači sve članke iz istorije pretrage korisnika kroz enkoder članaka, nakon čega ih šalje u lanac rekurentnih mreža koje su inicijalizovane embedingom korisnikovih dugotrajnih interesa. Izlaz iz poslednje rekurentne jedinice u lancu se dalje šalje podsistemu za generisanje preporuke. Podsistem za generisanje preporuke kao ulaz, osim izlaza poslednje rekurentne jedinice iz enkodera korisnika, prima i vektorsku reprezentaciju članka. Za ova dva vektora se računa skalarni proizvod i na osnovu njega se generiše preporuka.

Moguća unapređenja za ovaj model su upotreba *multi head attention* mehanizma, poput onoga koji se pojavljuje u BERT modelu. Takođe, moguće je upotrebljavati BERT-ov tokenizator ili GPT tokenizator, koji kreiraju preciznije embedinge pojedinačnih reči. Poboljšanje bi se postiglo i korišćenjem ansambl modela, podelom skupa na *n* podskupova i nad svakim od podskupova obučiti po jednu instancu identičnog modela. Prilikom izvršavanja preporuke bi se računala prosečna vrednost preporuka svih *n* modela i time bi se postizale stabilnije performanse.

7. LITERATURA

[1] Microsoft news https://news.microsoft.com/ [datum pristupa 26.06.2022.]

[2] Medium https://www.medium.com [datum pristupa 26.06.2022.]

[3] Važnost sistema za preporuku https://medium.com/@Commons/the-importance-of-recommender-systems-36f86f92181 [datum pristupa 26.06.2022.]

[4] Fangzhao Wu, Ying Qiao, Jiun-Hung Chen, Chuhan Wu, Tao Qi, Jianxun Lian, Danyang Liu, Xing Xie, Jianfeng Gao, Winnie Wu, and Ming Zhou. 2020. MIND: A Large-scale Dataset for News Recommendation . In *Proceedings of the 58th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics* , pages 3597–3606, Online. Association for Computational Linguistics.

[5] Wang, Hongwei & Zhang, Fuzheng & Xie, Xing & Guo, Minyi. (2018). DKN: Deep Knowledge-Aware Network for News Recommendation. WWW '18: Proceedings of the 2018 World Wide Web Conference. 1835-1844. 10.1145/3178876.3186175.

[6] Wu, Chuhan & Wu, Fangzhao & An, Mingxiao & Huang, Jianqiang & Huang, Yongfeng & Xie, Xing. (2019). NPA: Neural News Recommendation with Personalized Attention.

[7] Mingxiao An, Fangzhao Wu, Chuhan Wu, Kun Zhang, Zheng Liu, and Xing Xie. 2019. Neural news recommendation with long-and short-term user representations. In ACL, pages 336–345.

[8] Recommenders zvanična dokumentacija https://readthedocs.org/projects/microsoft-recommenders/ [datum pristupa: 16.7.2022.]

[9] Objašnjenje AUC metrike https://developers.google.com/machine-learning/crash-course/classification/roc-and-auc [datum pristupa 16.7.2022/]

Kratka biografija:

Luka Kričković rođen je 10.2.1999. godine u Novom Sadu. Master rad na Fakultetu Tehničkih Nauka u Novom Sadu je odbranio 2022. godine.

kontakt: krickovicluka@gmail.com

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 007:004.056
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE10Ilic

IMPLEMENTACIJA INFORMACIONE BEZBEDNOSTI AKVIZICIONO-UPRAVLJAČKIH SISTEMA NA *CLOUD*-U

IMPLEMENTATION OF THE INFORMATION SECURITY OF A SCADA SYSTEM ON THE CLOUD

Nemanja Ilić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – PRIMENJENO SOFTVERSKO INŽENJERSTVO

Kratak sadržaj – *U ovom radu je detaljno opisan podsistem za autentifikaciju i autorizaciju korisnika kako u tradicionalnom, tako i u Cloud okruženju. Za ove potrebe, razvijene su dve aplikacije koje simuliraju procese akviziciono-upravljačkih sistema i detaljno su opisani koraci koje je potrebno preduzeti kako bi se migriralo sa tradicionalnog okruženja na Cloud okruženje. Potreba za prelaskom sa tradicionalnog okruženja na Cloud okruženje se javlja iz činjenice da Cloud okruženje pruža brojne prednosti po pitanju performansi* [1]*, ali i zbog lakoće implementacije sigurnosnih aspekata u već postojeća rešenja što je i demonstrirano u ovom radu.*

Ključne reči: *Informaciona bezbednost, AUS, Cloud, autentifikacija, autorizacija*

Abstract – *This paper describes the user authentication and authorization subsystem in detail in the traditional as well as in the Cloud environment. For these demonstration purposes, two applications that simulate the processes of a SCADA system have been developed and steps that need to be taken have been described in great detail in order to migrate from the traditional to the Cloud environment. The need for moving to the Cloud environment from the traditional one arises from the fact that the Cloud environment offers numerous advantages in terms of performance* [1]*, but also because of the ease of implementation of the security aspects into existing solutions which is demonstrated in this paper.*

Keywords: *Information security, SCADA, Cloud computing, authentication, authorization*

1. UVOD

Objekti kritične infrastrukture predstavljaju objekte koji su od visokog značaja za normalno funkcionisanje jedne države. U ovakve objekte se nabrajaju telekomunikacioni objekti, objekti za proizvodnju i prenos električne energije, objekti za skladištenje, transport i preradu nafte, gasa i drugih derivata, objekti za vodosnabdevanje, saobraćajna infrastruktura (putevi i signalizacija), objekti vitalnih državnih institucija (bolnice, generalštab, televizije, itd.).

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Srđan Vukmirović, red. prof.

Kritične infrastrukture kao što je elektrodistribucija su uvek u potencijalnoj opasnosti od zlonamernih softverskih napada.

Neadekvatnom zaštitom elektrodistribucione infrastrukture omogućeni su napadi kao što su Black Energy [2] i napad na kompaniju Telvent [3].

Iz ova dva napada moguće je uočiti da su pouzdana identifikacija, autentifikacija i autorizacija prvi i ključni korak pri izbegavanju zloupotrebe softverskih rešenja, što je od posebno visoke važnosti u industrijskim sistemima i objektima kritične infrastrukture.

2. TEORIJSKE OSNOVE

Informacija predstavlja određeno znanje koje je moguće preneti ili primiti kao podatak, a vezano je za određenu činjenicu ili okolnost. Informacioni sistem predstavlja skup komponenti koje se nekada nazivaju i resursi, a one su: hardver, softver, podaci, komunikaciona mreža, ljudski resursi i procedure. Svi ovi resursi omogućavaju informacionom sistemu da vrše prikupljanje, obradu, prenos i skladištenje informacija [4].

U današnje vreme, *informaciona bezbednost* [5] se uglavnom zasniva na uspešnoj implementaciji tzv. CIA trijade (eng. *Confidentiality-Integrity-Availability*), kao i na osiguranju neporicivosti i autentičnosti podataka. Ovo se postiže implementacijom bezbednosnih mehanizama koji trebaju da budu unapred određeni, konstantno nadgledani i u skladu sa tim poboljšavani.

Cilj informacione bezbednosti je da se u najvećoj meri smanje ili u koliko je moguće, eliminišu u potpunosti bezbednosni rizici kako bi se smanjila mogućnost za potencijalni napad, ali i da se obezbede mehanizmi za detekciju i oporavak od eventualnih napada.

Akviziciono-upravljački sistem, odnosno SCADA je sistem za prikupljanje mernih vrednosti uređaja na terenu, ali isto tako i za slanje upravljačkih zahteva uređajima kojima se može upravljati. Dve glavne osobine koje svaki SCADA sistem mora prvenstveno da ispuni jesu dugovečnost i stabilnost u radu. Na žalost, usled potrebe da ova dva zahteva budu ispunjena, ovi sistemi kao posledicu imaju sporo prihvatanje novih tehnologija i nadogradnje njihovog sistema, ali i primene novih bezbednosnih mehanizama jer uvek postoji mogućnost da svaka izmena učini sistem nestabilnim i nepouzdanim. Iz tog razloga, nadogradnja se vrši tek nakon detaljnih testiranja što u većini slučajeva zahteva dosta vremena.

2.1. Cloud računarstvo

Cloud računarstvo predstavlja isporuku računarskih servisa kao što su računari, skladište, mreže i softver putem interneta. Po načinu fizičke realizacije, *Cloud* rešenja je moguće podeliti ga na tri tipa: Javni (*eng. public*), privatni (*eng. private*) i hibridni (*eng. hybrid*) *Cloud*.

Javnim *Cloud*-om upravljaju takozvani *Cloud* provajderi. *Cloud* provajderi su treća lica koja pružaju računarske resurse poput servera i skladišta putem interneta i sav hardver, softver i propratna infrastruktura je u njihovom vlasništvu. Sam klijent datim servisima pristupa, koristeći svoj nalog, putem web pretraživača. Jedan primer ovakvog tipa javnog *Cloud*-a je Microsoft Azure.

Nasuprot javnom *Cloud*-u je privatni *Cloud* kod kojeg se svi resursi *Cloud* računarstva koriste isključivo od strane jedne kompanije ili organizacije. Glavna stvar koja razgraničava privatni *Cloud* od javnog *Cloud*-a je činjenica da se u privatnom *Cloud*-u servisi i infrastruktura održavaju na privatnoj mreži.

Između privatnog i javnog *Cloud*-a se nalazi hibridni *Cloud* koji kombinuje prednosti javnog i privatnog *Cloud*-a tako što omogućuje kompanijama da privatne podatke drže na privatnoj infrastrukturi i mreži, ali i da imaju pristup svoj računarskoj snazi i skalabilnosti koje omogućava javni *Cloud*. Ovo je omogućeno razmenom poruka između javnog i privatnog *Cloud*-a što omogućava aplikacijama da sarađuju kao kompaktna celina.

3. AKTUELNO STANJE U OBLASTI

Imajući u vidu da je oblast istraživanja ovog master rada u preseku tri različite oblasti – *Cloud* računarstvo, informaciona bezbednost i upravljanje akviziciono upravljačkim sistemima, konkretno sistemima upravljanja elektro distributivnih sistema, potrebno je uzeti u obzir da već postoji veliki broj naučnih radova i istraživanja koji se detaljno bave delovima ovih oblasti.

3.1. Prednosti *Cloud* računarstva

Ideja o mogućnosti skaliranja softverskog rešenja na naizgled neograničen broj resursa zarad poboljšanja performansi aplikacije i po potrebi smanjenje broja resursa zarad smanjenja troškova u trenutcima kada više nisu potrebni predstavlja jedno od glavnih motivacija za razvoj *Cloud* aplikacija kada se govori o javnom *Cloud*-u [6].

Pouzdanost i visoka dostupnost su takođe veoma primamljivi argumenti za prelazak na *Cloud* računarstvo jer o ova dva faktora brinu sami pružaoci usluge *Cloud* računarstva. Moderni pružaoci usluga *Cloud* računarstva dostupnost i pouzdanost rešavaju činjenicom da imaju centre podataka na nekoliko različitih fizičkih lokacija. Ukoliko bi došlo do prekida rada nekog od centra podataka, mehanizmi replikacije podataka i oporavka od otkaza omogućavaju minimalan zastoj rada aplikacije i konstantan integritet podataka. [6].

3.2. Primene *Cloud* računarstva u elektroenergetici

Veliki broj radova je razmatrao ideju o povezivanju tehnologija *Cloud* računarstva sa elementima upravljanja elektroenergetskom, odnosno elektrodistributivnom mrežom. Kao što je obrazloženo u radu [1], primena praktičnog rešenja u produkciji nailazi na izazove usled bezbednosnih, a prvenstveno zakonskih ograničenja usled kojih je u nekim zemljama zabranjeno čuvanje poverljivih informacija i.e. informacija o korisnicima van geografskih granica država u kojima se usluga pruža [7]. Postoji indikacija da će ovaj nedostatak biti prevaziđen u slučaju saradnji nekih od zemalja u skorijoj budućnosti [8] [9], međutim, izazov predstavlja činjenica da su regulacije specifične za svaku zemlju sveta i podložne određenim izmenama tako da je pitanje regulacije zakona o deljenju poverljivih podataka sa drugim zemljama aktuelna tema kod svih softverskih proizvoda koji se razvijaju za *Cloud* okruženje.

3.3. Bezbednosni aspekti *Cloud* računarstva

U radu [10] dat je detaljan pregled velikog broja potencijalnih bezbednosnih pretnji za *Cloud* rešenja, vektore napada, kao i potencijalne preventivne mere koje je moguće preduzeti kako bi se suzbio rizik od napada, dok je u radu [11] dat prikaz izazova implementacije bezbednosnih aspekata *Cloud* računarstva kod kritičnih infrastruktura i donosi zaključak da je neophodno razvijanje pouzdanog sistema za pristup servisima, kao i razvijanje pouzdanog modela kontrole pristupa.

4. KORIŠĆENE TEHNOLOGIJE

Kerberos [12] predstavlja protokol za autentifikaciju i autorizaciju klijent-server aplikacija razvijen od strane MIT-a, a sada se koristi u Microsoft rešenjima, prvenstveno u Windows-u. On omogućava single sign-on čime se omogućava da se korisnik samo jednom prijavi, a potom, u skladu sa svojim pravima, ima pristup svim resursima na mreži.

Ukoliko bi neka aplikacija želela da iskoristi podatke sa nekog drugog web servisa i pri tom se predstavila kao određeni korisnik kako bi uradila nešto na tom servisu umesto korisnika, aplikacija bi tražila od korisnika da im daju svoje kredencijale kako bi se ulogovali kao oni i odradili posao koji imaju. Ovo predstavlja problem delegirane autorizacije. Ovaj problem je rešen uvođenjem OAuth i kasnije OAuth 2.0 protokola, specijalno osmišljenih za tu svrhu.

Kako je postajao zastupljeniji i kako su se potreba za novim slučajevima upotrebe pojavljivala, OAuth 2.0 protokol je počeo da se koristi za šta nije bio namenjen, između ostalog i za autentifikaciju, a za to nije postojala nikakva standardizacija protokola. Iz ove potrebe, smišljen je *OpenID Connect* protokol koji predstavlja ekstenziju OAuth 2.0 protokola sa standardizovanom autentifikacijom.

5. IMPLEMENTACIJA PREDLOŽENOG REŠENJA

Kako bi se demonstrirao proces prelaska sa *on premise* rešenja na *Cloud* bazirano rešenje inicijalna ideja je bila razviti WCF aplikaciju koja simulira procese akviziciono upravljačkog sistema (AUS) kod koje je autentifikacija i autorizacija implementirana putem Active Directory-a, odnosno korišćenjem Kerberos protokola. Nakon uspešne implementacije, planirano je istu aplikaciju prilagoditi tako da koristi OAuth i OpenID Connect umesto Kerberos

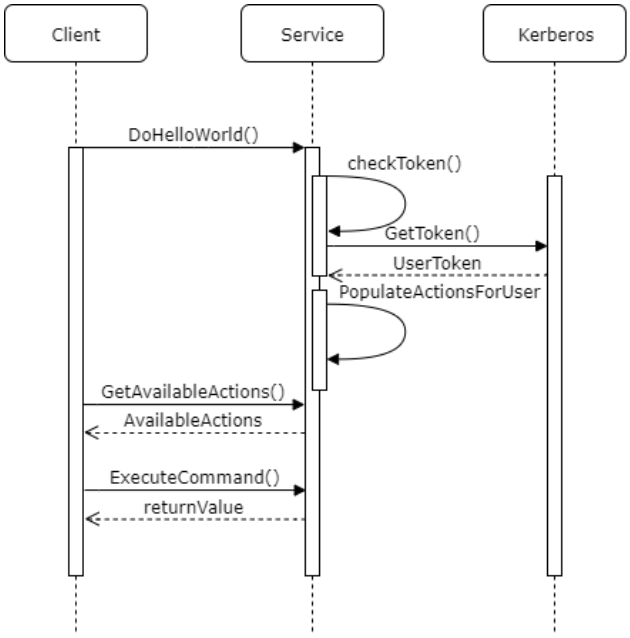
protokola. Na žalost, ovaj pristup nije imao trivijalno rešenje, te je razvijena još jedna, ASP.NET Core aplikacija, kako bi se uspešno implementirao OAuth i OpenID Connect protokol radi autentifikacije i autorizacije.

5.1. WCF aplikacija

Kako bi WCF aplikacija bila u mogućnosti da iskoristi pogodnosti koje pruža Active Directory, a to se prvenstveno odnosi na autentifikaciju, neophodno je da implementira IIdentity interfejs i njega je neophodno pozvati pri prvoj komunikaciji aplikacije sa servisom. Ukoliko se koristi odgovarajući komunikacioni protokol, o implementaciji ovog interfejsa vodi računa sama tehnologija.

Nakon toga, moguće je koristiti klasu ServiceSecurityContext.Current.PrimaryIdentity u kojoj se nalaze svi neophodni parametri potrebni za uspešnu autentifikaciju.

Autentifikaciju je neophodno proveriti pri prvoj komunikaciji klijenta sa servisom. U demonstrativnoj aplikaciji, to se vrši u metodi DoHelloWorld() koju poziva klijent. To je ujedno i jedina metoda koju neautentifikovani klijent može da pozove, a da mu se vrati neki odgovor. Grafički prikaz toka komunikacije ilustruje Slika 1. Ukoliko bi se pozvala bilo koja od druge dve otvoreno dostupne metode klijenta, koje se vide na dijagramu klasa, dobio bi prazan odgovor jer klijent nije autentifikovan.



Slika 1: *Dijagram sekvenci* NSZUR-a

U zavisnosti od toga koja prava korisnik ima, klijentu će biti vraćene različite funkcije koje može i sme da izvrši čime se ostvaruje implementacija RBAC-a.

5.2. ASP.NET Core aplikacija

Nakon implementacije Kerberos i on premise AD autentifikacije, naredan logičan korak je implementacija Azure AD i OpenID Connect autentifikacije. Azure AD [13] predstavlja Azure-ovu SaaS implementaciju Active Directory-a koja se koristi pri *Cloud* aplikacijama. Intenzivnim istraživanjem, ustanovljeno je da WCF ne podržava mogućnost implementacije korišćenja Azure AD umesto on premisse Active Directory-a [14].

Ovo znači da bi deo aplikacije koji predstavlja servis, morao biti napisan kao web aplikacija, odnosno web servis. ASP.NET Core je izabran kao najpogodniji kandidat za korišćenu tehnologiju iz razloga što je neophodno koristiti distribuirano rešenje, a Web aplikacije su po definiciji distribuirane i stoga se izbor sveo na tu tehnologiju.

Prelazak na novu tehnologiju i to konkretno prelazak sa WCF na ASP.NET Core znači da se sama aplikacija fundamentalno menja. Najveća promena je ta što se više između servisa i klijenta ne šalju SOAP poruke već RESTful poruke. Zbog jednostavnosti implementacije, ovo je kao posledicu donelo to da se za razmenu poruka više ne koristi TCP protokol već HTTPS.

Autentifikacija se u ASP.NET Core realizuje anotacijama nad metodama kontrolera ili Razor Pages *code behind*-a.

Kod MVC (eng. *Model View Controller*) pristupa, autentifikacija se realizuje anotacijama iznad metoda nad kojim postoji potreba da se primeni. Anotacije od interesa za autentifikaciju su: [Authorize] i [AllowAnonymous]. *Authorize* označava da metodu anotiranu ovom anotacijom može isključivo da poziva korisnik koji je autorizovan tj. onaj koji se uspešno predstavio sistemu. Metode anotirane *AllowAnonymous* može da poziva bilo koji korisnik, bilo da je on autentifikovan ili ne i svakoj metodi je ovo podrazumevano ponašanje.

Pri korišćenju *Razor Pages* tehnologije za prikaz sadržaja, gubi se MVC metodologija i više nije moguće primeniti anotacije na kontroler. U ovom slučaju se anotacije primenjuju na *OnGet* i *OnPost* metode klase koja predstavlja model te stranice.

Trebalo bi primetiti da je glavna razlika između dva prethodno navedena pristupa u tome što jedan kontroler može da opslužuje mnoštvo stranica dok jedan model u *Razor Pages* odgovara samo jednoj stranici. Stoga je mnogo lakše obezbediti servis ukoliko se realizuje kao MVC jer jedna anotacija na početku klase obezbeđuje čitav kontroler, a samim tim i sve stranice koje se oslanjaju na taj kontroler dok je kod *Razor Pages* pristupa moguće da se zaboravi anotacija kod nekog od modela čime se ostavlja ta putanja i akcija nezaštićena.

Aplikacija pisana za demonstraciju rešenja je implementirana MVC pristupom.

5.3. Grupe

Često pri korišćenju aplikacije, nije dovoljan samo podatak da li je korisnik autentifikovan ili ne, već je važno znati i koja prava konkretan korisnik ima jer je moguće da aplikacija jednim korisnicima prikazuje jedan interfejs, a drugim korisnicima drugi. Ovo je moguće implementirati korišćenjem Azure AD grupa. Da bi se ovo implementiralo, neophodno je naravno da AD ima definisane grupe i korisnike koje pripadaju određenim grupama.

Grupe treba da budu tipa „Security Group“. Kako bi se grupa mogla koristiti u aplikaciji za autorizaciju, neophodno je najpre registrovati grupu u aplikaciji nakon čega je moguće koristiti je u anotacijama za autorizaciju uz pomoć anotacije [Authorize("NazivGrupe")].

Manipulacija prikaza u odnosu na grupu nije toliko očigledna za implementirati i zahteva da se napravi „helper“ klasa koja bi iz podataka o korisniku koji su stigli sa tokenom (OpenID Connect), ustanovila kojoj grupi trenutni korisnik pripada.

6. ZAKLJUČAK

U radu je predstavljen samo inicijalni pristup problemu autentifikacije i autorizacije, odnosno dokaz o mogućnosti implementacije i zbog toga uvek ima mogućnosti da se unapredi i treba da služi samo kao početna tačka, a ne kao finalni proizvod.

U trenutnoj implementaciji koristeći Azure Active Directory, za implementaciju RBAC-a su korišćene Azure Active Directory grupe koje su fabrički podržane za ovu ulogu na servisu, odnosnu na back end-u. Poteškoće nastaju kada se javi potreba da se različit sadržaj prikazuje određenim korisnicima u zavisnosti od toga kojoj grupi pripadaju. Ovaj izazov se rešava korišćenjem helper klase koja povezuje OBJECT ID od tražene grupe sa njenim imenom

Elegantnije rešenje za pristup ovom izazovu je korišćenje Microsoft Azure Active Directory role.

Konkretna metoda koja se za to koristi jeste Microsoft.AspNetCore.Identity.RoleManager koja ima već gotove metode za manipulaciju sa rolama.

Treba napomenuti da bi korišćenje rola za RBAC bilo poželjno samo za manipulaciju prikaza dok bi servise ipak trebalo obezbediti koristeći Azure Active Directory grupe jer je to preporučen način. Kao rešenje se nameće korišćenje kombinacije rola i grupa za najelegantniju implementaciju RBAC-a.

Iz ovoga se zaključuje da bi u najvećem broju slučajeva role i grupe bile identične, odnosno isti korisnici bi bili dodeljeni istim grupama i istim rolama. Takođe treba da se napomene da je ovim pristupom omogućena još fleksibilnija implementacija rešenja jer se omogućava da određeni korisnici pripadaju istoj grupi i da imaju ista prava pristupa ali da im u suštini nije potrebno prikazati neke delove NSZUR-a što se rolama upravo i omogućava jer dva korisnika mogu da pripadaju istoj grupi, a različitim rolama.

7. LITERATURA

[1] N. Popović, „Napredni distributivni menadžment sistem zasnovan na Cloud infrastrukturi,“ Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2018.

[2] O. Ashman and I. Damsky, "ThreatSTOP Report: BlackEnergy," THREATSTOPBME, 2016.

[3] F. Y. Rashid, "Telvent Hit by Sophisticated Cyber-Attack, SCADA Admin Tool Compromised," SecurityWeek, 26 September 2012. [Online]. Available: https://www.securityweek.com/telvent-hit-sophisticated-cyber-attack-scada-admin-tool-compromised. [Accessed 11 May 2022].

[4] K. Straub, "Information Security: Managing Risk with Defense in Depth," SANS Institute, 2003.

[5] M. E. Whitman and H. J. Mattord, Principles of Information Security, 4th ed., Boston: Course Technology, 2012.

[6] E. Bauer and R. Adams, Reliability and Availability of Cloud Computing, Hoboken, New Jersey: IEEE Press and John Wiley & Sons, Inc., 2012.

[7] J. Thornton, "matomo," 17 July 2020. [Online]. Available: https://matomo.org/blog/2020/07/storing-data-on-us-cloud-servers-dont-comply-with-gdpr/. [Accessed 15 May 2022].

[8] European Commission, "EU-US data transfers: How personal data transferred between the EU and US is protected.," European Commision, [Online]. Available: https://ec.europa.eu/info/law/law-topic/data-protection/international-dimension-data-protection/eu-us-data-transfers_en. [Accessed 15 May 2022].

[9] European Commission, "European Commission and United States Joint Statement on Trans-Atlantic Data Privacy Framework," 25 March 2022. [Online]. Available: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_2087. [Accessed 15 May 2022].

[10] A. Singh and K. Chatterjee, "Cloud security issues and challenges: A survey," *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 79, pp. 88-115, 2017.

[11] Y. A. Younis, M. Merabti i K. Kifayat, „Secure Cloud Computing for Critical Infrastructure: A Survey,“ *The 14th Annual PostGraduate Symposium on The Convergence of Telecommunications, Networking and Broadcasting (PGNet 2013), Liverpool, UK*, pp. 1-6, 2012.

[12] J. G. Steiner, C. Neuman and J. I. Schiller, "Kerberos: An Authentication Service for Open Network Systems".

[13] Microsoft, "What is Azure Active Directory?," [Online]. Available: https://docs.microsoft.com/en-us/azure/active-directory/fundamentals/active-directory-whatis. [Accessed September 2019].

[14] "Azure Active Directory and WCF authentication," 14 November 2014. [Online]. Available: https://stackoverflow.com/questions/26930018/azure-active-directory-and-wcf-authentication. [Accessed April 2019].

Kratka biografija:



Nemanja Ilić rođen je u Novom Sadu 1993. god. Godine 2012. je završio Gimnaziju Jovan Jovanović Zmaj u Novom Sadu. Diplomirao je 2016. god. Na Fakultetu tehničkih nauka, odsek Elektrotehnika i računarstvo, smer Primenjene računarske nauke i informatika.

Зборник радова Факултета техничких наука, Нови Сад

UDK: 004.9
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE12Rokvic

РАЗВОЈ ОНТОЛОГИЈЕ УПОТРЕБОМ МЕТОДА ОБРАДЕ ПРИРОДНОГ ЈЕЗИКА

ONTOLOGY BUILDING USING NATURAL LANGUAGE PROCESSING METHODS

Невена Роквић, *Факултет техничких наука , Нови Сад*

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Кратак садржај – *Онтологије се користе широм различитих области као супериорно решење за приказивање доменског знања. Традиционални системи грађења онтологије подразумевају комплексан процес који захтева велике количине ресурса и времена. Са развојем науке и области обраде природног језика тај процес је могуће делимично или у потпуности аутоматизовати. Овај рад тежи да применом машинског учења попуни онтологију из домена рачунарских наука. Као улазни подаци за тренирање неуронске мреже коришћени су наставни материјали, где су као резултат добијене уградње речи којима је аутоматски попуњавана онтологија. Добијени модел је евалуиран поређењем са оригиналним подацима из наставних материјала.*

Кључне речи: *Онтологија, Обрада природног језика, Неуронске мреже, Уградња речи*

Abstract – *Ontologies are widely used in numerous areas as a superior solution for domain knowledge representation. Traditional ontology building systems include many complicated and time-consuming tasks, but with the development of science it is possible to automate the process, partially or entirely. This paper has a goal to represent the process of computer science ontology building using machine learning. Neural network was trained on university courses data and as a result word embeddings were used to build the ontology. The model was evaluated by comparing word embeddings with the ground truth.*

Keywords: *Ontology, Natural Language Processing, Neural Networks, Word Embeddings*

1. УВОД

У домену школовања онтологија се употребљава као алат за интеграцију великих скупова података истраживачких радова, информација добијених из истраживачких радова, итд. Овакве онтологије служе као помоћ за разумевање на који начин функционише динамика истраживачког процеса, за класификацију публикација, предвиђање трендова, итд. За разлику од других истраживачких области које имају богато описане атоматски генерисане онтологије, онтологије из области рачунарских наука су се развијале знатно спорије [1].

У систему који је описан у овом раду представљен је процес аутоматског грађења онтологије из домена рачунарских наука помоћу курсева са Института за технологију из Масачусетса (*MIT*-а), где су коришћени слајдови са предавања из 10 различитих области покривених наставним материјалима.

Главна идеја за имплементацију овог система лежи у томе да се употребом машинског учења аутоматизује процес попуњавања онтологије, као и да се провери квалитет добијених речи и њихових веза. Онтологија је формирана тренирањем плитке неуронске мреже *word2vec* [2] за коју је као улазни скуп података служио корпус који садржи стотине слајдова са теоријским и практичним садржајем курсева из рачунарских наука са *MIT*-а. Након прикупљања података извршено је детаљно процесуирање података, што подразумева примену техника из области обраде природног језика као што су чишћење, лематизација, токенизација, итд. Добијене речи и њихове уграђене речи (енг. *word embeddings*) су затим употребљени за попуњавање онтологије. Онтологија садржи две главне класе, и свака од њих три подкласе. Класа која сачи састав курсева је детаљно попуњена садржајем курсева, тачније најчешће појављиваним речима и њиховим сличним појмовима као подкласама. Остале класе представљају врсту мета-података о онтологији, и оне нису попуњаване због временске захтевности тог процеса. Мали део онтологије је ручно попуњаван, као што су области којима су попуњаване речи и везе између речи. Атрибути речи су додати аутоматски, јер се могу директно добити из тренираног *word2vec* модела. Они се пре свега односе на проценат сличности речи између себе и на позицију речи у листи најфреквентнијих речи из корпуса.

2. ПРЕТХОДНА РЕШЕЊА

Појам онтологије је саставни део области Семантичког веба дужи низ година. Будући да је ручно грађење онтологије временски захтевно, у све више радова се предлаже аутоматско попуњавање онтологије. Пратећи трендове науке научници са Универзитета у Бечу предлажу систем за учење онтологије који као улазне податке узима доменски текст, *Wordnet*, *DBPedia*-u и подаци са одређених друшвених медија. Из прикупљеног корпуса систем извлачи битне појмове и везе између појмова. Грађење онтологије започиње од самог почетка тако што користи неколико улазних појмова, и на основу њих генерише нови појам и потенцијалне повезане кандидате. Наредни корак је интеграција свих кандидата у семантичку мрежу и проналажење 25

НАПОМЕНА:
Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Милан Сегединац, ванр. проф.

најбитнијих кандидата за концепт помоћу неуронске мреже. На крају се врши евалуација добијених појмова и интеграција добијених појмова у онтологију, чиме се добија проширена верзија полазне онтологије. Та проширена онтологија је полазна тачка за даље генерисање појмова и повратак на први корак овог циклуса. Овај систем су поредили са две варијације *word2vec* модела (униграм - модел трениран на појединачним речима и биграм - модел трениран на појединачним речима и биграмима). Најбољи резултат је показао *word2vec* модел базиран на појединачним речима. Закључили су да са повећањем броја концепата опада квалитет новогенерисаних кандидата, док је са *word2vec* моделом обрнута ситуација [3].

Једна од примена онтологија у образовању је у склопу система препоруке. Будући да је одабир факултета често захтеван и стресан процес, средњошколцима је преко потребно вођење и подршка. Због затрпаности информацијама о различитим студијским програмима неопходно је ефикасно процесуриати информације да би се дошло до решења. У овом раду је представљен систем за препоруку заснован на онтологији који је развијен помоћу техника машинског учења. Направљен је да препозна јаче и слабије стране сваког студента, као и његова интересовања и могућности. Главне компоненте овог система баве се препоруком универзитета ђацима на основу образовног пута студената који поседују минимално диплому основних студија. На основу података о њиховим интересовањима током средње школе, изабраним студијским програмом и доменом у којем су тренутно запослени систем учи о њиховом образовном путу. Главни закључак овог рада је да је грађење ефикасног система за препоруку који се заснива на технологијама семантичког веба захтева дугорочну посвећеност и постојање једноставних алата који би омогућили креирање, објављивање и добављање семантичких података [4].

3. МЕТОДОЛОГИЈА

У наредном тексту детаљно су појашњени скуп података, архитектура система, процес тренирања модела и попуњавање онтологије добијеним подацима.

3.1. Скуп података

Скуп података који се користи у овом раду је формиран од материјала преузетог са интернет странице [5] која садржи сав наставни материјал са *MIT*-а. Иако на самој страници постоји мноштво различитих материјала различитог формата као што су задаци, слике, слајдови и сл., за потребе овог пројекта одабрани су само наставни слајдови, будући да они садрже највећу количину текста од свих претходно наведених извора. На слици 1 илустрован је процес прикупљања података помоћу којег се добијају подаци спремни за чување у неком од формата и даљу обраду. У овом случају подаци су сачувани у текстуалне фајлове, подељени по областима. Након тога, подаци су претпроцесуирани коришћењем разних техника за обраду природног језика (као што су уклањање специјалних карактера, стоп речи и лематизација) и претворени у токене, који су даље служили као улазни корпус за тренирање неуронске мреже.

3.2. Архитектура система

Будући да је корпус подељен према наставним областима, за сваку од области је трениран *word2vec* [2] модел. Он се базира на плиткој неуронској мрежи, и има две варијације: *CBOW* (Continuos Bag-Of-Words) (slika 2) и *skip-gram*. Главна разлика између ова два модела је у томе сто се код *CBOW* модела као инпут користи контекст да би се предвидела циљана реч, а код *skip-gram* модела је обрнуто: користи се нека реч да би се предвидео њен контекст. У овом раду коришћена је *CBOW* варијанта.

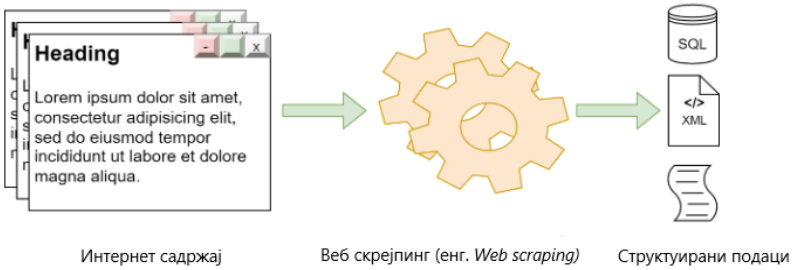
Тренирањем модела добијене су уградње речи (енг. *word embeddigs*), којима је попуњавана онтологија коришћењем пакета програмског језика *Python* [6] и *Protégé* [7] алата.

3.3. Попуњавање онтологије

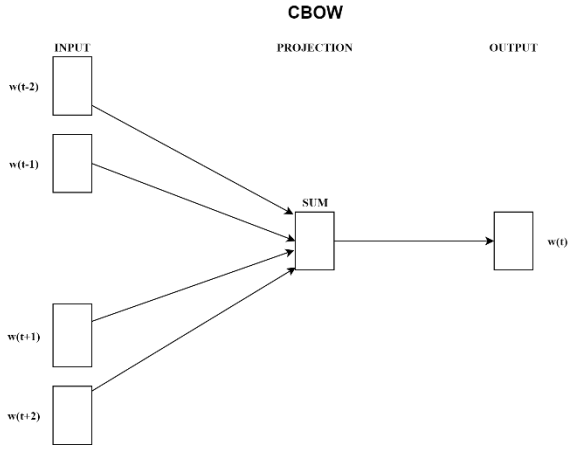
Изградња онотологије од уградњи речи добијених тренирањем *word2vec* модела састоји се из неколико фаза. Прва фаза подразумева ручно одређивање главних појмова (класа) које ће служити као база за остатак. Будући да је циљ ове онтологије приказ појмова из области рачунарства као главне класе издвојили су се следећи појмови:

- Topic Content
- ComputerScienceModuleContent
- ExamExample
- StudyMaterial
- LectureNotes
- SimilarTerm,
- FrequentTerm
- Slides
- StudyLevel

Ове класе су додате ручно уз помоћ *Protégé* [7] алата, і и онтологија је сачувана у *.owl* формату.



Слика 1. *Прикупљање података*

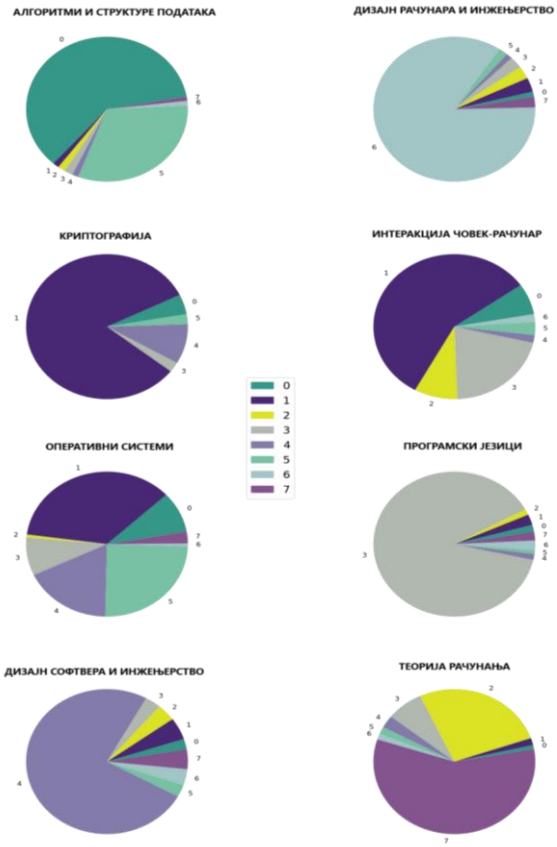


Слика 2. *word2vec (CBOW)*

4. РЕЗУЛТАТИ

Задатак овог рада спецефичан је по томе што не постоји велика литература која се бави попуњавањем онтологије из области рачунарских наука на овај начин. Имајући то на уму, као начин евалуације квалитета решења узета је кластеризација уградњи речи и поређење припадности уградњи кластерима са њиховом оригиналном класом (области).

На слици 3 приказане су појединачне области и удео сваког од кластера унутар њих.



Слика 3. Кластери-евалуација

На основу резултата добијених кластеризацијом види се да већина области највећим делом припада једном кластеру. На пример, област Алгоритми и структуре података највећим делом припада кластерима 0 и 5, а Оперативни системи такође великим делом припадају кластеру 5, што се може приписати сличности појмова који се налазе у обе области. Област Дизајн рачунара и инжињерство има врло јасну припадност кластеру 6 са убедљиво највећим уделом, и врло малим уделима осталих 6 области. Област која садржи највише ‘расутих’ појмова, то јест спада са сличним процентом у више кластера је област Оперативни системи.

Тумачењем анализе кластера закључује се да постоје сличности између кластера добијених од стране уградњи речи и оригиналних лабела које су ручно одређене на почетку, што говори да ово решење може бити корисно за изградњу онтологије из области рачунарства.

5. ЗАКЉУЧАК И БУДУЋА ИСТРАЖИВАЊА

У овом раду је представљен процес конструисања онтологије коришћењем машинског учења, од прикупљања података и њихове припреме, преко тренинрања модела заснованих на плиткој неуронској мрежи до попуњавања онтологије коришћењем добијеног садржаја. Приказани су изазови приликом процеса прикупљања неструктуираних података, разлике између садржаја различитих области и конструисање онтологије од самог почетка комбиновањем традиционалног ручног попуњавања са аутоматским, користећи *Python* пакет за конструисање онтологије.

Показано је у пракси да се коришћењем јавно доступног материјала може изградити онтологија широке примене у области образовања, која може бити од велике користи и студентима и професорима. Студентима може користити као помоћ при одабиру правца кретања студија, а такође може служити као асистенција током праћења наставе тиме што ће уз помоћ семантички богате онтологије моћи да посматрају међусобну повезаност области и информације везане за предмете које прати. Са друге стране, једна од користи за професоре јесте употреба за прилагођавање наставног програма и садржаја наставе у зависности од повезаности дате области са другим областима, а и на основу других потенцијалних везаних мета-података о тој области (нпр. броја пријављених студената, њихових интересовања, итд.). Такође, још једна област у којој се може применити овај тип онтологије јесте код индивидуалног праћења развоја студената и његових склоности.

Један од главних изазова приликом израде овог рада јесте чињеница да се у овом раду користе искључиво слајдови са предавања. Они по својој природи у највећем броју случајева садрже скраћене лекције и непотпун садржај, па и квалитет решења варира од области до области. Области које садрже детаљније описе су понудиле боље решење, док области које већински садрже скраћенице и формуле немају богат речник и самим тим опада квалитет тог дела онтологије. Управо због тога један од праваца будућих истраживања би било унапређивање онтологије проширењем корпуса (додавањем аудио и видео лекција, примера испита, белешки са вежби, белешки са предавања, итд) ради побољшања квалитета постојеће онтологије.

6. ЛИТЕРАТУРА

[1] Salatino, Angelo A., et al. "The computer science ontology: A comprehensive automatically-generated taxonomy of research areas." Data Intelligence 2.3 (2020): 379-416.

[2] Mikolov, Tomas, et al. "Efficient estimation of word representations in vector space." arXiv preprint arXiv:1301.3781 (2013).

[3] Wohlgenannt, Gerhard, and Filip Minic. "Using word2vec to Build a Simple Ontology Learning System." International Semantic Web Conference (Posters & Demos). 2016.

[4] Obeid, Charbel, et al. "Ontology-based recommender system in higher education." Companion Proceedings of the The Web Conference 2018. 2018.

[5] https://ocw.mit.edu/index.htm.(приступљено у јуну 2022.)

[6] vanRossum, Guido. "Python reference manual." Department of Computer Science [CS] R 9525 (1995).

[7] Noy, N. F., Crubézy, M., Fergerson, R. W., Knublauch, H., Tu, S. W., Vendetti, J., & Musen, M. A. (2003). Protégé-2000: an open-source ontology-development and knowledge-acquisition environment<. AMIA Symposium, (str. 953-953).

Кратка биографија:



Невена Роквић рођена је у Новом Саду 1994. године. Дипломски рад на на Факултету техничких наука из области Електротехнике и рачунарства – Примењене рачунарске науке одбранила је 2019. године. Мастер студије на Факултету техничких наука из области Електротехнике и рачунарства – Интелигентни системи уписује исте године.
контакт: nevrokvic@gmail.com

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 621.31
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE13Jorgovanovic

POREĐENJE PERFORMANSI UPRAVLJAČKOG ALGORITMA REGULATORA PO STANJIMA SA ALGORITMOM ZASNOVANIM NA UČENJU SA POTKREPLJENJEM

PERFORMANCE COMPARISON OF THE STATE VARIABLE FEEDBACK REGULATOR ALGORITHM TO A REINFORCEMENT LEARNING BASED CONTROL ALGORITHM

Bojan Jorgovanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – *U ovom radu prikazan je jedan način primene učenja sa potkrepljenjem za upravljanje mehaničkim sistemom. Izvršeno je modelovanje dvostrukog matematičkog klatna i obuka agenta koji pomoću pomenutog algoritma dovodi klatno u željeni položaj. Zatim su rezultati ovog algoritma upoređeni sa rezultatima dobijenim primenom konvencionalne regulacije po stanjima. Na kraju su izmenjeni parametri modela sa kojim je agent obučen i za koji je regulator po stanjima projektovan i upoređeni su rezultati oba upravljačka algoritma primenjena na takav model.*

Ključne reči: *Regulator po stanjima, Mašinsko učenje, Učenje sa potkrepljenjem, dvostruko matematičko klatno*

Abstract – *This paper presents one way of utilising Reinforcement Learning (RL) to control a mechanical system. First, the modeling of a double pendulum and the training of an agent that would control the position of the pendulum was done. Then, the results of this algorithm were compared to the result of the state variable feedback controller. Finally, the parameters of the model with which the agent was trained and for which the state variable feedback controller was designed were changed and the results of both control algorithms applied to such a model were compared.*

Keywords: *State variable feedback controller, Machine learning, Reinforcement learning, double pendulum*

1. UVOD

Klasična teorija upravljanja obezbeđuje pouzdan matematički aparat za upravljanje sistemom ukoliko je poznat model istog [1]. Na osnovu kvalitetnog modela moguće je projektovati upravljački algoritam koji ostvaruje željeno ponašanje sistema.

Potreba za modelom je upravo i najveći problem u ovoj oblasti, jer postupak formiranja modela može biti vrlo komplikovan, a često i nemoguć. Nasuprot tome, algoritmima zasnovanim na učenju sa potkrepljenjem nije nužno potrebno poznavanje modela sistema ili procesa kojim će upravljati [2]. Kao posebna klasa algoritama mašinskog učenja, učenje sa potkrepljenjem podrazumeva obučavanje agenta da na određen način deluje na okolinu tako što primenjuje one akcije koje će obezbediti najveću nagradu.

U ovom radu prikazana je primena agenta čiji je princip rada zasnovan na učenju sa potkrepljenjem za upravljanje položajem dvostrukog matematičkog klatna. Rezultati ovog algoritma su upoređeni sa rezultatima koji su ostvareni primenom upravljačkog algoritma regulatora po stanjima. Na kraju je upoređena performansa prethodna dva upravljačka algoritma na modelu dvostrukog matematičkog klatna čiji su parametri izmenjeni tako da ne odgovaraju onom koji je korišćen za obuku agenta i projektovanje regulatora po stanjima.

2. UČENJE SA POTKREPLJENJEM

2.1. Osnovni koncept

Učenje sa potkrepljenjem (*eng. Reinforcement learning*) predstavlja jednu klasu algoritama mašinskog učenja u kom se definišu dva elementa, agent i okolina. Agent u datom diskretnom trenutku t poseduje informaciju o stanju okoline s_t i na osnovu toga primenjuje akciju a_t. Nakon primenjene akcije, okolina prelazi u stanje s_{t+1} i agentu pruža povratnu informaciju o kvalitetu primenjene akcije u vidu nagrade r_{t+1} [3]. Na osnovu nagrada, definiše se dobit R kao ponedirasa suma svih budućih nagrada.

$$R = \sum_{t=1}^{\infty} \gamma^{t-1} r_t \tag{1}$$

U (1) sa γ je označen faktor obezvređivanja, konstanta koja uzima vrednost iz opsega $(0,1]$. Pravilo na osnovu kog agent donosi odluku o tome koju akciju će primeniti u datom stanju s zove se politika odlučivanja i označava se sa $\pi(s)$. U zavisnosti od toga da li agent u svakom trenutku primenjuje akciju koja mu donosi najveću dobit ili ne, definišu se pohlepna politika odlučivanja (*eng. greedy decision policy*) i ε-pohlepna politika odlučivanja (*eng. ε-greedy decision policy*) [3]. Ukoliko primenjuje pohlepnu politiku odlučivanja, agent sa verovatnoćom 1 primenjuje akciju koja obezbeđuje najveću dobit. Ukoliko primenjuje ε-pohlepnu politiku odlučivanja, agent sa verovatnoćom $1-\varepsilon$ primenjuje akciju koja obezbeđuje najveću dobit, a sa verovatnoćom ε primenjuje neku drugu, nasumično odabranu akciju. Za datu politiku odlučivanja π definiše se vrednost akcije a u stanju s pri politici odlučivanja π kao veličina kojom agent ocenjuje

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Milan Rapaić, red. prof.

kvalitet primenjene akcije u datom stanju. Ova vrednost, koja se označava sa $q_\pi(s,a)$, se definiše kao dobit koju će agent ostvariti ukoliko u stanju s primeni akciju a i u narednim koracima nastavi da primenjuje akcije koje diktira politika odlučivanja π. Ukoliko je prostor stanja i akcija konačan, može se definisati matrica kvaliteta, odnosno Q-matrica (*eng. Q-Matrix*) koja sadrži vrednosti svih akcija u svim stanjima za datu politiku odlučivanja.

2.2. *Q-learning*

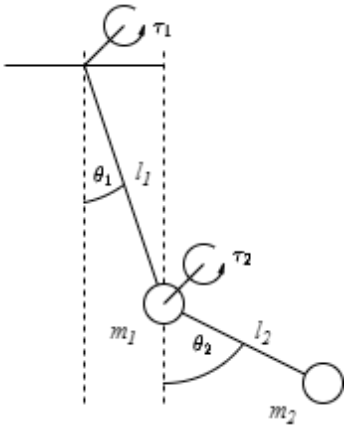
Cilj učenja sa potkrepljenjem je da agent na osnovu delovanja na okolinu nauči koju akciju je najbolje primeniti u datom stanju, odnosno da nauči optimalnu politiku odlučivanja π^*. Postoji više različitih klasa algoritama koji se koriste za određivanje optimalne politike odlučivanja $\pi^*(s)$. U ovom radu biće prikazan algoritam pod nazivom *Q-learning* koji iterativno vrši ažuriranje Q-matrice na osnovu svake primenjene akcije [3, 4].

Optimalna politika odlučivanja direktno sledi iz Q-matrice kada njena procena konvergira nakon dovoljnog broja primenjenih akcija i odgovarajućih ažuriranja. Agent pri definisanju nema nikakvo predznanje o okolini što se predstavlja nasumičnim postavljanjem inicijalnih vrednosti Q-matrice. Na osnovu definisane Q-matrice postavlja se politika odlučivanja tako što se agent u svakom stanju primenjuje akciju koja ima najveću vrednost. Kao što je već pomenuto, vrednost primenjene akcije se zatim ažurira na osnovu ostvarene nagrade po pravilu (2). U ovom izrazu sa $Q^+(s_t,a_t)$ je označena nova vrednost Q-matrice nakon ažuriranja, a sa α stopa učenja, konstanta u opsegu (0,1].

$$\begin{aligned} Q^+(s_t,a_t) = Q(s_t,a_t) \\ + \alpha\left(r_{t+1} + \gamma \max_a Q(s_{t+1},a)\right. \\ \left. - Q(s_t,a_t)\right) \end{aligned} \tag{2}$$

3. OPIS PROBLEMA

Za objekat upravljanja u ovom radu korišćeno je dvostruko matematičko klatno sa aktuatorima u oba zgloba, slika 1.



Slika 1. *Dvostruko matematičko klatno*

Zadatak upravljačkog algoritma jeste da dovede klatno u takav položaj da uglovi otklona θ_1 i θ_2 budu redom 90° i 180°, odnosno $\frac{\pi}{2} rad$ i $\pi\, rad$ u odnosu na vertikalu. Za upravljačke signale uzeti su momenti sile koje aktuatori generišu u zglobovima klatna, τ_1 i τ_2. Matematički model klatna prikazanog na slici 1 predstavljen je sa (3) [5] gde su:

- m_1 i m_2 – mase prvog i drugog klatna
- l_1 i l_2 – dužine prvog i drugog klatna
- θ_1 i θ_2 – uglovi otklona oba klatna u odnosu na vertikalu
- τ_1 i τ_2 – momenti sile koje aktuatori generišu u zglobu prvog i drugog klatna redom
- g – univerzalna gravitaciona konstanta

$$\begin{aligned} (m_1+m_2)l_1^2\frac{d^2\theta_1}{dt^2} + m_2 l_1 l_2 \frac{d^2\theta_2}{dt^2}\cos(\theta_1-\theta_2) \\ + m_2 l_1 l_2 \left(\frac{d\theta_2}{dt}\right)^2 \sin(\theta_1-\theta_2) \\ + (m_1+m_2) l_1 g \sin(\theta_1) = \tau_1 \\ m_2 l_2^2 \frac{d^2\theta_2}{dt^2} + m_2 l_1 l_2 \frac{d^2\theta_1}{dt^2}\cos(\theta_1-\theta_2) \\ - m_2 l_1 l_2 \left(\frac{d\theta_1}{dt}\right)^2 \sin(\theta_1-\theta_2) \\ + m_2 l_2 g \sin(\theta_2) = \tau_2 \end{aligned} \tag{3}$$

Ukoliko se definišu vektori (4) i matrice (5), ovaj model moguće je predstaviti i u matričnoj formi (6).

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\theta} &= \begin{bmatrix}\theta_1 \\ \theta_2\end{bmatrix} \\ \boldsymbol{\tau} &= \begin{bmatrix}\tau_1 \\ \tau_2\end{bmatrix} \end{aligned} \tag{4}$$

$$\begin{aligned} \boldsymbol{M} &= \begin{bmatrix}(m_1+m_2)l_1^2 & m_2 l_1 l_2\cos(\theta_1-\theta_2) \\ m_2 l_1 l_2\cos(\theta_1-\theta_2) & m_2 l_2^2\end{bmatrix} \\ \boldsymbol{C} &= \begin{bmatrix}0 & -m_2 l_1 l_2 \sin(\theta_1-\theta_2) \\ m_2 l_1 l_2 \sin(\theta_1-\theta_2) & 0\end{bmatrix} \\ \boldsymbol{G} &= \begin{bmatrix}-(m_1+m_2)l_1 g & 0 \\ 0 & -m_2 l_2 g\end{bmatrix} \end{aligned} \tag{5}$$

$$\boldsymbol{M\ddot{\theta}} = \boldsymbol{C\dot{\theta}^2} + \boldsymbol{G}\sin(\boldsymbol{\theta}) + \boldsymbol{\tau} \tag{6}$$

4. METOD

U ovom poglavlju prikazana su dva algoritma koja su korišćena za upravljanje uglovima otklona θ_1 i θ_2. Prvi je upravljački algoritam regulatora po stanjima, koji potiče iz teorije upravljanja [6], a drugi je baziran na učenju sa potkrepljenjem. U oba slučaja za projektovanje regulatora, odnosno za obuku agenta korišćene su vrednosti parametara kao i referentne vrednosti uglova otklona date sa (7).

$$\begin{aligned} m_1 = m_2 = 1\ kg \\ l_1 = 1\ m, l_2 = 0.7m \\ \theta_1^* = \frac{\pi}{2} rad, \theta_2^* = \pi\ rad \end{aligned} \tag{7}$$

4.1. Projektovanje regulatora po stanjima

Regulator po stanjima projektovan je na osnovu modela sistema, tako da dvostruko klatno dovede u željeno stanje bez izazivanja preskoka.

Pre nego što su se mogli podesiti parametri regulatora, model dvostrukog matematičkog klatna bilo je potrebno linearizovati. Ovo je učinjeno primenom *feedback*

linearizacije [7]. Najpre je model (6) transformisan u oblik (8).

$$\ddot{\boldsymbol{\theta}} = \boldsymbol{M}^{-1}\left(\boldsymbol{C}\dot{\boldsymbol{\theta}}^{2} + \boldsymbol{G}\sin(\boldsymbol{\theta}) + \boldsymbol{\tau}\right) \tag{8}$$

Zatim je izraz sa desne strane znaka jednakosti u (8) zamenjen virtuelnim upravljačkim signalom $\boldsymbol{v}$, te se dobija novi model (9).

$$\begin{gathered}\ddot{\boldsymbol{\theta}} = \boldsymbol{v} \\ \boldsymbol{v} = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix}\end{gathered} \tag{9}$$

Upravljački signali v_1 i v_2 određeni su pomoću regulatora po stanjima čiji je upravljački zakon dat sa (10).

$$\begin{aligned} v_1 &= k_{10}\theta_1^* - k_{11}\theta_1 - k_{12}\dot{\theta}_1 \\ v_2 &= k_{20}\theta_2^* - k_{21}\theta_2 - k_{22}\dot{\theta}_2 \end{aligned} \tag{10}$$

Parametri u (10) su određeni metodom postavljanja polova [6]. Svi polovi postavljeni su na vrednost -3 tako da obezbede stabilan odziv bez preskoka. Za tako izabrane polove, parametri regulatora su postavljeni na vrednosti date sa (11).

$$\begin{aligned} k_{10} = k_{11} = k_{20} = k_{21} = 9 \\ k_{12} = k_{22} = 6 \end{aligned} \tag{11}$$

4.2. Projektovanje i obuka agenta zasnovanog na učenju sa potkrepljenjem

Primenom učenja sa potkrepljenjem obučeni su agenti čiji je zadatak bio da postave uglove otklona dvostrukog matematičkog klatna na željene vrednosti. Obučena su dva agenta, po jedan za svaku upravljačku veličinu. Pre obučavanja agenata bilo je potrebno izvršiti diskretizaciju modela kako po vremenu tako i po amplitudi da bi se mogao definisati skup sa konačnim brojem stanja i akcija. Na osnovu diskretizovanog modela, formiran je simulator dvostrukog klatna u kom se u svakom koraku vršila kvantizacija svih stanja. Uglovima otklona mogla je biti dodeljena vrednost iz skup sa 40 ekvidistantnih vrednosti u opsegu od $0\,rad$ do $2\pi\,rad$, dok su ugaone brzine mogle uzimati vrednosti iz skup sa 11 ekvidistantnih vrednosti u opsegu od $-4\frac{rad}{s}$ do $4\frac{rad}{s}$. Agenti su mogli da primene po jednu od 20 ekvidistantnih akcija u opsegu od $-20\,Nm$ do $50\,Nm$. Kako bi se omogućilo stanje mirovanja, u skup mogućih akcija dodata je još i 21. akcija primenom koje se na aktuatoru ostvaruje moment sile od $0\,Nm$. Akcije čijom primenom se ostvaruju momenti sile manji od $0\,Nm$ služile su isključivo da pruže agentima mogućnost da izvrše korekciju ukoliko dođe do preskoka u odzivu, te je donja granica opsega po apsolutnoj vrednosti znatno manja u odnosu na gornju.

Perioda odabiranja za vremensku diskretizaciju modela T postavljena je na $0.05s$. Agenti su obučeni primenom *Q-learning* algoritma sa ε-pohlepnom politikom odlučivanja. Vrednost parametra ε je inicijalno postavljena na 1, a zatim je u svakom narednom koraku smanjivana na takav način da nakon ispunjenih 40% od ukupnog broja koraka dostigne vrednost 0.1 nakon čega više nije menjana. Stopa učenja α postavljena je na 0.2, a faktor obezvređivanja γ na 0.95. Dimenzija svake Q-matrice je na osnovu broja mogućih stanja i akcija bila $40 \times 11 \times 40 \times 11 \times 21$. Ukupan broj elemenata svake Q-matrice je stoga bio 4065600. Na osnovu ovih dimenzija Q-matrica, broj koraka za obuku agenata postavljen je na 4.2×10^8 kao kompromis između potrebe da se simulacija završi u razumnom vremenskom roku i da se agentu omogući da primeni svaku moguću akciju u svakom stanju. Nagrade koje su agenti ostvarivali za svaku primenjenu akciju su definisane na osnovu trenutnog i željenog stanja sistema po ugledu na [8] po pravilu (12). Ideja na ovaj način definisane nagrade jeste da se agent „kazni“ ukoliko poveća grešku tako što mu se dodeli negativna nagrada.

Takođe, u slučaju porasta greške usled određene akcije, nagrada, odnosno kazna je skalirana sa po apsolutnoj vrednosti većim faktorom u cilju što efikasnijeg obeshrabrivanja agenta da ponovi tu akciju u istom stanju.

$$r_{t+1} = \begin{cases} -5(e_{t+1} - e_t), & e_{t+1} \geq e_t \\ 2(e_t - e_{t+1}), & e_{t+1} < e_t \end{cases} \tag{12}$$

U (12) sa e_t je označena greška odgovarajućeg ugla otklona u odnosu na željenu vrednost u trenutku pre primene akcije, dok je sa e_{t+1} označena ista veličina u trenutku nakon primene akcije. Izraz za računanje greške dat je sa (13).

$$e_t = \theta^* - \theta(t) \tag{13}$$

4.3. Testiranje upravljačkih algoritama

Nakon obuke upravljački algoritmi su testirani na modelima sa izmenjenim parametrima u odnosu na model koji je korišćen za projektovanje regulatora po stanjima, odnosno obuku agenta.

5. REZULTATI I DISKUSIJA

U ovom poglavlju prikazani su rezultati upravljanja dvostrukim klatnom primenom algoritama predstavljenih u poglavlju 4. Ispitana su 3 sučaja tako što su korišćena 3 različita modela:

1. Model čiji su parametri isti kao parametri modela koji je korišćen za projektovanje regulatora i obuku agenta
2. Model čiji su parametri m_1 i m_2 za 40% manji u odnosu na parametre modela koji je korišćen za projektovanje regulatora i obuku agenta
3. Model čiji su parametri m_1 i m_2 za 40% veći u odnosu na parametre modela koji je korišćen za projektovanje regulatora i obuku agenta

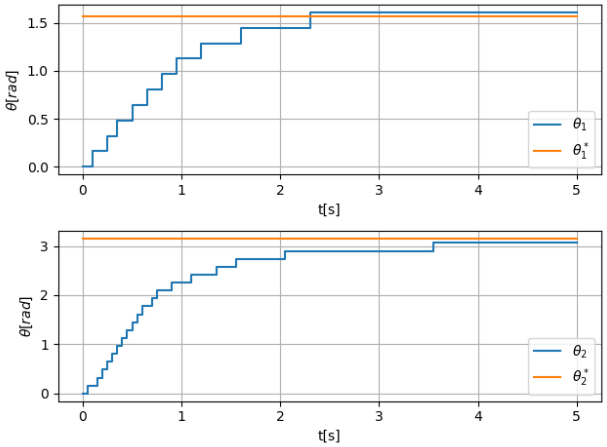
5.1. Rezultati slučaja 1

Na slici 2 prikazano je kretanje uglova otklona u vremenu kao posledica upravljanja primenom regulatora po stanjima u slučaju 1. Kao što je pomenuto u poglavlju 4.1, parametri regulatora po stanjima su postavljeni tako da odziv bude stabilan i bez preskoka što se upravo i vidi na slici 2. Greške u ustaljenom stanju u odnosu na željene vrednosti su u ovom slučaju posledica diskretnog i konačnog broja stanja, odnosno uglova otklona. Relativna greška oba ugla otklona je ispod 3%.

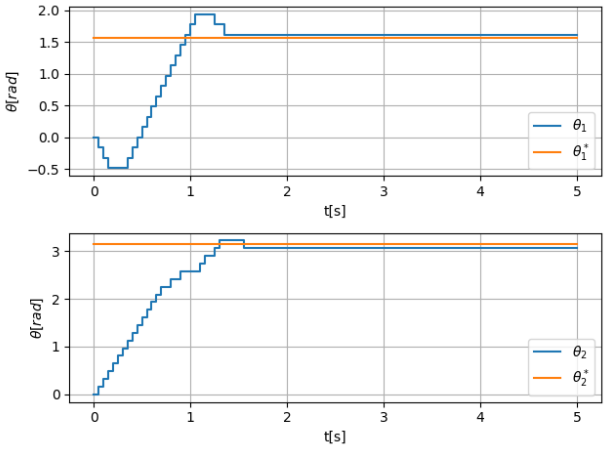
Na slici 3 prikazano je kretanje uglova otklona u vremenu kada je korišćeno upravljanje bazirano na učenju sa potkrepljenjem u slučaju 1. Prva razlika koja se može uočiti u odnosu na upravljanje koje je ostvareno primenom regulatora po stanjima jeste da se u ovom slučaju javlja preskok u odzivu.

Pri definisanju izraza za nagradu nije uveden penal za izazivanje preskoka, te su agenti naučili da će maksimalnu dobit ostvariti primenom ovakvog upravljanja.

Kao i u slučaju sa regulatorom po stanjima, i ovde je greška u ustaljenom stanju u odnosu na željenu vrednost posledica diskretnog i konačnog broja stanja. Relativna greška oba ugla otklona u ovom slučaju je takođe ispod 3%.



Slika 2. *Kretanje uglova otklona usled upravljanja regulatorom po stanjima – slučaj 1*



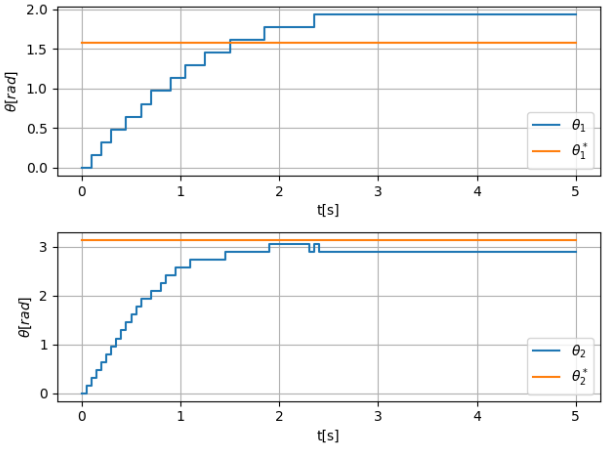
Slika 3. *Kretanje uglova otklona usled upravljanja baziranom na učenju sa potkrepljenjem – slučaj 1*

5.2. Rezultati slučaja 2

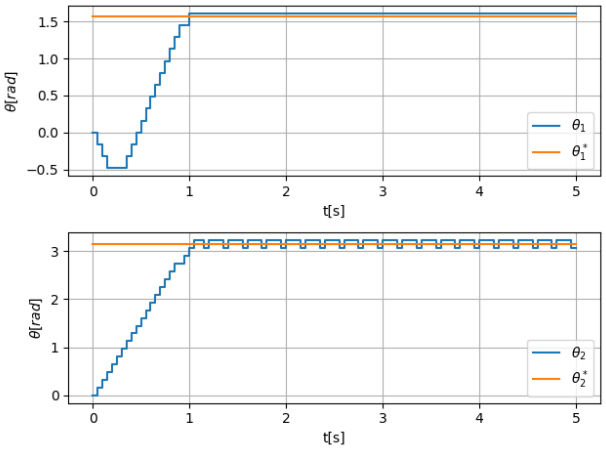
Na slici 4 prikazano je kretanje uglova otklona u vremenu kao posledica upravljanja primenom regulator po stanjima u slučaju 2. Zbog promene modela regulator u ovom slučaju nije uspeo da ostvari željeni položaj dvostrukog klatna kao što je bilo i očekivano. Relativna greška iznosila je približno 23% za ugao otklona θ_1 i približno 7.7% za ugao otklona θ_2.

Na slici 5 prikazano je kretanje uglova otklona u vremenu kada je korišćeno upravljanje bazirano na učenju sa potkrepljenjem u slučaju 2. Za razliku od regulatora po stanjima, regulator baziran na učenju sa potkrepljenjem je uspeo da dovede dvostruko klatno u željeni položaj bez obzira što su parametri drugačiji u odnosu na parametre koji su korišćeni za obuku.

Potrebno je naglasiti da nije izvršena ponovna obuka agenata za ovaj slučaj. Relativna greška oba ugla otklona je i u ovom slučaju ispod 3%. Oscilacije koje se javljaju u blizini željenog stanja ugla otklona θ_2 posledica su toga što iste akcije drugačije deluju na ovakav model kao i toga što zbog diskretizacije stanja model ne može savršeno da dostigne željenu vrednost.



Slika 4. *Kretanje uglova otklona usled upravljanja regulatorom po stanjima – slučaj 2*



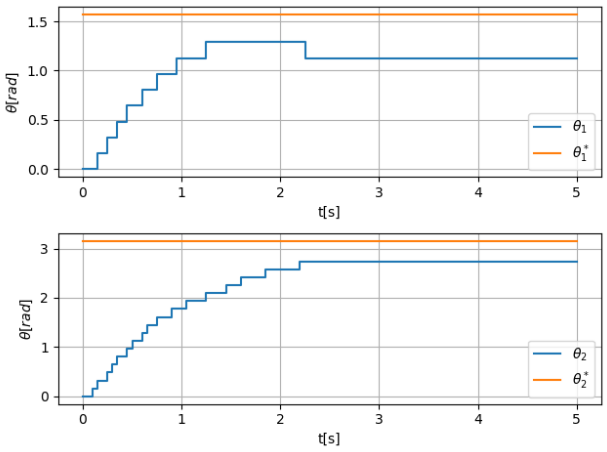
Slika 5. *Kretanje uglova otklona usled upravljanja baziranom na učenju sa potkrepljenjem – slučaj 2*

5.3. Rezultati slučaja 3

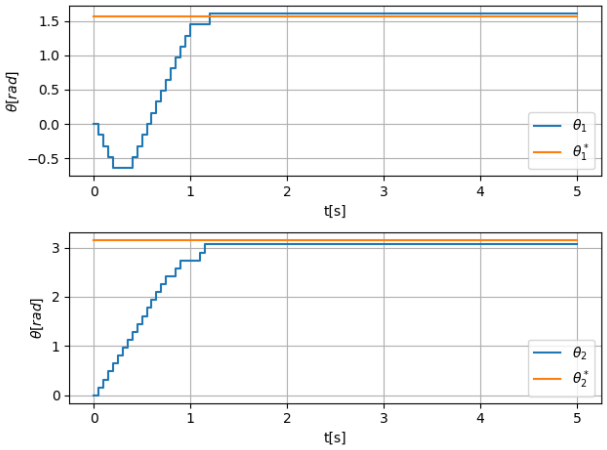
Na slici 6 prikazano je kretanje uglova otklona u vremenu kao posledica upravljanja primenom regulator po stanjima u slučaju 3. I u ovom slučaju zbog promene modela regulator nije uspeo da ostvari željeni položaj dvostrukog klatna. Relativna greška iznosila je približno 28.2% za ugao otklona θ_1 i približno 12.8% za ugao otklona θ_2.

Na slici 7 prikazano je kretanje uglova otklona u vremenu kada je korišćeno upravljanje bazirano na učenju sa potkrepljenjem u slučaju 3. Ni u ovom slučaju nije vršena naknadna obuka agenata, te su sve akcije primenjivane na osnovu obuke opisane u poglavlju 4.

Regulator baziran na učenju sa potkrepljenjem uspeo je da dovede dvostruko klatno u željeni položaj, kao i u prethodnom slučaju. U ovom slučaju nije bilo oscilacija zbog veće inertnosti modela usled povećane mase. Relativna greška oba ugla otklona je i u ovom slučaju ispod 3%.



Slika 6. *Kretanje uglova otklona usled upravljanja regulatorom po stanjima – slučaj 3*



Slika 7. *Kretanje uglova otklona usled upravljanja baziranom na učenju sa potkrepljenjem – slučaj 3*

6. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazani su rezultati upravljanja dvostrukim matematičkim klatnom primenom regulatora po stanjima i algoritma zasnovanog na učenju sa potkrepljenjem. Primenom regulatora po stanjima pokazano je da se željeno upravljanje postiže samo u slučaju kada se upravlja sistemom čiji parametri odgovaraju parametrima koji su korišćeni za projektovanje regulatora.

Za drugačije parametre, bilo manje ili veće po vrednosti, ovaj regulator nije uspeo da dovede sistem u željeno stanje. Sa druge strane, algoritam baziran na učenju sa potkrepljenjem pokazao je dobre rezultate u sva tri slučaja.

7. LITERATURA

[1] R. Hafner / M. Riedmiller, „Reinforcement learning in feedback control," *Machine Learning*, 2011.

[2] M. Riedmiller, T. Gabel, R. Hafner / S. Lange, „Reinforcement learning for robot soccer," *Autonomous Robots*, 2009.

[3] R. S. Sutton / A. G. Barto, Reinforcement Learning: An Introduction, Cambridge, MA: MIT Press, 2018.

[4] C. Watkins / P. Dayan, „Q-Learning," *Machine Learning*, t. 8, 1992.

[5] A. Elbori, „Simulation of Double Pendulum," *Quest Journals, Journal of Software Engineering and Simulation*, 2017.

[6] W. L. Brogan, Modern Control Theory, New Jersey: Prentice Hall, 1991.

[7] H. K. Khalil, Nonlinear Systems, New Jersey: Prentice Hall, 2002.

[8] A. Kuhnle, J.-P. Kaiser, F. Theiß, N. Stricker / G. Lanza, „Designing an adaptive production control system using reinforcement learning," *Journal of Intelligent Manufacturing*, 2020.

Kratka biografija:



Bojan Jorgovanović rođen je u Novom Sadu 1998. godine. Diplomski rad na temu *Modelovanje sistema zasnovano na veštačkim neuronskim mrežama* iz oblasti Elektrotehnike i računarstva odbranio je na Fakultetu tehničkih nauka 2021. godine.

Kontakt: bojan.jorgovanovic@uns.ac.rs

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 004.9
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE14Stajic

INŽENJERING UPOTREBLJIVOSTI SOFTVERA ZA KONTROLU PRISTUPA KORISNIKA

USER ACCESS CONTROL SOFTWARE USABILITY ENGINEERING

Marija Stajić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – *Analiza strukture, dizajna, upotrebljivosti, prednosti i nedostataka aplikacije za kontrolu pristupa korisnika. Razlozi za uvođenje kontrole pristupa i moderna rešenja koja obuhvataju pametne telefone i biometrijske tehnologije.*

Ključne reči: *Kontrola pristupa, biometrijske tehnologije, bezbednost, identifikacija, autentifikacija*

Abstract – *Analysis of the structure, design, usability, advantages and disadvantages of an access control application. Reasons for introducing access control and modern solutions that include smartphones as well as biometric technologies.*

Keywords: *Access control, biometric technologies, security, identification, authentification*

1. UVOD

Mehanizam kontrole pristupa je jedna od najboljih metoda koje se koriste kako bi se zaštitila informacija od unutrašnjih i spoljašnjih napada na organizaciju, pomoću odobravanja i opoziva pristupa resursima ili prostorijama, bilo kom korisniku [1]. U prošlosti, standard za kontrolisanje pristupa zgradama podrazumevao je tradicionalne brave i ključeve [2]. Ovi načini su nepogodni i neefikasni za većinu zgrada sa većim prometom korisnika.

1.1. Razlozi za uvođenje kontrole pristupa

Osnovni razlog uvođenja kontrole predstavlja sprečavanje neovlašćenog pristupa i napada, kao što su provale, krađa paketa i opreme, vandalizam, a da pritom ne ometa pristup ovlašćenim stanarima, osoblju i posetiocima [2]. Pored toga, mnogi sistemi dolaze sa platformom za upravljanje alarmima koja upozorava na provalu i nadgleda pristup sa bilo kog mesta u svetu. Uvođenjem kontrole pristupa može da se smanji rizik od požara, jer neki sistemi imaju protokole za hitne slučajeve koji automatski otvaraju sva vrata, što omogućava osobama koje prve reaguju (vatrogasci) da brzo i lako pristupe celoj zgradi tokom vanrednog stanja .

1.2. Identifikacija i autentifikacija

Jedan od prvih koraka kontrole pristupa je identifikacija i autentifikacija korisnika. Identifikacija se dešava kada korisnik navede identitet (kao što je korisničko ime), a autentifikacija, kada korisnik dokazuje svoj identitet (kada pored korisničkog imena, unese i ispravnu lozinku) [3]. Postoje tri uobičajena načina koja se koriste za autentifikaciju. Nešto što korisnik zna je najčešće upotrebljavan način i može biti lozinka ili PIN, međutim ovaj način se pokazao kao najnesigurniji. Nešto što korisnik ima: pametne kartice ili RFID tagovi. Pametne kartice se najčešće koriste sa PIN-om što obezbeđuje višefaktorsku autentifikaciju. Nešto što korisnik jeste: neke od biometrijskih metoda su otisak prsta, gometrija ruke, skeniranje mrežnjače.

1.3. Postojeći softveri za kontrolu pristupa

Od kada postoje vrata i kaije, postoji i potreba da se kontroliše ko ulazi i ko izlazi. Mnoga današnja rešenja omogućavaju daljinsku kontrolu i upravljanje vratima i kapijama putem uređaja povezanog na internet. Neka od takvih rešenja su:

- ProdataKey: Platforma pruža jedinstveno iskustvo bez obzira sa kog uređaja se urpavlja sistemom [5]. Nudi mogućnost upravljanja svim lokacijama iz jedne aplikacije, kao i mogućnost brzog i lakog dodavanja korisnika i upravljanja njihovim dozvolama.
- Brivo: Ovaj sistem je dizajniran da obezbedi viljivost, uvid i kontrolu za daljinsko upravljanje pristupom za stanare, dostavljače i osoblje [6]. Nudi i hardver koji uključuje čitače kartica, sigurnosne kamare i kontrolne table.
- HID Global: EasyLobby SVM je aplikacija za implementaciju automatizovanog sistema upravljanja posetiocima, uključujući skeniranje lične karte koju je izdao državni organ [7].

2. STRUKTURA VMS SISTEMA

U nastavku rada analiziraće se struktura, dizajn, upotrebljivost, prednosti i nedostaci softvera za kontrolu pristupa kompanije Engagis [4]. Softver omogućava jednostavnu i samostalnu prijavu za posetioce, izvođače, kurire i zaposlene. Pored toga, pruža mogućnost čuvanja podataka na centralnom mestu, mogućnost pregleda, uređivanja i prijavljivanja posetilaca u bilo kom trenutku. Sistem je visoko konfigurabilan, gde klijent ima mogućnost definisanja tipova posetilaca i podataka koje želi da prikuplja za njih, kao i brendiranja pristupnih tačaka definisanjem fontova, boja, pozadina i logoa.

Osnovne aplikacije koje čine ovaj sistem su Visitor App (VA: služi za interakciju sa posetiocima i zaposlenima na pristupnim tačkama) i Eze Concierge (EC: aplikacija koja

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragan Ivetić, red.prof.

pristupa bazi podataka i pruža uvid u sve posete). Tehnologija korišćena za pisanje EC aplikacije je .Net Core 3.1, dok je za VA korišćen UWP.

2.1. Učesnici sistema

Aplikaciju EC koriste samo zaposleni kompanije, dok uređaj za prijavu (kiosk) i aplikaciju VA koriste i zaposleni i posetioci. Posetioci mogu biti pozvani tj. ranije registrovani, ali mogu biti i osobe koje prvi put pristupaju zgradi. Zaposleni koji koriste aplikaciju za pregled i manipulaciju posetama (EC) imaju uvid u posete za trenutni dan na nivou čitave zgrade, kao i mogućnost pregleda poseta za druge objekte, na različitim lokacijama.

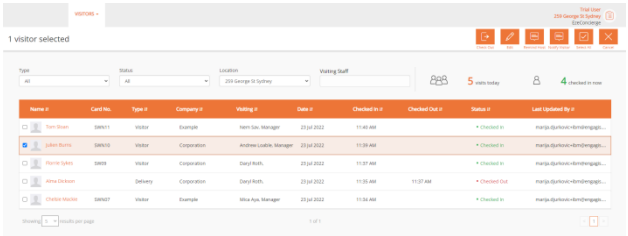
Zaposleni može pristupati kiosku iz više razloga: prijava pri dolasku uz propusnicu za zaposlene, potvrda identiteta posetilaca ili ukoliko zaposleni zaboravi svoju propusnicu, na kiosku može da mu se izda privremena kartica sa svim pristupima koje ima uz regularnu karticu.

3. UPOTREBA SISTEMA

3.1. EzeConcierge

EC je sveobuhvatni alat za upravljanje registracijama i aktivnostima posetilaca i zaposlenih na određenoj lokaciji. Aplikacija je usko povezana sa VA kioskom ali može se koristiti i kao samostalni sistem za prijave posetilaca, kreiranje pozivnica, organizovanje sastanaka i generisanja izveštaja.

Navigacija kroz EC se može obaviti kroz meni koji se nalazi u zaglavlju. Klikom na padajući meni *Visitors*, korisnik ima mogućnost da pristupi različitim stranicama. *Activity* stranica pokazuje aktivnost korisnika (dolazaka i odlazaka) za tekući dan. *Reports* stranica omogućava pregled poseta i poziva za određeni vremenski period. *Visitors* stranica prikazuje profile posetilaca koji su uneseni u sistem. *Invitations* sadrži pozive upućene korisnicima (zakazane posete) dok *Settings* stranica služi za promenu konfiguracije VA i EC aplikacije.



Slika 1 – *Activity* stranica, selektovanje jedne posete

Stranica aktivnosti pruža pregled poseta za tekući dan u vidu tabele koja sadrži i trenutni status posete. One se mogu filtrirati prema tipu posete, statusu, lokaciji kao i zaposlenom koji se posećuje.

Stranice izveštaja pružaju mogućnost sveobuhvatnog pregleda aktivnosti posetilaca i zaposlenih za odabrani period. Tabela prikazuje posete, kao i detalje posete: ime, prezime, tip, kompaniju, zaposlenog koji se posećuje, datum i vreme dolaska u zgradu i odlaska iz iste. Aplikacija takođe pruža mogućnost preuzimanja izveštaja u CSV formatu.

Izveštaj izmena prikazuje sve izmene nastale od strane korisnika VMS sistema za odabrani vremenski period.

Treća vrsta izveštaja omogućava pregled svih nastalih poziva tj. organizovanih sastanaka, kako za prošlost, tako i za budućnost. Oni mogu biti filtrirani prema datumu važenja, lokaciji i statusu (Svi, Pozvani, Istekli, Povučeni).

Stranica za pozivnice služi za organizovanje sastanaka, gde se obaveštavaju i posetioci i domaćin sastanka.

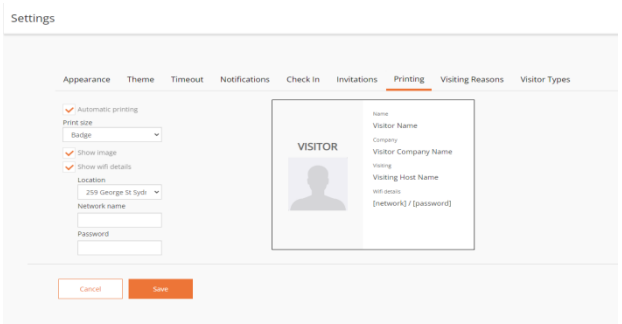
Postoji mogućnost filtriranja, a rezultat filtriranja je respoređen po stranicama, pa tako korisnik može da definiše veličinu stranice i lista rezultate po stranicama. Pritiskom na dugme *Add New*, otvara se stranica za kreiranje nove pozivnice, dok klikom na sledeće dugme, *Batch Invite*, korisniku se pruža mogućnost učitavanja xlsx fajla. Postoji mogućnost preuzimanja šablona što dodatno olakšava kreiranje grupnih pozivnica.

Oblast za podešavanje dozvoljava korisnicima da konfigurišu kako EC aplikaciju, tako i VA tj. kiosk.

Tab *Appearance* se odnosi na izgled kioska tj. pristupne tačke za posetioce (VA). Postoji mogućnost podešavanja pozadine, logo slike, poruke dobrodošlice, kao i pozadine dobrodošlice, podešavanja boje naslova, običnog teksta, pozadine dugmadi, kao i boja slova unutar dugmića.

Tab *Notifications* pruža mogućnost podešavanja načina obaveštavanja zaposlenog tj. domaćina sastanka, da je posetilac stigao (email ili sms poruka). *Visitor Types* tab omogućava pregled postojećih tipova posetilaca, menjanje podešavanja za svaki tip, kao i kreiranje novih tipova. Kada se dodaje novi tip, pored naziva, podešava se kanal preko kog će tip biti dostupan (*Activity* stranica, *Invitation* stranica, VA kiosk). Biraju se sistemska polja koja će biti prikazana, opciona i obavezna. Pored ugrađenih polja, korisnik može da kreira nova polja u skladu sa potrebama kompanije. Za svako novo polje, korisnik unosi naziv, tip polja, označava da li je polje omogućeno i da li je obavezno. Mogući tipovi polja su: tekstualno polje (jedan red), tekstualna oblast (više redova), check box, telefon, email. Za svaki tip polja može se podesiti posebna poruka ukoliko dođe do greške pri unosu.

Za kretanje kroz zgradu, posetilac, kao i zaposleni, dobija karticu koja može da sadrži različite podatke. Ova aplikacija pruža mogućnost konfigurisanja kartice koja će se štampati u zavisnosti od potreba kompanije koja ih koristi.



Slika 2 – *Settings* stranica, podešavanje izgleda propusnice

3.2. Visitor App

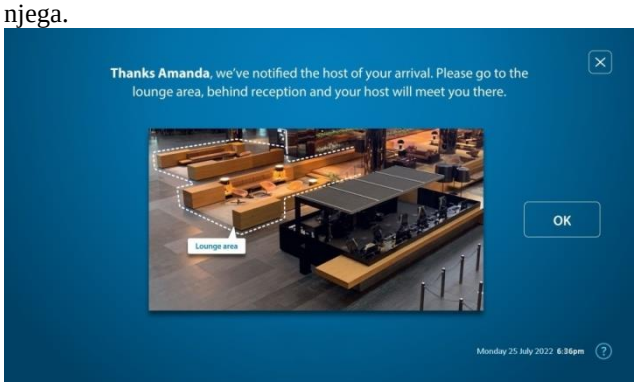
Kao što je ranije navedeno, aplikacija VA se koristi kao pristupna tačka za posetioce i zaposlene. Konfiguracija ove aplikacije vrši se preko EC *settings* stranice.



Slika 3 – Pozdravna poruka na kiosku

Ukoliko je korisnik posetilac (*Visitor*), pre nego što unese lične informacije, pojavljuje se obaveštenje da će se uneti podaci čuvati i da kompanija garantuje da će biti zaštićeni. Kako bi se prijava na sistem nastavila, korisnik mora da potvrdi pritiskom na dugme *OK*.

Unapred pozvani posetioci unose kod iz pozivnice i posle toga se obaveštava domaćin sastanka. Aplikacija upućuje korisnika da sačeka domaćina, nakon čega će zaposleni potvrditi pristup korisnika na kiosku i kreirati karticu za njega.



Slika 4 – Stranica koja upućuje posetioca gde da sačeka

Ukoliko je korisnik posetilac koji nije registrovan, on ima mogućnost biranja tipa posete i nakon toga prikazuje se prozor koji obaveštava posetioca da će se podaci čuvati u arhivi te kompanije i da se garantuje sigurnost podataka. Podatke koje je neophodno da korisnik unese definišu se u podešavanjima na EC aplikaciji. Korisnik može da se fotografiše, ili može da preskoči fotografisanje ukoliko je to dozvoljeno EC konfiguracijom. Kada je korisnik zadovoljan fotografijom, popunjava ime zaposlenog kod kog je došao u posetu kao i razlog posete (opcije definisane unutar podešavanja u okviru EC).

Poseban tip posetilaca je tip koji je označen kao dostava. Pored polja koja se definišu, kao što su ime dostavljača, naziv kompanija koja dostavlja kao i ime osobe kojoj se dostavlja paket, tip za dostavljanje ima posebnu stranicu gde dostavljač može da skenira bar kod sa paketa ili unese broj paketa.



Slika 5 – Stranica za dostavljače

Zaposleni može da koristi kiosk u slučaju da je zaboravio svoju standardnu karticu ili ukoliko je neophodno da dođe i potvrdi identitet posetioca. Klikom na dugme *Forgot pass*, korisnik ukucava jedinstveni broj na nivou kompanije, koji mu je dodeljen pri zaposlenju (*Employee Id*).

Sledeći korak u izradi privremene kartice je da se unese kod koji je zaposlenom poslat porukom na mobilni telefon. Nakon toga, uzima karticu iz uređaja i aktivira je. Sledeća stranica je prikaz poruke sa informacijom koliko važi privremena kartica. Ona traje onoliko koliko je naznačeno unutar konfiguracije na EC. Na isti period od trenutka aktivacije privremene kartice, regularna kartica zaposlenog se deaktivira, radi sigurnosti.

4. UNAPREĐENJE SISTEMA

Postoji mnogo aplikacija, kombinacija softvera i hardvera za kontrolu pristupa. Prioritet svake kompanije treba da bude bezbednost radnih mesta, zaposlenih kao i logističkih kancelarija, bez obzira na njenu veličinu ili delatnost kojom se bavi. Pored bezbednosti, teži se ka tome da se poželjnom korisniku olakša pristup i identifikacija.

4.1. Prednosti VMS sistema

Najveća prednost VMS sistema je visoka konfigurabilnost. Pored konfigurisanja EC aplikacije, postoji mogućnost konfigurisanja VA aplikacije i kioska. Gotovo da svaka stranica može biti konfigurisana po želji kompanije: logo, pozadine, boje slova, boja dugmadi, trajanja sesije, način obaveštavanja zaposlenih, podrazumevana obavezna polja, trajanja važenja uspešne prijave, izgled štampane kartice za korisnika, razlozi posete, kao i tipovi posetilaca i polja koja moraju da se popune za svaki tip.

Pored konfiguracije, mogućnost generisanja izveštaja takođe predstavlja prednost ovog sistema. Izveštaji mogu da se kreiraju za različite lokacije (zgrade), različite tipove i specifično zadato vreme. Svaki izveštaj može i da se sačuva u CSV formatu.

Pomoću aplikacije je olakšano i ubrzano organizovanje sastanaka i slanja pojedinačnih i grupnih pozivnica učesnicima u sastanku.

4.2. Nedostaci VMS sistema

Prostor za poboljšanje sistema se prvenstveno ogleda u starim tehnologijama, koje treba unaprediti u novije verzije. Za osobe koje nisu digitalno pismene, prvenstveno starije osobe, ovakav pristup može da predstavlja izazov. Kada je reč o štampanju privremene kartice zaposlenom, neophodno je da zaposleni zna svoj *employee id*, ili da ga ima negde zapisano, što dovodi do smanjenja sigurnosti. Konfiguracija se odnosi na čitav sistem kompanije, koliko god da poseduje uređaja na različitim lokacijama. Ne postoji mogućnost konfigurisanja prema lokaciji tj. kiosku. Takođe, ne postoji mogućnost provere podataka koje je korisnik uneo (ime, prezime, broj telefona...). Na stranici *Visitors*, polje za pretragu posetilaca funkcioniše samo ako se celo ime ili celo prezime unese. Deo ili početak imena ili prezimena ne daju rezultate. Kada se korisnik nalazi na nekoj stranici (koja nije prva) i pretraži tabelu po nekom

pojmu, rezultat pretrage se neće pojaviti ukoliko nema onoliko pronađenih redova, koliko je dovoljno da se popuni trenutni broj strana. Na ovaj način je korisnik naveden da misli da rezultata nema.

Na stranici *Settings*, tab *Visitor types*, izlistani su svi tipovi napravljeni za datu kompaniju. Tipovi se ne mogu obrisati ali se mogu onemogućiti (*disabled*). Takođe na ovoj stranici nema paginacije, što narušava konzistentnost. Ukoliko posetilac nije pozvan tj. nije unapred registrovan, u zavisnosti od konfiguracije tipa posete, postoji mogućnost da će posetilac morati da popunjava veliki broj polja, što može oduzeti puno vremena, napraviti gužvu ili zasmetati posetiocu.

4.3. Moderna rešenja za pristup korisnika

Sa razvojem tehnologije, javljaju se i novija, modernija rešenja za pristup korisnika, gde se sve više koriste pametni telefoni. Na taj način se smanjuje potreba da korisnik unosi svoje podatke ručno, a samim tim i potreba za hardverom pomoću kog bi korisnik unosio podatke. Pored pametnih telefona, pametni satovi takođe imaju široku primenu.

Biometrijske tehnologije koriste jedinstvene fizičke osobine korisnika za identifikaciju i verifikaciju. Čak i one dolaze sa svojim prednostima i nedostacima. Kada je u pitanju skener otiska prsta, tačnost je dobra, relativno je mala cena u odnosu na druge biometrijske tehnologije i rasprostranjena je tj. ljudi su upoznati sa ovim načinom identifikacije i autentifikacije [8]. Nedostatak je to što ukoliko je ruka tj. prst mokar, prljav ili povređen, može da utiče na tačnost ove tehnologije.



Slika 1– Čitač otiska prsta [10]

2D prepoznavanje lica funkcioniše tako što se slika lica osobe pretvara u matematički kod koji se čuva kao šablon [8]. Sačuvani šablon se upoređuje sa stvanim licem posetioca. Prednosti ovog načina su što je brz i jednostavan za korišćenje i može da se koristi u kombinaciji sa nadzornim kamerama i na taj način prati ljude koji nisu poželjni unutar zgrade. Nedostatak je preciznost pa se preporučuje još jedan nivo zaštite.

3D prepoznavanje lica koristi trodimenzionalnu mapu lica koja se kreira putem infracrvenih mreža ili spajanjem više slika [8]. Prednost ovog načina je što je identifikacija brza, veoma je jednostavan za upotrebu i zbog više jedinstvenih karakteristika, tačnost prepoznavanja je veća nego kod 2D prepoznavanja lica. Problem mogu da stvaraju brada i naočare kod korisnika.

Prepoznavanje oka tj. irisa ima visok nivo tačnosti i pogodno je za aplikacije visoke bezbednosti [8]. Ovaj način nije jednostavan za upotrebu jer zahteva da korisnik bude u dobro osvetljenom okruženju tako da zenica bude mala i da se prikazuje optimalna količina irisa. Takođe je potrebno ukloniti naočare da bi se slika snimila i prepoznavanje bilo što tačnije.

Geometrija šake predstavlja još jedan vid biometrijskog prepoznavanja. Čitač šake snima trodimenzionalnu sliku šake i meri oblik, dužinu prstiju i zglobova [8]. Prednost je što veliki broj ljudi može brzo da se identifikuje, pogodan je za upotrebu i vlaga ne utiče značajno na performanse. Mana se ogleda u manjoj preciznosti.

5. ZAKLJUČAK

Kada je u pitanju budućnost kontrole pristupa, sigurno je da je prilagodljivost neophodna ali ne nauštrb bezbednosti [9]. Sa sve više ljudi čiji svakodnevni zadaci zavise od interneta, budućnost kontrole pristupa, posebno za preduzeća, ide dalje od zaštite podataka i ograničavanja pristupa, na brže i pouzdanije obavljanje. Platforme koje daju prioritet fleksibilnosti i skalabilnosti omogućiće preduzećima da se prilagode okruženjima koja se stalno menjaju, bez dodatnih ulaganja.

Ovakav način kontrole pristupa, pored zaštite koju nudi, pruža mogućnost analize poslovanja, jer nudi izveštaje i istoriju izmena unutar sistema. Prijava na kiosk može biti izazov za osobe koje nisu digitalno pismene, što dovodi do potrebe za zaposlenim koji će pružiti neophodnu pomoć pri popunjavanju podataka.

Novija i modernija rešenja se fokusiraju na dozvolu pristupa putem pametnih telefona ili satova. Na ovaj način mogu videti ko je došao u posetu gde god da se nalaze i dozvoliti ili zabraniti pristup. Takođe, modernija rešenja koriste biometrijske metode za identifikaciju zbog lakoće korišćenja i visoke preciznosti.

6. LITERATURA

[1] H. Zhang, J. Wang, and J. Chang: *An access control model for multi-level security in multi-domain networking environments*, Kunming, China, July 2017

[2] ButterflyMX: https://butterflymx.com/ (pristupljeno u junu 2022.)

[3]https://www.pearsonitcertification.com/articles/article.aspx?p=1718488 (pristupljeno u avgustu 2022.)

[4] https://engagis.com/ (pristupljeno u junu 2022.)

[5] ProdataKey: https://www.prodatakey.com/software (pristupljeno u avgustu 2022.)

[6] https://butterflymx.com/blog/brivo-review/ (pristupljeno u avgustu 2022.)

[7]https://www.hidglobal.com/products/software/easylobby/svm (pristupljeno u junu 2022.)

[8]https://www.nedapsecurity.com/insight/biometric-access-control/ (pristupljeno u avgustu 2022.)

[9] https://www.openpath.com/blog-post/access-control-security-trends (pristupljeno u avgustu 2022.)

[10] https://thekccgroup.com/solution/automatics-and-access-control/access-control-solutions/biometric-access-control-systems/ (pristupljeno u avgustu 2022.)

Kratka biografija:



Marija Stajić rođena je u Beogradu 1996. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Primenjeno softversko inženjerstvo odbranila je 2022.god.
kontakt: marijastajic503@gmail.com

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 004.9
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE15Jovic

POZITIVAN UTICAJ VIDEO IGARA NA DJECU

POSITIVE INFLUENCE OF VIDEO GAMES ON CHILDREN

Suzana Jović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – *Pozitivan uticaj video igara na djecu za razvoj logičnog razmišljanja, motorike, socijalizacije i oporavka od najčešćih medicinskih problema. Primjeri video igara sa medicinskim efektom propraćene statističkim podacima.*

Ključne reči: *Djeca, video igre, motoričke i logičke sposobnosti, socijalizacija*

Abstract – *The positive impact of video games on children for the development of logical thinking, motor skills, socialization and recovery from the most common medical problems. Examples of video games with a medical effect accompanied by statistical data.*

Keywords: *Children, video games, motor and logical skills, socialization*

1. UVOD

U poslednjih nekoliko decenija, oblasti informacionih tehnologija i računarskih nauka su krenule da se razvijaju velikom brzinom. Digitalni mediji se sve više javljaju u okruženju djece i na taj način dolazi do interakcije sa računarima i drugim elektronskim uređajima. Igre su privlačne igračima zbog njihove jednostavne upotrebe, estetskog izgleda, smanjenja stresa, pomažu djeci u razvoju i socijalizaciji i imaju sposobnost da unaprijede određene kognitivne i društvene vještine. Termin video igre predstavlja različite tipove interaktivnih igara koje se igraju pomoću specijalizovanog elektronskog uređaja, računara, mobilnih uređaja, televizija ili nekih drugih ekrana zajedno sa sredstvom za kontrolu grafičkih slika.

1.1. Koliko djeca koriste video igre?

U zavisnosti od starosne dobi igrača, zapaženo je da se pomijeraju granice u vremenu posvećenom video igrama. Na osnovu studijskih istraživanja predstavljeno je prosječno vrijeme igranja igara u toku dana [1]:

- Djeca mlađa od 2 godine provode minimalno vrijeme igrajući bilo koju vrstu kompjuterskih, konzolnih ili mobilnih igara
- Djeca predškolskog uzrasta (od 2 do 4 godine) provode 5 minuta dnevno igrajući igre na računaru ili konzoli, a 10 minuta igrajući mobilne igre
- Djeca uzrasta od 5 do 8 godina provode 19 minuta dnevno igrajući na računaru, dok 21 minut igrajući igre na mobilnim uređajima
- Tinejdžeri od 8 do 12 godina provode 55 minuta igrajući igrice na računaru, a 34 minuta igrajući na mobilnim uređajima
- Tinejdžeri od 13 do 18 godina provode 69 minuta dnevno igrajući na računaru, a 27 minuta igrajući na mobilnim telefonima.

Motivacija iza video igara varira u zavisnosti od djeteta ili tinejdžera, ali mnoga istraživanja su pokazala da video igre omogućavaju mladima da pobjegnu od svojih problema, da isprobaju različite vrste ličnosti, da se druže i uključe u izazovna iskustva zasnovana na nagradama.

2. POZITIVAN UTICAJ VIDEO IGARA NA MOTORIČKE I LOGIČKE SPOSOBNOSTI

Veliki broj naučnika i psihologa došli su do zaključka da video igre mogu imati mnogo benefita i dobrih strana, a jedna od njih je da djeca koja igraju video igrice postaju pametnija i snalažljivija u rješavanju kompleksnih logičkih problema. Igranje video igara mijenja fizičku strukturu mozga na isti način kao učenje, čitanje ili sviranje nekog instrumenta.

Video igre upoznaju djecu sa računarskim tehnologijama i onlajn svijetom. Neke su privlačne i roditeljima i djeci i na taj način roditelji mogu da ostvare bolju komunikaciju sa djecom. Akcione video igre mogu da poboljšaju vještinu čitanja kod djece. One takođe povećavaju sposobnost da budu mentalno fleksibilna i da mogu da se prebacuju sa jednog zadatka na drugi.

Kroz igranje video igara djeca uče vještine koje se ne uče u školi kao što su [2]:

- Rješavanje logičkih problema
- Koordinacija ruku, očiju i prostorne vještine
- Obavljanje više zadataka u istom trenutku
- Brzo razmišljanje, brze analize i odluke
- Preciznost i poboljšanje vizuelne pažnje
- Memorija i koncentracija
- Timski rad i saradnja sa drugima
- Poboljšanje jezičkih sposobnosti

2.1. Rješavanje logičkih problema

Igranjem igrica kao što su *The Incredible Machine* ili *Angry Birds* djeca treniraju mozak kako da smisle način za rješavanje različitih zagonetki. Pored toga, kognitivne vještine se razvijaju i na taj način djeca imaju mogućnost da steknu viši stepen obrazovanja. Kognitivne sposobnosti su povezane sa mehanizmima koji omogućavaju djeci kako da uče, pamte i rješavaju

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragan Ivetić, red. prof.

probleme ili kako da se fokusiraju na određene stvari. Ovaj tip sposobnosti nije fiksan, može se poboljšati mijenjanjem životnih navika i vježbanjem određenih dijelova ili segmenata mozga i najbolje se razvija u ranim godinama života kod djece. Da bi pobijedio u igrici, cilj igrača je da isplanira svoje poteze, odbaci nebitne i nepotrebne informacije i da se prisjeti kako je neke probleme ranije rješavao.

2.2. Koordinacija ruku, očiju i prostorne vještine

Igrice zahtijevaju od igrača da prate poziciju lika, njegove pokrete, brzinu, da li gađa neprijatelja i sl. Za poboljšanje ovog tipa sposobnosti igrači igraju akcione strateške igre čiji je cilj da se kroz strateško planiranje, selektivnu pažnju, timski rad i motoričke sposobnosti postavljaju izazovi za mozak. Nakon brojnih sprovedenih istraživanja dokazano je da igranje video igrica ne daje trenutni podsticaj za učenje nove vještine, ali pomaže u učenju novih senzomotoričkih vještina u istom vremenskom periodu koje kasnije mogu biti iskorišćene.

2.3. Obavljanje više zadataka u istom trenutku

Multitasking ili u prevodu obavljanje više zadataka predstavlja osobinu ljudi da u jednom trenutku rukuju sa više zadataka. Ova vještina opada kako osobe stare i cilj je da se unaprijede u ranoj fazi života. Igrice drže pažnju djeci i na taj način oni pokušavaju da odgovore na svaki znak u trenutku.

Mnoge studije su rađene na temu poboljšanja osobine „obavljanja više zadataka u istom trenutku“ igranjem akcionih igara. Akcione igre imaju potencijal da služe kao korisni alati za obuku u poboljšavanju multitaskinga, jer mogu da očuvaju kognitivnu autentičnost povezanu sa mnogim složenim zadacima.

2.4. Preciznost i poboljšanje vizuelne pažnje

Na osnovu studija iz Ročestera, akcione igre treniraju mozak igrača da donosi brze odluke bez gubitka tačnosti. Samo 20 minuta igranja akcionih video igara pretvorile su igrače u preciznije strijelce kada su pucali iz realističnog oružja na lutke. Vojska i policija već koriste ovakve igrice u svrhu obuke. Igranjem akcionih igara osoba ima mogućnost da nadgleda više objekata u svom vidnom polju i to brže od osobe koja nije igrala takve tipove igara. Igrači mogu brže da obrađuju vizuelne informacije i mogu da prate 30% više objekata od onih koji nisu igrači.

2.5. Brzo razmišljanje, analize i odluke

Igre koje simuliraju stresne događaje, kao na primjer, akcione igre mogu se koristiti kao alat za obuku. Igranjem strateških igara mozak se pokreće da donosi brze odluke i na taj način podstiče se strateško razmišljanje i povećava kapacitet mozga. Igrač uči kako da donosi ispravne odluke da bi pobijedio u igrici. Kod djece se stimulišu istovremeno dvije hemisfere mozga. Na taj način oni uče kako da pronalaze rješenje za svoje probleme. Takođe igranjem ovih vrsta igara podstiču se fizičke, senzorne i mentalne vještine.

2.6. Memorija i koncentracija

Igrači se kroz igre mogu naučiti odgovornosti i istrajnosti. Postoji nekoliko izazova u igrama koji pomažu igračima da se fokusiraju na sopstvene akcije. Neki dijelovi mozga mogu da „rastu“ kao posljedica igranja, a to su dijelovi koji su povezani sa strateškim planiranjem, memorijom i prostornom navigacijom. Video igrice mogu pomoći u poboljšanju kvaliteta života osoba koji imaju mentalne probleme tako što na neko vrijeme zaboravljaju svoje postojeće tenzije i pruža im se prijatno iskustvo.

2.7. Timski rad i saradnja sa drugima

Igranje igrica sa kolegama može pomoći na ojačavanju efikasnosti tima. Novoformirani timovi koji su igrali igrice samo 45 minuta bili su 20% produktivniji od onih koji su se bavili tradicionalnim vježbama izgradnje tima. Igre koje uključuju više igrača podstiču dijete da uči i sluša ideje drugih, stvara planove sa drugom djecom i raspoređuje zadatke na osnovu vještina i samim tim igrači dijele svoje znanje jedni sa drugima.

Neke onlajn igre se čak igraju na međunarodnom nivou kako bi se djeca upoznala sa različitih nacionalnostima i kulturama. Na taj način se stvaraju prijateljstva među različitim ljudima. Efikasan timski rad takođe zahtijeva međuljudske vještine, razvoj načina za podjelu posla i spremnost članova tima da ulože napore ka timskom zadatku.

2.8. Poboljšanje jezičkih sposobnosti

Nastavnici kroz igru mogu da približe djeci učenje stranog jezika. Proces učenja u današnje vrijeme se promijenio i drugačiji je od procesa iz prošlosti. Zadaci čitanja i pisanja bez korišćenja igara veoma brzo dosade učenicima. Kroz igre zadaci su raznovrsni, tako i kombinacija slušanja i igranja može spriječiti da učenicima bude dosadno.

Igrači su uronjeni u virtuelni svijet, komuniciraju sa virtuelnim ljudima, putuju na virtuelna mjesta. Kako igrači prelaze sa nivoa na nivo oni uče imena stvari kao što su mjesta, objekti, likovi i na taj način obogaćuju svoj riječnik.

3. PRIMJENA VIDEO IGARA U MEDICINSKE SVRHE

Video igre u oblasti medicine pružaju veliki broj primjera inovativnih načina korišćenja postojećih komercijalnih igara za zdravlje ili u obavljaju hiruških obuka. Postoje video igre koje se koriste za edukaciju i obuku pacijenata, studenata medicine kao i ljekara. Te vrste se nazivaju ozbiljne igre, koje pored zabave imaju još jednu svrhu, promovisanje učenja ili promjene ponašanja [3]. Moć ozbiljnih igara je u tome što su zabavne, privlačne i zanimljive.

Uprkos postojanju efikasnih lijekova, naprednih tehnologija i bolnica sa visoko obučenim i obrazovnim zdravstvenim radnicima, ljudi se ponekad ne ponašaju u skladu sa načinom koji zdravstvena zaštita nudi ili zahtijeva. Većina pacijenata se ne pridržava režima liječenja koji bi im mogao spasiti život. S druge strane, i doktori prave greške. To je takođe jedan od razloga zašto se video igrice uvode u medicinske svrhe.

3.1. Liječenje poremećaja pažnje

Prve primjene video igrica u medicinske svrhe javljaju se kako bi se motivisali pacijenti, uglavnom djeca, u fizikalnoj terapiji i fizičkoj aktivnosti. Uprava za hranu i lijekove (FDA) je zvanično dala dozvolu za prvi terapeutski lijek zasnovan na igricama. Igrica pod

nazivom EndeavorRx razvijena od strane *Akili Interactive Labs* je opcija liječenja za djecu uzrasta od 8 do 12 godina [4].

Bolest koja se liječi pomoću ove igrice je poremećaj hiperaktivnosti deficita pažnje (ADHD). Djeca kod kojih je dijagnostikovana ova bolest mogu imati problema sa obraćanjem pažnje, kontrolom implusivnog ponašanja (mogu se ponašati bez razmišljanja o tome kakav će biti rezultat) ili mogu biti pretjerano aktivna.

U igri igrači upravljaju letećim brodovima kroz staze sa preprekama gdje moraju da izbjegavaju opasnosti, poput vatrenih jama ili podvodnih mina dok prikupljaju mete. Kompanija koja je razvila igricu preporučila je igranje 25-30 minuta dnevno, pet dana u sedmici, četiri sedmice. Cilj igre je poboljšanje raspona pažnje kod djece na osnovu algoritama koji mogu da prilagode igru u realnom vremenu kako bi prilagodili nivo težine u zavisnosti od toga ko igra kako bi se personalizovao tretman.



Slika 1. *Korisnički interfejs EndeavorRx* [4]

3.2. Miopija – liječenje video igricama

Miopija ili kratkovidnost je uobičajeno stanje oka u kojem osoba može da vidi objekte u blizini, dok udaljeni predmeti izgledaju zamućeni. Aplikacija za pametne telefone, MyopiaX razvijena od strane Dopavision, predstavlja terapeutski lijek za miopiju kod djece i može se primijeniti pomoću standardnih digitalnih uređaja [5]. Djeca igraju uzbudljivu igru koja testira njihovu brzinu, reakcije, memoriju i prepoznavanje objekata.



Slika 2. *Aplikacija MiopiaX, početna strana* [6]

Svaka sesija sa MiopiaX daje lagani stimulus na vrhu očnog nerva kroz igru virtualne realnosti. Cilj je da se poveća nivo dopamina u mrežnjači kako bi se usporilo napredovanje miopije.

Ispitivanje igrice MiopiaX je pokrenuto u novembru 2021. godine dok je datum primarnog završetka mart 2024. godine. U istraživanju će biti uključeno 234 djece i adolescenata uzrasta od 6 do 14 godina. Ispitivanje će se sastojati od aktivnog perioda liječenja od 24 mjeseca nakon čega slijedi 12 mjeseci praćenja bez tretmana [7].

3.3. Remisija

Naučnici su inspirisani da stvore video igricu koja bi mogla pomoći mladim pacijentima koji boluju od raka, kako bi se pridržavali terapije. Tim je spojio principe motivacione psihologije i inovativnog dizajna da bi kreirali novu vrstu aktivnosti, igrica pod nazivom Remisija (ReMission). Igrač kontroliše nanobota koji putuje kroz tijelo pacijenta "ubijajući" ćelije raka i druge infekcije. To kod igrača donosi osjećaj potpune kontrole nad bolešću.



Slika 3. Remisija, nivo 1 [8]

Problem koji se dešava kod adolescenata koji su izliječeni od raka je da nemaju naviku ili ne žele da uzimaju lijekove. Pošto nepridržavanje propisanih lijekova može izazvati smrtnost kod pacijenata sa leukemijom, zbog toga postoje nekoliko nivoa igre u kojima glavni karakter Roki (Roxxi) mora da otkrije i bori se sa zaostalim ćelijama leukemije koje se i dalje nalaze u tijelu.

Pored borbe sa zaostalim ćelijama, igrači se moraju boriti i sa posljedicama nepridržavanja tretmana, na primjer ako na jednom nivou pacijent u igri preskoči svoje doze hemoterapije, kao posljedica toga u toku igre se može desiti da se Roksijev blaster ne aktivira, tako da omogući ćelijama raka da pobjegnu i postanu otporne na lijekove.

3.4. Minecraft

Minecraft igra je prilagođena djeci koja kombinuju vještine istraživanja i preživljavanja. Igrač mora brzo da nauči kako da preživi i da se prilagodi Minecraft svijetu. Nakon velikog broja sprovedenih istraživanja, utvrđeno je da je Minecraft savršeno bezbijedan za djecu ako se koristi pravilno i odgovorno [9].

Sposobnost rješavanja problema implicira koliko dijete dobro može da savladava prepreke i kroz igricu i u stvarnom životu. Kroz igru postoji tzv. režim preživljavanja gdje igrač mora da održi nivo gladi i zdravlja suočen sa opasnim likovima i drugim preprekama. Mora brzo da shvati kako da pobjegne, nađe zaklon i nauči da preživi kroz 10-minutnu sesiju. Na taj način dijete uči kako da brzo i efikasno reaguje na rješavanje problema iz stvarnog svijeta. Ako je dijete motivisano da napreduje u igri, moraće da dobro razumije pisane vodiče koji se pojavljuju tokom igrice.



Slika 4. *Minecraft education edition* [10]

Takođe, ukoliko igra sa drugovima iz razreda, koristiće funkcije ćaskanja za čitanje i pisanje poruka. Kroz igru djeca uče kako da upravljaju resursima jer je potrebno da izračunaju koliko stvari koštaju i vrijeme koje im je potrebno za obavljanje određenih zadataka. Takođe, igrači se udružuju i dijele resurse dok planiraju zajedno, i na taj način oni uče da se oslanjaju jedni na druge. Minecraft može pomoći u razvoju društvenih vještina i na taj način djeca postaju snalažljiva u pregovorima, planiranju projekata i timskom radu.

3.5. Hall of Heroes

Polaskom u srednju školu mnogi učenici doživljavaju dodatni stres i anksioznost. Učenici imaju poteškoće da sklapaju i zadrže prijateljstva, imaju izazove u timskom radu ili pokazuju ekstermne reakcije na trivijalne probleme. Zbog toga je došlo do razvoja igre Hall of Heroes koja predstavlja onlajn igru fokusiranu na jedinstvene izazove srednje škole.

Igrica se sastoji od 15 scena, a ako se igra jednom ili dva puta sedmično u sesijama od 20-30 minuta, period igranja je usklađen sa nastavnim planom i periodom semestra ili školske godine.



Slika 5. *Hall of heroes* [11]

U igrici učenici se upisuju u srednju školu za superheroje u kojoj moraju da izgrade svoje moći i vještine kako bi stekli prijatelje i izborili se sa pritiskom vršnjaka. Izgradnjom svojih vještina tokom igranja, oni postaju sigurniji kada se susreću sa sličnim izazovima i situacijama iz stvarnog svijeta.

Učenici kreiraju avatara (superheroja) koji će predstavljati njihov lik u igri. Igrači napreduju u igri kroz nivoe i na taj način uče različite stvari. Nivoi mogu trajati od 15 do 35 minuta. Kako je igrica simulirano okruženje, učenici će se osjećati ugodnije vježbajući napisana pravila predstavljena u igri prije nego što ih isprobaju u situacijama iz stvarnog svijeta.

4. ZAKLJUČAK

Kako bi obrazovanje i učenje privuklo pažnju djece, potrebno je početi primjenjivati moderne i interaktivne metode u obrazovne svrhe. Edukativne igre pozitivno utiču na djecu, jer na taj način lakše pamte nove informacije koje su naučili kroz igru. U potrazi za novim informacijama djeca se danas okreću mobilnim telefonima i u nekoliko sekundi mogu da pronađu šta im je potrebno. Stoga je važno obrazovati djecu sa digitalne tačke gledišta jer će im ta vještina biti potrebna kroz život.

Korišćenje interneta u ranim fazama života je važno kako bi djeca što prije naučila kako ga pravilno i na odgovoran način koristiti, da budu svjesni opasnosti koje mogu da pronađu i izbjegnu, kao i da identifikuju infomacije koje su pouzdane. Prednost digitalne verzije obrazovnih igara je ta što se mogu igrati na mreži, tako da djeca mogu da treniraju svoje sposobnosti kad god i gdje god žele pomoću tableta, računara ili mobilnog telefona.

U današnje vrijeme savremeni roditelji su zaokupljeni užurbanim poslovima, što znači da mali dio vremena provode sa djecom. Zbog toga djeca postaju ponekad asocijalna, javlja se depresija, nasilje, pokazuje se smanjena aktivnost u oblastima mozga posvećena samokontroli, između ostalog javlja se i zavisnost od video igrica sa kojom se veliki broj djece i roditelja danas bori. Na taj način sve više djece postaju zavisni igrači opčinjeni svijetom igre. Djeca počinju da imitiraju svoje omiljene likove u stvarnom svijetu. Zbog toga je potrebno napraviti balans u korišćenju video igrica tako da se izaberu kvalitetne igre i ograniči se vrijeme ispred elektronskih uređaja za igre.

5. LITERATURA

[1] https://digitalwellnesslab.org/parents/video-games/ (pristupljeno u junu 2022.)
[2] https://www.raisesmartkid.com/3-to-6-years-old/4-articles/34-the-good-and-bad-effects-of-video-games (pristupljeno u junu 2022.)
[3] https://grendelgames.com/what-are-serious-games/ (pristupljeno u junu 2022.)
[4] https://spectrum.ieee.org/video-game-approved-as-prescription-medicine (pristupljeno u junu 2022.)
[5] https://reviewofmm.com/a-smartphone-based-treatment-for-childhood-myopia/ (pristupljeno u junu 2022.)
[6] https://dopavision.com/product/ (pristupljeno u junu 2022.)
[7] https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT04967287 (pristupljeno u avgustu 2022.)
[8] https://hopelab.org/product/re-mission/ (pristupljeno u avgustu 2022.)
[9] https://funtech.co.uk/latest/11-reasons-why-minecraft-is-educational-for-kids (pristupljeno u avgustu 2022.)
[10] https://finlandeducationshop.fi/wp-content/uploads/2021/03/Kurssi-S4.jpeg (pristupljeno u avgustu 2022.)
[11] https://www.centervention.com/hall-of-heroes/ (pristupljeno u avgustu 2022.)

Kratka biografija:



Suzana Jović rođena je u Salcburgu 1996. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva - Primenjeno softversko inženjerstvo odbranila je 2022.god. kontakt: suzana.jovic96@gmail.com

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 004.9
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE17Segrt

NFT TEHNOLOGIJA U ZAŠTITI DIGITALNIH UMETNINA

NFT TECHNOLOGY IN DIGITAL ART PROTECTION

Barbara Šegrt, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – *Digitalna revolucija umetnosti i problem održavanja autentičnosti, kao i autorskih prava. Uloga nezamenljivih tokena i tehnologije blokčejna, na kojoj se zasnivaju, u rešavanju problema autentičnosti i verifikacije vlasništva digitalne umetnosti.*

Ključne reči: *Nezamenljivi token, digitalna umetnost, blokčejn, autentičnost*

Abstract – *The digital revolution of art and the problem of maintaining authenticity and copyright. The role of non-fungible tokens and blockchain technology, on which they are based, in solving the problem of authenticity and verification of ownership of digital assets.*

Keywords: *Non-fungible token, digital art, blockchain, authenticity*

1. UVOD

Umetnička industrija se okreće ka digitalnom, revolucionirajući način na koji se stvara, kupuje i prodaje umetnost, samim tim umetnička revolucija se doživljava u različitim aspektima, bilo da su to društveni mediji, fizički ili onlajn događaji i platforme, ili novi mediji poput veštačke inteligencije i virtuelne realnosti [1].

U svetlu ograničenja *Covid-19*, zatvaranja i produženih karantina, i svet umetnosti je primoran da se preseli u onlajn svet. Digitalna umetnička revolucija se dešava, što može posebno da se vidi kroz povećano kreiranje, kupovinu i prodaju nezamenljivih tokena (NFT). Porast NFT-a omogućava da se digitalna roba poput muzike i vizuelne umetnosti prodaje kao original, povećavajući im vrednost, i održava način na koji je tradicionalno umetničko tržište funkcionisalo vekovima. Tako nezamenljivi tokeni, izazivaju promenu paradigme u skoro svakom sektoru društva [2]. Oni transformišu sve, od finansija do umetnosti, i postoji dobar razlog za sumnju da gotovo nijedan deo društva neće ostati netaknut. Tokom poslednjih nekoliko godina, NFT su se pokazali kao jedna od najznačajnijih savremenih inovacija u tehnologiji, finansijama, modi, sportu i umetnosti.

2. AUTENTIČNOST U DIGITALNOM SVETU

Umetnička apropriacija digitalnih tehnologija za stvaranje i modifikaciju slika stvorila je maglovitu koncepciju autentičnosti [3].

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragan Ivetić, red. prof.

Ovi novi načini oblikovanja slike, u digitalnim medijima, ali i u odnosu na tradicionalne žanrove, sada su rekonfigurisani na digitalni način, u rasponu od filma do klasičnih medija. Nove tehničke mogućnosti učinile su bitku za autentičnost kontinuiranom borbom tokom prošlog veka. Hipercirkulacija slika, korisnika i post-digitalnog područja u celini radikalno je promenila ono što danas razumemo kao autentičnost.

Vlasnici (nosioci) autorskih prava digitalnih umetnina, suočavajući se sa problemom očuvanja autentičnosti, koriste različite metode zaštite digitalnih svojina. Neke od načina su injektovanje grafički vidljivih elemenata, a neke su u vidu digitalnih dodatnih nevidljivih informacija u podacima digialnih svojina, kao što su to enkripcija, digitalni potpis, stenografija, digitalni vodeni žig. Najnovija pomama jesu nezamenljivi tokeni tj. NFT koji se zasnivaju na upotrebi blokčejna - sigurnih baza podataka u kojima je zapisano pravo osobe da poseduje nešto jedinstveno.

2.1. Grafički zaštitni elementi

Najćešći način da se obezbedi dokument je imeplementacija zaštitnog elementa u grafiku dokumenta tj. Korišćenje tehnike dizajna protiv falsifikovanja. Postoji više opcija koje se mogu koristiti odvojeno ili u kombinaciji u zavisnosti od zahtevanog nivoa zaštite. Neke od opcija su: *Anti-scan/ anti-copy* šablon, Giljoš, *Moire*, Mikroprint.

2.2. Digitalni zaštitni elementi

Razlikovanje originalne slike od lažne samo uvidom može biti veoma teško [4]. Forenzički stručnjaci mogu da traže anomalije u sadržaju, kao što je pravac senke/osvetljenja, u metapodacima datoteke, npr. sličice ugrađene u zaglavlje slikovne datoteke, ili u digitalne artefakte, ali generalno to može biti dugotrajno i nepouzdano. Alternativni pristup je povezivanje dodatnih podataka sa konačnom slikom, kako bi se pouzdano i robustno otkrio falsifikat, odnosno dodavanje dokaza tj. zaštitni elementi u negrafičke delove rada. To može biti dodavanje dodatnih inoformacija tako što se ugrađuju metapodaci u digitalnu sliku ili dodavanje digitalnih vodenih žigova odnosno ugrađivanja i sakrivanja digitalnog potpisa, ili informacija, kako bi se garantovala njegova autentičnost i identitet.

2.3 NFT

NFT – nezamenljivi token je digitalan zapis informacija koji predstavlja objekte poput umetnosti, muzike, predmeta u video igri ili video zapisa [5]. NFT-ovi su deo *Ethereum* blokčejna, pojedinačni tokeni sa dodatnim informacijama koje se čuvaju u njima.

Tehnologija koja podržava i omogućava kreiranje i kretanje NFT-ova je u osnovi ista kao kod poznatijih srodnika, *Bitcoin*-a i drugih kriptovaluta, ali tu se svaka sličnost završava. NFT u sebi sadrži ceo katalog različitih informacija o objektu koji predstavlja i upravo te informacije i sam objekat određuju vrednost tokena. Budući da žive na blokčejnu, NFT-ove je lako pratiti. Ovo praćenje omogućava verifikaciju njihove autentičnosti, kao i njihove vlasnike i prethodne transakcije.

NFT pruža jasan dokaz o vlasništvu i autorstvu umetnika, jer je umetnik koji kreira token uvek naveden kao originalni vlasnik digitalnog umetničkog dela povezanog sa NFT-om. Kreiranje tokena je postupak autentifikacije predmeta na (najčešće) *Ethereum*-ovom blokčejnu izdavanjem naloga da se kreira digitalni zapis informacija o objektu koji NFT predstavlja. Ovaj nalog je vrsta transakcije koja postaje deo kataloga koji je nepromenljiv. Drugim rečima – jednom kreiran NFT ostaje u registru zauvek.

NFT tehnologija će motivisati korisnike da zajednički kreiraju i olakšaju proverljivo vlasništvo nad svojim digitalnim sredstvima. Sa nepromenljivim digitalnim knjigama, u kombinaciji sa primenjivim pravilima regulisanim pametnim ugovorima, blokčejn tehnologije podržavaju aplikacije koje imaju za cilj da dokazuju, upravljaju i sprovode prava u vezi sa autorima i vlasništvom nad svim vrstama digitalnih i fizičkih sredstava.

Prava svojine, takođe poznata kao imovinska prava, su teorijska ili zakonska prava koja entitet ima da poseduje imovinu, bilo da je materijalna ili nematerijalna [6]. Prava svojine su neka od najosnovnijih prava u slobodnom društvu. Oni daju pojedincima pravo da akumuliraju, poseduju, drže, delegiraju, iznajmljuju ili prodaju svoju imovinu.

Za razliku od tradicionalne umetnosti, čiju je autentičnost, vlasništvo i poreklo teško proveriti, NFT se vrednuju zbog njihove sledljivosti, retkosti i vlasništva uz pomoć osnovnih blokčejn tehnologija [7]. NFT omogućavaju ljudima da provere ko (ili preciznije, koja adresa novčanika) poseduje osnovni NFT sadržaj, jer su te informacije javni podaci na lancu. Osnovni NFT sadržaj se obično čuva u decentralizovanom skladištu sa jedinstvenom adresom. Snimak ekrana ili kopija osnovnog NFT sadržaja, recimo slike, dali bi drugačiji deo sadržaja (ili NFT) sa drugom adresom. Svaka iskovana stavka je kodirana i zabeležena u osnovnom javnom blokčejnu.

NFT se naime čini kao pravo rešenje koje može da obezvedi da umetnost kao svojina ostane pod vlasništvom legitmnog posednika, i da onemogući korišćenje tuđeg rada bez dozvole. U savršenom svetu ovo bi bilo moguće, međutim i sa ovom tehnologijom ponovo dolaze novi izazovi koji mogu da dovedu do sličnih problema sa vlasništvom, najviše jer je tehnologija još uvek relativno nova i ljudima generalno nepoznata. Na primer NFT tehnologije dozvoljavaju zlonamernim akterima da u suštini naprave kopiju (npr. snimak ekrana) osnovnog sadržaja popularnog (i skupog) NFT-a, primeni zanemarljive promene na kopirani sadržaj, a zatim naprave novi NFT i ponude ga po nižoj ceni od originalnog NFT-a, nadajući se da će namamiti neiskusne kupce. Trenutno se dešavaju različite parnice čiji će rezultati postaviti temelje kako će se posmatrati vlasništvo NFT-a i svojine koja je na njega uvezana u pravnom svetu.

3. OSNOVI NFT TEHNOLOGIJE

3.1 Blokčejn tehnologija

Blokčejn je distribuirani zapisnik ili registar koji je potpuno javan, u tehničkom rečniku to je distribuirana baza podataka. Poseduje zanimljivu osobinu, kada se podaci zabeleže u blokčejnu, tada postaje veoma teško promeniti ih [8]. Svaki blok sadrži podatke, heš bloka i heš prethodnog bloka. Podaci koji se čuvaju unutar bloka zavise od tipa blokčejna. Heš vrednost identifikuje blok i sav njegov sadržaj, uvek je jedinstven, kao otisak prsta. Kada se blok kreira, izračunava se njegov heš. Promena bilo čega unutar bloka dovešće do promene heša. Ako se heš bloka promeni, to više nije isti blok. Treći element unutar svakog bloka je heš prethodnog bloka. Ovo efektivno stvara lanac blokova i upravo ova tehnika čini blokčejn tako sigurnim. Međutim korišćenje heševa nije dovoljno da spreči neovlašćeno menjanje. S obzirom na činjenicu da su danas računari veoma brzi i mogu izračunati stotine hiljada heševa u sekundi, neko bi mogao efektivno da manipuliše blokom i ponovo izračuna sve heševe drugih blokova da bi blokčejn ponovo bio validan. Kako bi se ovo ublažilo, blokčejn koristi mehanizme konsenzusa, koji usporavaju stvaranje novih blokova. Takođe ono što dodatno obezbeđuje blokčejn, je činjenica da je blokčejn distribuirani sistem. Umesto da koristi centralni entitet za upravljanje lancem, blokčejn koristi „*Peer-to-peer*“ mrežu koja je javna i dozvoljava svima pristup. Kada se novi čvor pridruži mreži, dobija punu kopiju blokčejna. Svi čvorovi u mreži stvaraju konsenzus. Oni se usaglašavaju oko toga koji blokovi su važeći, a koji ne. Blokovi koji su izmenjeni biće odbijeni od strane drugih čvorova u mreži.

3.2 NFT tehnologija

Mnogo pre nego što je *Ethereum* postojao, koncept koji je postao pokretačka snaga NFT-a već je zamišljen kada je 2012 [9]. objavljen rad *Meni Rosenfield*-a koji je predstavio koncept „Obojenih novčića“ za *Bitcoin* blokčejn. Ideja „Obojenih novčića“ bila je da opiše klasu metoda za predstavljanje i upravljanje imovinom u stvarnom svetu na blokčejnu kako bi se dokazalo vlasništvo nad tim sredstvima; slično redovnim *Bitcoin*-ima, ali sa dodatnim elementom „token“ koji određuje njihovu upotrebu, čineći ih odvojenim i jedinstvenim. Ograničenja *Bitcoin*-a su značila da koncept „Obojenih novčića“ nije mogao biti realizovan, međutim, postavio je osnovu za eksperimente koji su doveli do pronalaska NFT-a. 2014. digitalni umetnik *Kevin McCoy* iskovao je prvi poznati NFT „*Quantum*“ na blokčejnu *Namecoin*. Nakon ovih događaja, došlo je do značajne količine eksperimentisanja i razvoja. *Ethereum* blokčejn je takođe započeo svoju početnu vladavinu nad NFT-ovima. Veliki pomak za NFT na *Ethereum*-u je podržan uvođenjem skupa standarda tokena, koji daje informacije programerima kako da kreiraju, izdaju i primenjuju nove tokene u skladu sa osnovnom tehnologijom blokčejna.

Postoje dve glavne vrste tokena: zamenljivi i nezamenljivi [10]. Obično sve kopije zamenljivog tokena koji su u skladu sa interfejsom *ERC-20*, identični su i zamenljivi. Takvi tokeni mogu delovati kao sekundarna valuta unutar ekosistema, ili može predstavljati nečiji udeo u investiciji. Sa druge strane, sve kopije nezamenljivih tokena, obično usklađene na interfejs *ERC-721*, jedinstveni su i svaki token predstavlja nečije vlasništvo nad određenim digitalnim sredstvom.

ERC-721 je besplatan, otvoreni standard koji opisuje kako da se izgradi nezamenljivi ili jedinstveni tokeni na *Ethereum* blokčejnu. *ERC-721* je daleko najpopularniji standard za implementaciju nezamenljivih tokena na *Ethereum*-u. Standardni interfejs definiše skup obaveznih i opcionih API metoda koje token ugovor treba sprovesti.

Ethereum je decentralizovana platforma koja pokreće takozvane „pametne ugovore“[11]. *Ethereum* ima sposobnost koja prevazilazi mogućnost čistog „*Peer-to-peer*“ digitalnog gotovinskog ekvivalenta kao što je *Bitcoin*. Tehnički gledano, sama *Ethereum* platforma nije kriptovaluta. Međutim, kao i drugi otvoreni blokovi bez dozvole, *Ethereum* zahteva oblik vrednosti na lancu da bi podstakao validaciju transakcija unutar mreže. Ovde na scenu stupa *Ethereum*-ova izvorna kriptovaluta *Ether*.

4. NFT PRIMERI

4.1 Quantum

Istorija NFT-a i čoveka koji ga je prvi stvorio, *Kevin McCoy*-a, počela je 3. maja 2014 [12]. On je iskovao svoj nezamenljivi token „*Quantum*“, mnogo pre nego što je tržište kripto umetnosti eksplodiralo. „*Quantum*“ je pikselizovana gif slika osmougla ispunjenog krugovima, lukovima i drugim oblicima koji dele isti centar, sa većim oblicima koji okružuju manje i hipnotički pulsiraju u fluorescentnim nijansama. Kada je Kevin prvi put predstavio svoje umetničko delo, objavljeno je da se publika smejala i podsmevala ideji [13]. Danas su Kevin i njegov NFT veoma cenjeni i priznati kao prvi eksperimenti sa novom tehnologijom.

4.2 Rare Pepes

2016. kada su „*memovi*“ napredovali, počeli su da se pojavljuju i na blokčejnu [13]. Naime, „*Rare Pepes*“ su crtani prikazi žaba koje je kreirao *Matt Furie*, i imaju bogatu istoriju u kulturi „memova“. Žabe su prodate preko veb stranice „*Rare Pepe Vallet*“ koja sadrži hiljade Pepe-a na različite načine i u različitim oblicima. U martu 2020. najređi *Pepe* od svih prodat je za 205 ETH, što je u to vreme iznosilo 320.000 dolara. Ova prodaja je bila još jedan katalizator u NFT i kripto svetu koji je ohrabrivao sve više i više ljudi da prepoznaju i cene vrednost digitalne imovine, čak i ako su u pitanju „*memovi*“.

4.3 Crypto Punks

Nakon „*Rare Pepes*“ sledeći su se pojavili „*CryptoPunks*“, *John Watkinson* i *Matt Hall* su napravili eksperiment od 10.000 algoritamski generisanih, jedinstvenih karaktera, na *Ethereum* blokčejnu i iskovali ih besplatno [13]. U početku nisu videli nikakvu privlačnost i reakcija je bila prilično tiha sve dok odjednom nisu brzo rasprodati u roku od 24 sata. U početku, „*CryptoPunks*“ su se prodavali za nekoliko dolara, a danas vrede hiljade, a u nekim slučajevima i milione. Oni su glavna NFT kolekcija i jedan od najtraženijih avatara.

4.4 CryptoKitties

„*Cryptokitties*“ takođe objavljena 2017. godine, ova NFT igra je bila najranija koja je pogodila blokčejn omogućavajući igračima da kupuju mačiće, uzgajaju, igraju se sa njima i prodaju svoje virtuelne mačke sa *Ether*-om [13]. Od kada je igra pokrenuta, nastavili su da generišu milionsku prodaju i od direktne i od sekundarne prodaje. Igra je omogućila mnogim novim korisnicima da se susreću i angažuju se sa NFT-ovima, što je pomoglo da javnost više prihvati rastući koncept. Štaviše, „*Crypotkitties*“ poput „*CryptoPunks*-a“ izazvale su porast NFT.

4.5 TopShot

2019. godine, *Dapper Labs* je objavio da je u saradnji sa NBA u cilju prodaje NFT-ova na digitalnoj platformi koja investitorima nudi digitalnu imovinu pod nazivom „*Moments*“. Lansiranje *Dapper Labs* „*NBA Topshot*-a“ poslužilo je da uvede hiljade ljubitelja sporta u NFT svet gde su mogli da kupuju i trguju NFT karticama digitalno [13]. Svaki „trenutak“ je uhvaćen u kratkom videu košarkaške utakmice i svaki trenutak bi se razlikovao po retkosti. Token sada ima više funkcionalnosti od samo kartice za trgovanje, oni takođe funkcionišu kao članske kartice koje pružaju pristup stvarnim NBA pogodnostima, proizvodima, aktivnostima i iskustvima. Za mnoge, *„NBA TopShot*“ je bio i još uvek je jedan od glavnih kapija za NFT kolekcionare.

4.6 BoredApeYacht Club

„*Bored Ape Yacht Club*“ je svakako izazvao ekspoliziju NFT-a, to je kolekcija od 10.000 nasumično generisanih majmuna koja je puštena u prodaju u maju 2021 [13]. U početku su se takođe borili da se rasprodaju u pretprodaji koja je trajala nedelju dana, dok se preko noći nije rasprodala cela kolekcija. NFT je popularan među slavnim ličnostima jer nudi neograničenu licencu za izvođenje izvedenih radova na majmunima, te su brojne poznate ličnosti visokog profila proširile grupu preko „*The Bored Ape Kennel Club*-a“ i „*Mutant Ape Yacht Club*-a“, kao i na događajie iz stvarnog života kao što je festival majmuna.

4.7 Wolf Game

„*Wolf Game*“ je jedna od najnovijih igara koja uključuje trgovanje ovcama i vukovima u metaverzumu, kao i teoriju igara i ulaganje, što je postalo važna dinamika u NFT prostoru [13]. Nakon njegovog brzog uspona, prethodilo je nekoliko projekata sa ciljem da se ponovi njegov uspeh. Interaktivna priroda ovog NFT-a je svakako još jedan korak širenja i inovacije u NFT svetu, bez obzira da li traje ili ne.

4.8 Everydays: The first 5000 days

Maja 2007, *Mike Winkelmann*, digitalni umetnik zvani *Beeple*, objavio je novo umetničko delo na mreži [14]. Radio je istu stvar svakog dana tokom 13 i po godina, stvarajući i postavljajući potpuno novu digitalnu sliku, ili „svakodnevnu“ kako je on to nazvao. Sada su ti pojedinačni komadi spojeni u „*Everydays: The First 5000*

Days“, jedinstveno delo u istoriji digitalne umetnosti. Kovan je isključivo za *Christie's* monumentalni digitalni kolaž. *Christie's* je prva velika aukcijska kuća koja nudi čisto digitalno delo sa jedinstvenim NFT i koja prihvata kriptovalutu, u ovom slučaju *Ether*, pored standardnog oblika plaćanja za pojedinačnu partiju. Ono što je *Christie's* zapravo prodao na aukciji je jedinstveni kriptografski token koji služi kao vrsta potvrde o vlasništvu za kolaž, koji se zauzvrat može prodati nekom drugom u budućnosti. Kupac je takođe dobio digitalnu datoteku umetnosti i prava za prikazivanje slike, ali autorska prava nisu bila deo transakcije.

4.9 The Currency

Serija „*The Currency*“ je prvi poduhvat *Damiena Hirst*-a na NFT tržištu, koju je objavio *HENI Editions* 2021 [15]. *Hirst*-ov NFT projekat, postavlja pitanja vrednosti kroz temu umetnosti i novca. „*The Currency*“ obuhvata veliki broj slika sa tačkicama, koje je *Hirst* počeo da stvara 2016. godine. Od tada je u različitim tehnikama naslikao 10.000 slika, od kojih je svaka jedinstvena, a zatim pretvorena u nezamenljive tokene i prodata kupcima koji sada svoje slike mogu da koriste kao valutu na *HENI* platformi. Kupcima je dao dvanaest meseci da odluče da li žele da zadrže NFT ili ga zamene za fizičku verziju dela. Nakon što je istekao rok za to, svi oni koji su odlučili da zadrže nezamenljivi token osudili su fizičku sliku na spaljivanje. *Euronews* piše da je u trenutku objavljivanja te vesti 4.910 vlasnika nezamenljivih tokena odlučilo da ih zameni za "prave" slike, što znači da će *Hirst* spaliti 5.090 slika. Ključno za ovaj projekat je da *Hirst* traži od kupca da odluči da li NFT ili fizički print ima veću vrednost. Koja god verzija valute nije izabrana biva uništena – u ceremonijalnom spaljivanju. *Hirst* je najavio da će se spaljivanje preko 5.000 fizičkih umetničkih dela održati tokom izložbe u galeriji u Londonu, takođe pod nazivom „*The Currency*“, koja počinje u septembru 2022.

4.10 Exit NFT

Jedan od primera na domaćoj sceni jesu *Exit*-ove NFT kolekcije. Nakon što je napravio prvi veliki postpandemijski festival, *Exit* donosi najsavremeniju digitalnu umetnost, NFT kolekcije, koje predstavljaju jedinstveno multiverzalno putovanje koje meša opipljivo sa apstraktnim [16]. Sve tri *Exit*-ove kolekcije, „*Headphones*“, „*Shades*“ i „*Wings*“, sadrže, uz unikatnu digitalnu umetnost, i „živa“ festivalska iskustva, po čemu je ovaj nezamenjivi token jedinstven u NFT svetu. Stvoren je u skladu sa Exit-ovom vizijom da su iskustva uživo.

5. ZAKLJUČAK

NFT ima potencijal da učini tržišta efikasnijim [17]. Konverzija fizičkog sredstva u digitalno može da pojednostavi procese, eliminiše posrednike, poboljša snabdevanja i ojača bezbednost. Zahvaljujući NFT, umetnici su sve više u mogućnosti da se direktno povežu sa svojom publikom, eliminišući potrebu za skupim agentima i glomaznim transakcijama. Štaviše, poboljšava proces autentifikacije, dodatno pojednostavljuje transakcije i smanjuje troškove. Međutim trenutna situacija je takva da postoji mnogo otvorenih slučajeva i tužbi čiji sporovi još uvek nisu rešeni, tako da se sa sigurnošću ne može reći kako će legalni sistem da gleda na vlasništvo u doba blokčejn tehnologije, koja bi zapravo trebalo da olakšava proces autentifikacije. Iako je integritet blokčejna neupitan, NFT se mogu koristiti za održavanje prevare. Jedan broj umetnika je nedavno prijavio da su otkrili svoje radove za prodaju kao NFT na onlajn tržištima - bez njihovog pristanka, što očigledno krši nameru korišćenja NFT-a.

6. LITERATURA

[1] https://hivelife.com/digital-art-revolution/ (pristupljeno u julu 2022.)
[2] https://nftnow.com/guides/what-is-nft-meaning/ (pristupljeno u julu 2022.)
[3] http://aaaan.net/authenticity-in-the-post-digital-age/ (pristupljeno u julu 2022.)
[4] https://ieeexplore.ieee.org/document/7546506 (pristupljeno u julu 2022.)
[5]https://www.forbes.com/advisor/investing/cryptocurrency/nft-non-fungible-token/ (pristupljeno u julu 2022.)
[6] https://www.upcounsel.com/proprietary-rights (pristupljeno u avgustu 2022.)
[7] Tanusree Sharma, Zhixuan Zhou, Yun Huang, *"It's A Blessing and A Curse: Unpacking Creators' Practices with Non-Fungible Tokens (NFTs) and Their Communities", 2022*
[8] https://savjee.be/videos/simply-explained/how-does-a-blockchain-work/ (pristupljeno u julu 2022.)
[9] https://www.zenofineart.com/blogs/news/the-beginning-of-nfts-a-brief-history-of-nft-art (pristupljeno u julu 2022.)
[10] Dipanjan Das, Priyanka Bose, Nicola Ruaro, Christopher Kruegel, Giovanni Vigna, „*Understanding Security Issues in the NFT Ecosystem*“, 2021
[11] Robby Houben, Alexander Snyers, „*Cryptocurrencies and blockchain*“, 2018
[12] https://blog.portion.io/the-history-of-nfts-how-they-got-started/ (pristupljeno u avgustu 2022.)
[13] https://www.nft-insight.com/p/a-brief-timeline-of-nfts (pristupljeno u julu 2022.)
[14] https://www.christies.com/features/Monumental-collage-by-Beeple-is-first-purely-digital-artwork-NFT-to-come-to-auction-11510-7.aspx (pristupljeno u avgustu 2022.)
[15] https://www.myartbroker.com/investing/articles/nfts-damien-hirst (pristupljeno u avgustu 2022.)
[16] https://nft.exitfest.org/ (pristupljeno u julu 2022.)
[17] https://www.annuity.org/2022/01/14/from-the-experts-8-pros-and-cons-of-nfts/ (pristupljeno u avgustu 2022.)

Kratka biografija:



Barbara Šegrt rođena je u Somboru 1996. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Primenjeno softversko inženjerstvo odbranila je 2022. god.
kontakt: barbarasegrt96@gmail.com

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 004.9
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE18Gengo

VR INTERFEJS ZASNOVAN NA PRAĆENJU POKRETA ŠAKA KORISNIKA

A VR INTERFACE BASED ON TRACKING THE MOVEMENTS OF THE USER'S HAND

Tamara Gengo, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – *Koncept virtuelne stvarnosti i njen uticaj na različite industrije, sa osvrtom na razvoj samog koncepta virtuelne stvarnosti. U radu su obrađeni trenutno dostupni načini praćenja pokreta šaka korisnika, sa posebnim akcentom na uređaj Oculus Quest.*

Ključne reči: *Virtualna realnost, headset, Oculus Quest PlayStation VR, Leap Motion, sistem praćenja pokreta, šest stepeni slobode (6DOF)*

Abstract – *The concept of virtual reality and its impact on different industries, with reference to the development of the concept of virtual reality itself. The paper deals with the currently available ways of tracking the user's hand movements, with a special emphasis on the Oculus Quest device.*

Keywords: *Virtual reality, headset, Oculus Quest, PlayStation VR, Leap Motion, hand-tracking system, six degrees of freedom (6DOF)*

1. UVOD

Virtuelna stvarnost *(VR)* je digitalno proizvedeno iskustvo koje simulira trodimenzionalno okruženje u stvarnom svetu. Tehnologija pruža učesnicima realno iskustvo koristeći VR gedžete kao što su rukavice, slušalice ili naočare ili odela. Virtuelna stvarnost revolucionirala je sektor igara i zabave, omogućavajući korisnicima da urone u visoko simulirano okruženje. Međutim, to nije jedno mesto gde se razvijao virtuelni svet, sve je veća upotreba ove tehnologije u nastavnoj obuci kao što je podučavanje inženjera, mehaničara, pilota, terenskih radnika, vojske, takođe se koristi u turizmu i oblasti nekretnina, zdravstvu itd.

1.1. VR u industriji

VR tehnologija omogućila je inženjerima da eksperimentišu sa dizajnom i konstrukcijom objekata, uređaja, automobila pre nego počnu sa izgradnjom prototipova, tako na primer građevinski inženjeri i arhitekte kreiraju virtuelne građevine, kako bi na što precizniji način modelovali idejno rešenje (slika 1). U automobilskoj industriji se koristi na sličan način kao i građevinarstvu, kako bi se izbeglo pravljenje skupih prototipova novih automobila, kreira se virtuelni model jednako detaljan kao proizvodni, tako da je moguće već na samom početku procesa započeti testiranje produkta.

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragan Ivetić, red. prof.

VR potpomaže rešavanju određenih mentalnih problema, koristi se u fizioterapeutske svrhe, te samim tim dobija na sve većem značaju u oblasti zdravstvene zaštitite. Takođe, hirurzi i lekari koriste VR u obukama, kako bi simulirali opasne i stresne situacije kao što su operacije. Turističke kompanije koriste VR kako bi potencijalnim klijentima ili kupcima omogućili obilazak spomenika, kulturnih manifestacija, dalekih destinacija, restorana i hotela.
Covid-19 uticao je na industriju na način da su kompanije svoje poslovanje prebacile na „mrežu", što je rezultiralo povećanom potrebom za VR opremom. Poslovanje je prebačeno u virtuelni svet, pa se tako na primer sastanci sada održavaju u virtuelnim sobama, organizuju se virtuelni događaji.



Slika 1. *VR u građevinarstvu i arhitekturi [6]*

1.2. Primeri kompanija koje koriste VR

VR tehnologija se već sada nalazi duboko u svetu poslovanja, zabave i obrazovanja, te su je mnoge kompanije, škole/univerziteti uvrstili u njihov svakodnevni rad, koristi se i u trenažnim procesima profesionalnih sportista, pa je neki NFL i NCAA timovi koriste tehnologiju VR kako bi poboljšali treninge, pa tako tokom treninga igrači nose headset koji im omogućava da vide različite scenarije, npr. kako se suparnički igrač kreće po terenu. Zahvaljujući ovakvom načinu treniranja, igrači Stanford Univerziteta su poboljšali procenat pobeda sa 63.8% na 76.3%. U automobilskoj industriji ne samo što se koristi za modelovanje prototipova već i za edukaciju stanovništva koje nezgode mogu da se dogode pod određenim uticajima, ovakav princip iskoristila je *Toyota.* Ova kompanija demonstrirala je simulaciju obuke vozača u virtualnom okruženju, kako bi edukovala tinejdžere o rizicima voženje pod dejstvom određenih stimulansa, kao što su glasna muzika, sirene, tekstualne poruke na telefonu i slično. Kompanija *Henkel* koristi *VRdirect* kako bi obrazovala zaposlene o rizicima po zdravlje i bezbednosti na radnom mestu. Obuka funkcioniše na način da dok korisnik razgleda okolinu, ima za zadatak da identifikuje potencijalne rizike. Farmaceutska kompanija AbbVie kreirala je aplikaciju koja virtuelno

demonstrira svakodnevne borbe osoba sa Parkinsonovom bolesti, ideja je predstavljena na sajmu farmaceutske industrije, gde su ljudi mogli da iskuse kako se osobe sa ovom bolešću kreću virtuelnim supermarketom, nailazeći na neprijatne kontakte sa drugim ljudima. *Osso VR* omogućila je hirurzima da koriste virtuelne medicinske uređaje i praktikuju hirurgiju na virtuelnim telima (slika 2). VR tehnologija se koristi i za uređenje nekretnina, pa je tako švedska kompanija, IKEA, lansirala aplikaciju koja korisnicima omogućava da isprobaju proizvode pre nego ih kupe. Aplikacija prikazuje 3-D verzije proizvoda, koje se zatim mogu postaviti u korisnikov virtuelni dom.



Slika 2. *VR u oblasti zdravstvene zaštite [7]*

2. VR SETOVI NOVE GENERACIJE

Razvoj VR tehnologije doveo je do činjenice da je ona sada pristupačna običnim ljudima, a uređaji su lagani i kompaktni, kompatibilni sa mobilnim telefonima, računarima i konzolama za igranje igrica. Trenutno tržištem dominiraju sledeći uređaji, *Oculus Quest 2, PlayStation VR, Valve Index.*

2.1. Oculus Quest 2

Oculus Quest 2 (rebrendiran u *Meta Quest* 2021) je headset za virtuelnu stvarnost razvijen od strane *Facebook Reality Labs.* Quest 2 radi kao samostalan headset sa internim operativnim sistemom [1]. Ovo je jedan sveobuhvatan VR sistem, koji ne zahteva podešavanje bilo kakvih spoljnih senzora ili kamera, sve što je korisniku potrebno nalazi se upravo u headsetu. Sistem pokreće *Snapdragon XR2,* to je prva platforma koja objedinjuje 5G i AI (*Artificial Intelligence* – veštačka inteligencija) i omogućava korisnicama da istraže svaki ugao virtualnog sveta (punih 360°) [2].



Slika 3. *Oculus (Meta) Quest 2 [8]*

2.2. PlayStation VR

PlayStation VR je headset razvijen od strane *Sony Interaction Entertainment* 2016. godine i u potpunosti je kompatibilan sa PlayStation 4 i 5 [3]. Za razliku od Quest-a, ovaj headset nije samostalan, već su potrebni kontroleri i dodatne kamere kako bi se upotpunio virtuelni doživljaj, kao što su *PS Twin Pack, Farpoint.* PlayStation VR radi ili sa standradnim *DualShock 4* kontrolerom, ili *PS Move* ili *PS Aim.* Takođe kao dodatnu opremu potrebno je kupiti kameru jer u suprotnom nije ga moguće konfigurisati za igranje određenih igara. Problem sa kojim se susreću korisnici je taj što ovaj headset poseduje samo jednu kameru, te praćenje kretanja, pronalaženje objekata i zidova u prostoriji može biti otežavajuća okolnost.



Slika 4. *PlayStation VR [9]*

2.3. Valve Index

Valve Index je do sada najskuplji VR headset, i u potpunosti je vezan za performanse računara sa kojim se povezuje te zbog toga zahteva PC relativno visokih specifikacija. Kao sistem za praćenje koristi *Lighthouse* tehnologiju.



Slika 5. *Valve Index VR [10]*

3. VR INTERFEJS ZASNOVAN NA PRAĆENJU ŠAKA

Prepoznavanje pokreta je tehnologija koja koristi senzore za čitanje i tumačenje pokreta ruku kao komandi, senzori beleže podatke o orijentaciji i brzini ruku. Softver za praćenje ruku koristi ove podatke za njihovo virtuelno oličenje u realnom vremenu. Ova metoda omogućava komunikaciju sa VR sistemom bez upotrebe kontrolera, ali ne samo to već i doprinosi stepenu percipiranja stvarnosti, te ovakav način interakcije dodatno upotpunjuje osećaj „uronjenosti“ i realnosti. *The Leap Motion Controller* je optički modul za praćenje ruku koji beleži pokrete ruku i prstiju korisnika, gde na osnovu infracrvenih zraka čita podatke, smešta ih u lokalnu memoriju, pri čemu se vrše neophodna podešavanja rezolucije, a na kraju te podatke šalje računaru na obradu i podešavanje [4]. Šest stepeni slobode (*6DOF*) odnosi se na specifičan broj osa po kojima kruto telo može da se kreće u trodimenzionalnom prostoru [5], a to su kretanje duž x, y i z ose, pa tako imamo translatorno i rotaciono kretanje po datim osama, na osnovu čega se dobija šest dimenzija. Metode za praćenje pokreta:

1. Magnetno praćenje – oslanja se na merenje intenziteta magnetnog polja

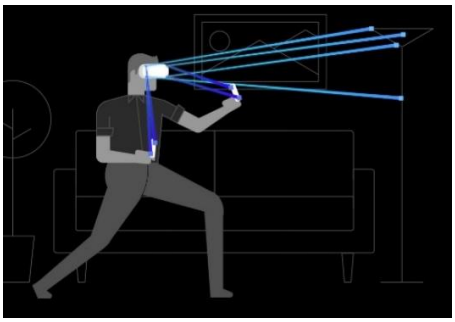
2. Akustično praćenje – meri vreme potrebno zvučnom signalu da stigne od jednog do drugog prijemnika.
3. Inercijalno praćenje – koristi akcelometre (za merenje linearnog ubrzanja) i žiroskope (za merenje ugaone brzine).
4. Optičko praćenje:
    a. Praćenje sa markerima – objekti se označavaju markerima, a algoritam usklađuje poziciju markera sa onim što detektuje kamera i utvrđuje položaj i orjentaciju
    b. Praćenje bez markera – način praćenja poznatih 3D geometrijskih objekta (modela)

3.1. Outside-in i inside-out

Outside-in tehnologija je zasnovana na tome da se headset i kontroleri prate pomoću posebnog spoljnog uređaja, sistemi koji koriste ovu tehnologiju su *Oculus Rift, HTC Vive, PlayStation VR.* Jedno od glavnih ograničenja je problem koji se zove „okluzija“ (ukoliko korisnik nestane iz vidokruga kamere) s obzirom na to da kamera ima prostorno ograničenje. Za razliku od *outside-in*, kod inside-out praćenja pokreta kamera se postavlja na praćeni uređaj i „gleda“ ka spolja, kako bi se utvrdio položaj korisnika u odnosu na okolinu i objekte u njoj. Problem koji se javlja u ovakvom načinu praćenja je računarska moć, s obzirom na to da se svi proračun tada dešavaju u samom headset-u.



Slika 6. *Outside-in praćenmje pokreta [11]*

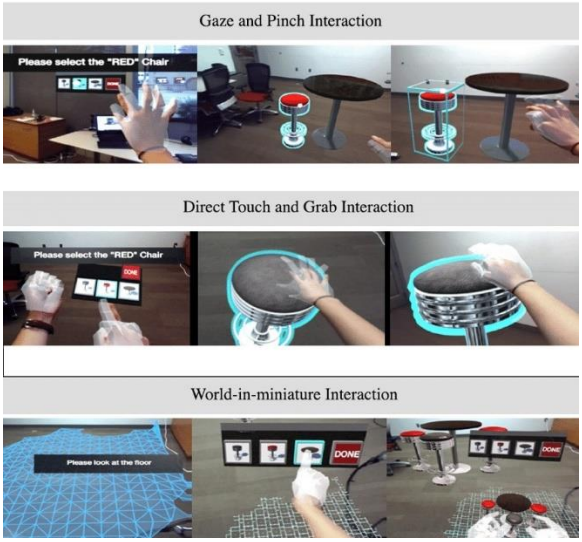


Slika 7. *Inside-out praćenje pokreta [12]*

3.2. Praćenje pokreta: *Oculus Quest 2*

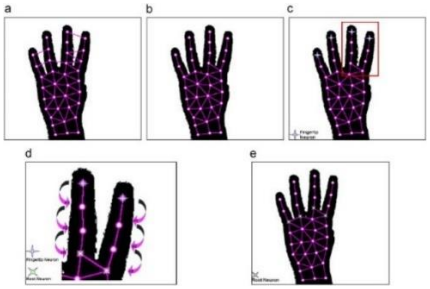
Oculus Quest 2 prati pokrete glave, ruku i tela tako da korisnik može fizički da hoda po digitalnom prostoru, komunicira sa virtuelnim objektima ili prelazi određene prepreke. Osim što se ističe kao impresivna igračka konzola, već može da simulira kancelarijsko okruženje. Tri načina za komunikaciju sa virtuelnim svetom su:

1. Direktna manipulacija – način interakcije u kome se promoviše prirodna reprezentacija objekata i radnji. Tri ključna principa interfejsa za direktnu manipulaciju su: kontinuirano predstavljanje ciljnih radnji i objekata korišćenjem smislenih vizuelnih metafora, korišćenje obeleženih dugmadi i brze, reverzibilne i inkrementalne akcije, tako da njihovo dejstvo bude odmah vidljivo. Najjednostavniji primer direktne manipulacije je akcija korišćenja vrhova prstiju za zumiranje i umanjivanje slike. Još jedan klasičan primer je prevlačenje fajla iz jednog foldera u drugi (drag-and-drop)
2. Gestikulacija – podrazumeva praćenje i prepoznavanje pozicije i orijentacije osobe ili pokreta. Sistem mora da poseduje bazu definisanih unapred određenih gestova. Osim u VR sistemima ovakav način dizajniranja komunikacije koristi se i u automobilskoj industriji (npr. promena jačine zvuka, uključivanje klime, korišćenje mapa i slično). Gestikulacija prenosi četiri vrste informacijaČ prostorne, simboličke, patičke *(pathic information)* i afektivne. Često korišćeni gestovi u okviru Oculus Quest su: *point and pinch* (selektovanje objekata), *pinch and scroll* (skrolovanje gore-dole, levo-desno), *palm pinch* (povratak na početnu stranu), *grab and drop* (hvatanje i ispuštanje predmeta), *swipe* (listanje knjiga/slika), *tap* (klik na virtuelno dugme).



Slika 8. *Gestovi u Oculus Quest 2 [13]*

3. Pokreti ruku – *hand ray* termin u VR svetu označava da korisnik može da „puca“ laserom iz ruke na udaljeni objekat, kako bi manipulisao njime (približio/odaljio od sebe), takođe u kombinaciji sa već predefinisanim gestovima.



Slika 9. *Detektovanje položaja ruke [14]*

Trenutno i dalje postoje komplikacije i nedostaci pri samoj izradi tehnologije za praćenje pokreta, a to su tehnološka ograničenja (ograničen obim praćenja, problem sa okluzijom) i nedostatak taktilnih informacija od strane virtuelnih objekata.

3.3. Aplikacije koje koriste sistem praćenja ruku

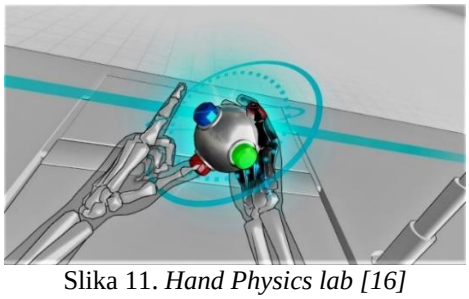
Gravity Sketch je alat koji se koristi za 3D skiciranje i modeliranje, sa skupom alata za razvoj 3D objekata i površina kao što su linije, površine i zapremine. Takođe moguće je kreirati objekte sa refleksivnom, rotacionom i kružnom simetrijom. Aplikaciju mogu da koriste i umetnici/dizajneri, često je koriste profesionalci koji razvijaju automobilske nacrte, iz oblasti industrijskog dizajna i dizajna proizvoda, kao i dizajna konceptualne umetnosti (igre, filmovi).



Slika 10. *Gravity Sketch [15]*

Unplugged je VR muzička igra koja korisniku omogućava da svira „virtuelnu vazdušnu“ gitaru, pri čemu nije potrebna upotreba dodatnih kontrolera ili perifernih uređaja, već se u potpunosti koristi *hand-tracking* tehnologijom. Svaka pesma se može reprodukovati u lakom, normalnom i teškom režimu, a težina se određuje brojem različitih položaja prstiju koje korisnik mora da koristi. Igra se smatra kao najveći test za Oculus u pogledu praćenja pokreta ruku, iako i dalje postoje minimalna kašnjenja, i nedovoljno dobro prepoznavanje prstiju kada se u određenim položajima preklapaju.

Hand Physics Lab je eksperimentalni projekat razvijen kako bi se približio svet fizičke laboratorije, kroz zadatke i zagonetke. Igra sadrži preko 80 različitih zadataka, čijim rešavanjem se otvaraju i otključavaju novi prostori za crtanje, izgradnju, istraživanje i učenje, a za kontrolu objekata se koriste ili ruke ili kontroleri. Zadaci koji se najčešće obavljaju su slaganje objekata, pritiskanje dugmadi, bojenje predmeta, bacanje stvari itd., a svi zadaci i nivoi potpuno su nezavisni jedan od drugog. Da bi zadatak bio izvršen, korisnik koristi „kosturne ruke“, koje su praćene verzije pravih ruku, pomoću kojih se izvode radnje poštujući sve zakone fizike.



Slika 11. *Hand Physics lab [16]*

4. ZAKLJUČAK

Virtualna stvarnost je jedna od tehnologija sa najvećim projektovanim potencijalom za rast, i u kombinaciji sa tehnologijama kao što je veštačka inteligencija može značajno da menja način života. Osim što je olakšava mnogim kompanija poslovanje na daljinu, već zaposlenima može da pruži osećaj približenosti kolega, što je posebno imalo uticaj za vreme pandemije Covid-19.

VR je transformisala način na koji se edukativni sadržaj isporučuje, jer sada učenici mogu da osete, dožive ono o čemu uče, pomogla je u razumevanju složenih koncepata, predmeta i teorija, čime se dodatno podstiče i kreativnost kod učenika. Lista industrija i oblasti rada koje koriste ovu tehnologiju se sve više širi, s obzirom da sada postoje uređaji koje ne vezuju korisnika za određenu fizičku lokaciju, nema potrebe više za kablovima, dodatnim kamerama ili ručnim kontrolerima, a sve ovo je obezbedio Oculus (Meta) Quest sa svojim headsetom, koji ne zahteva kontrolere kako bi pratio pokrete već, koristi ugrađenu kameru u headsetu koja direktno prati pokrete ruku.

5. LITERATURA

[1] en.wikipedia.org/wiki/Oculus_Quest_2 (pristupljeno u avgustu 2022.)
[2] qualcomm.com/snapdragon-xr2-5g-platform (pristupljeno u avgustu 2022.)
[3] en.wikipedia.org/wiki/PlayStation_VR (pristupljeno u avgustu 2022.)
[4] ultraleap.com/product/leap-motion-controller/ (pristupljeno u avgustu 2022.)
[5] en.wikipedia.org/wiki/Six_degrees_of_freedom (pristupljeno u avgustu 2022.)
[6] digitalschool.ca/virtual-reality-engineering-design-technology-1.jpg (preuzeto u avgustu 2022)
[7] digitalschool.ca/vr-engineering.jpg (preuzeto u avgustu 2022)
[8] visualise.com/wp-content/Surgery_01.jpg (preuzeto u avgustu 2022)
[9] pisces.bbystatic.com/products/PSVR.jpg (preuzeto u avgustu 2022)
[10] .amazon.co.uk/Valve-Index-VR-Full-Kit (preuzeto u avgustu 2022)
[11] wareable.com/htc-vive-room-scale.jpg (preuzeto u avgustu 2022)
[12] miro.medium.com/inside-out.jpg (preuzeto u avgustu 2022)
[13] esearchgate.net/Example-scenes-Gaze-and-pinch-top-Direct-touch-and-grab-middle-and.ppm (preuzeto u avgustu 2022)
[14] ars.els-cdn.com/1-s2.0-S0952197609000694-gr7.jpg (preuzeto u avgustu 2022)
[15] paolofalcoruegg.com/gravity (preuzeto u avgustu 2022)
[16] roadtovrlive-5ea0.kxcdn.com/hpl-orb.jpg (preuzeto u avgustu 2022)

Kratka biografija:



Tamara Gengo rođena je u Zvorniku 1997. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva - Primenjeno softversko inženjerstvo odbranila je 2022.god.
kontakt: gengoftn@gmail.com

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 004.85
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE19Petrovic

ПРЕДИКЦИЈА ИСХОДА ПРОФЕСИОНАЛНИХ ТИМСКИХ МЕЧЕВА У ИГРИЦИ CS:GO

PREDICTION OF THE OUTCOME OF PROFESSIONAL TEAM MATCHES IN GAME CS:GO

Душан Петровић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Кратак садржај – *С обзиром да награде на CS:GO турнирима достижу и по неколико милиона долара, тимовима би значила свака информација која их потенцијално може довести до победе на мечу и турниру. Систем који би професионалним тимовима указао на недостатке, односно дао предикцију исхода меча узимајући у обзир састав тима и компатибилност њихових стилова игре, био би од велике користи при креирању тимова. Идеја овог рада јесте да кроз неколико експеримената покаже како одређени фактори утичу на предикцију исхода меча, односно која њихова комбинација би дала најбоље резултате предикције. Поред успеха професионалних играча током каријере, у обзир би се узимао и фактор државе из које долази играч као и његов стил игре. У раду је такође представљен и алгоритам за процену rating-а играча. За претпоставку стила игре користио се KMeans алгоритам за кластеровање, док су се за проблем предикције исхода меча користили XGBoost Regressor, Random Forest алгоритми, као и неуронска мрежа. Експерименти су у већини случајева давали очекиване резултате с обзиром на природу проблема. У раду је показано да подаци о стилу игре и фактору државе играча у већини случајева позитивно утичу на предикцију исхода меча.*

Кључне речи: *CS:GO, ESport, предикција меча, кластеровање, регресија*

Abstract – *Considering that the prizes in CS:GO tournaments reach several million dollars each, any information that can potentially lead them to victory in the match and the tournament would mean a lot to the teams. A system that would indicate the shortcomings of professional teams, and give a prediction of the outcome of the match, taking into account the composition of the team and the compatibility of their playing styles, would be of great use when creating teams. The idea of this paper is to show through several experiments how certain factors affect the prediction of match's outcome and which combination of them would give the best prediction results. In addition to the success of professional players during their career, the factor of the country the player comes from as well as his style of play was also taken into account. The paper also presents an algorithm for evaluating player ratings. The KMeans clustering algorithm was used to predict the style of play, while the XGBoost Regressor, Random Forest algorithms, and a neural network were used to predict the match's outcome. In most cases, the experiments produced the expected results, given the nature of the problem. In the paper, it was shown that data on the style of play and player's country data, in most cases, have a positive effect on the prediction of the outcome of the match.*

Keywords *CS:GO, ESport, match prediction, clustering, regression*

НАПОМЕНА:
Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је била др Јелена Сливка, доцент.

1. УВОД

Укупни буџет за новчане награде свих *ESports* такмичења у CS:GO игри у 2021. години је износио 20 милиона долара, што је позиционира на друго место у овој категорији. Игра у свом жанру није никад имала конкуренцију због чега се очекује да ће одржати своју популарност.

У традиционалним спортовима, анализа података је значајно променила многе аспекте данашњег професионалног спорта. Иако анализа спортских података позитивно утиче на одабир играча, креирање тимова и формирање стратегије, спортски аналитичари су и даље ускраћени за добар део података, с обзиром на потешкоће за њихово прикупљање из стварног света. Насупрот томе, видео игре су направљене од података, што олакшава саму анализу. Модерне видео игре, укључујући и CS:GO, прикупљају огромне количине података током мечева, што представља одличну полазну тачку за даљу анализу и истраживање.

С обзиром да је и у *ESport*-овима присутан људски фактор, анализом података из мечева и њиховом обрадом и те како се може доћи до закључака који ће позитивно утицати на формирање тима и повећање шанси за победу. Систем који би предвидео исход меча за различите услове би потпомогао доношење одлука за професионалне играче и повећао њихову шансу за победу.

У овом раду ће бити представљено решење за предикцију исхода професионалног CS:GO меча. Кроз неколико експеримената покушано је да се прикаже како одређени фактори утичу на предикцију исхода меча. Решење ће бити реализовано коришћењем неколико скупова података које садрже информације о мечевима и статистикама играча прикупљених током њихове каријере.

Такође, биће коришћени различити алгоритми за предикцију, где ће се изабрати најбољи од њих након њиховог поређења. Кроз један од експеримената биће дат и предлог решења за процену *rating*-а играча, а затим и поређење са оценом играча из коришћеног скупа података.

За одређивање стила игре употребљен је *KMeans* алгоритам за кластеровање на основу играчевих статистичких података током каријере. За проблем предикције исхода меча коришћени су *XGBoost Regressor* и *Random Forest* алгоритми, као и неуронска мрежа. Најбоље резултате од 62.79% тачности је постигао *XGBoost Regressor*. Експерименти су у већини случајева давали очекиване резултате, с обзиром на природу проблема, јер се ради о предикцији где је присутан људски фактор и некад су нијансе те које одлуче победника меча, и неретко се дешава да објективно лошији тим победи онај бољи.

У наредном поглављу детаљније ће бити представљена постојећа литература. Затим ће у поглављу 3 бити описана методологија и спроведени екперименти. Након тога, у поглављу 4 се налази дискусија о резулттима. На крају, у поглављу 5, дата је сумаризација рада са предлозима за даље унапређење решења.

2. ПРЕТХОДНА РЕШЕЊА

Рад [1] анализира модел који урачунава само тимске одлуке. Циљ рада је реализација модела за предикцију вероватноће победе меча на мапи, на почетку сваке рунде, урачунавајући тимске одлуке у току меча. У вероватноћу победе урачунат је тренутни резултат изражен у броју победа рунди за оба тима. Поред утицаја појединачних акција играча, на исход меча утичу и одлуке на нивоу тима. Рад издваја ослањање на тимске одлуке у имплементацији модела. У раду су имплементирана три модела помоћу следећих методологија: логистичка регресија, *XGBoost* и неуронске мреже. За улаз се користе информације о стању меча на почетку сваке рунде. За скуп података коришћено је 6500 мечева од 1. априла 2020. до 20. априла 2021. године. Из рада се закључује да су неуронска мрежа и *XGBoost* оптималнија решења у односу на регресију, док између резултата ове две методологије нема разлика. Рад [1] сугерише да за реализацију модела у пројекту треба користити неуронску мрежу или *XGBoost*. Међутим, рад не урачунава појединачне перформансе и ранг играча у исходу меча. Такође не укључује ни рангирање тимова, историју надметања између истих и утицај игране мапе на сам тим.

Рад [2] анализира утицај државе из које долази играч на његове перформансе у такмичарским видео играма. Рад је општији у смислу да обухвата више различитих такмичарских видео игара, али се закључак може применити и на проблему предикције исхода CS:GO меча. Анализирани су односи традиције државе у игрању *Esports* игара, карактеристика државе и перформанси у играма. Коришћена је регресиона и корелациона анализа. Скуп података се састоји из 500 најбољих награда за играче на *ESports* турнирима у периоду од 2004. до 2014. године. Поред тога, коришћени су подаци о карактеристикама државе: Хофстедове културне димензије [3], Светско истраживање вредности [4] и Извештај о глобалној конкурентности [5]. Регресиона анализа се користила за процену утицаја фактора новца, а корелациона анализа је коришћена за процену утицаја карактеристика државе. У раду је показано да држава играча утиче на перформансе у *Esports* играма, као и да се фактор државе више испољава на вишим класама турнира у односу на ниже. У оквиру рада, нису узете у обзир индивидуалне карактеристике играча.

Рад [6] анализира предикцију меча на основу статистике сваког појединачног играча. Статистика играча обухвата различите податке о резултату које је играч постигао у прошлим мечевима. Акценат је на одабиру података које је потребно укључити како би се играчи груписали на основу њиховог стила игре помоћу *KMeans* кластеровања. Коришћени алгоритми су *KMeans* за кластеровање и *Random Forest* модел за предикцију исхода меча. Поред избора података, истраживање се базира и на погодном избору алгоритама за наведене податке, одабир кластера за *KMeans* алгоритам, као и одабир алгоритма неуронске мреже који ће довести до најбољих резултата. Рад ће нам помоћи како би направили што релевантнији скуп података и како би на основу тог скупа направили модел који ће што боље репрезентовати ‘снагу’ тимова.

3. МЕТОД

У наредним поглављима изложени су скуп података, начин на који су креирани модели и спроведени експерименти.

3.1. Скуп података

Скуп података [7] који је коришћен за имплементацију овог система је преузет са интернета и јавно је доступан. Дати скуп садржи информације о играчима и мечевима за период од 11/2015 до 03/2020 године. Скуп података се састоји из података о мечевима који су подељени у четири фајла, од којих су следећа два од интереса:

- *players.csv* – индивидуалне перформансе играча на свакој мапи за сваки меч
- *results.csv* – информације о исходима мечева по мапама

На самом почетку, вршено је претпроцесирање скупа података. Коришћене су различите технике филтрирања и трансформације података. Текстуални подаци су техником *label encoding*-а, претварани у нумеричке вредности, које су затим скалиране како не би дошло до постављања лажног приоритета међу обележјима. Скуп података је подељен на тренинг и тест скуп у односу 80:20 у корист тренинг скупа. С обзиром на то да је након филтрирања добијен скуп од преко 75 000 мечева, сматрано је да је 20% података сасвим довољно за тестни скуп.

3.2. Креирање модела за предикцију исхода меча

Идеја овог рада је била да се испроба неколико модела који се помињу у претходно наведеној

литератури и да се одреди најпогоднији за конкретан проблем решаван у раду. Испробани су следећи модели (алгоритми):

- *Random Forest Regressor*
- *XGBoost Regressor*
- Вештачка неуронска мрежа

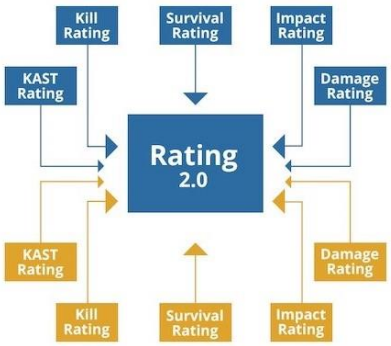
Као улаз у моделе користио се иницијални скуп претпроцесираних података, којима су касније додавани подаци у зависности од експеримента. *Random Forest Regressor* и *XGBoost Regressor* су испробани по угледу на радове анализиране у поглављу 2. Такође, креирана је и вештачка неуронска мрежа по угледу на рад [1]. Мрежа се састоји из два слоја, где први слој за активациону функцију има *ReLU,* док други има *sigmoid.*

3.3. Испитивање утицаја различитих података на исход меча

У претходном поглављу представљен је иницијални експеримент који је за циљ имао да одреди најпогоднији модел за овакав систем. Након тога уследили су експерименти где се испитивао утицај различитих података на исход меча.

Прво је анализиран податак о стилу игре играча. Податак о стилу игре добијен је кластеровањем играча на основу његових статистичких података током каријере. Коришћен је *KMeans* алгоритам за кластеровање. Идеја која стоји иза коришћења *KMeans* алгоритма и уврштавања података о стилу игре садржана је у литератури [6]. Испробан је различити број кластера: 3, 5, 7, 9. Утврђено је да је оптималан број клатера 7.

Затим, следећи експеримент је за циљ имао да испита утицај и процени формулу за рачунање *rating*-а играча. Податак о *rating*-у играча је садржан у скупу података (обележје *rating 2.0*). Међутим, формула за рачунање овог рејтинга није јавно доступна. Стога вреди испитати да ли се *rating 2.0* може апроксимирати из осталих података о играчу да би се модел могао применити и на играче за које ова оцена није доступна. На слици 1 су приказани подаци који утичу на *rating 2.0* [8].



Слика 1. Дијаграм података који утичу на *rating 2.0*

На основу истраживања и коришћења додатних података из скупа креирана је формула за процену *rating*-а играча:

$$\begin{aligned}&\boldsymbol{CustomRating}\\&= 0.0073 * \boldsymbol{KAST} + 0.3591 * \boldsymbol{KPR}\\&+ (-0.5329 * \boldsymbol{DPR}) + 0.2372 * \boldsymbol{Impact} + 0.0032\\&* \boldsymbol{ADR} + 0.1587 + 0.08\\&* {\boldsymbol{HS}}/{\boldsymbol{numberOfRoundsInMatch}} + 0.8\\&* {\boldsymbol{FKDIFF}}/{\boldsymbol{numberOfRoundsInMatch}}\end{aligned}$$

Коначно, испитиван је утицај фактора државе играча на исход меча. Мотивисано радом [2], одлучено је да се испроба да ли ће податак о држави играча позитивно или негативно утицати на предикцију исхода меча. Самостално су осмишљене следеће метрике везане за државу:

1. Информација о држави – Свакој држави се доделио нумерички идентификатор, који је касније скалиран.
2. Просечна вредност рејтинга свих играча из државе посматраног играча. За сваког играча у мечу користила се по једна вредност.
3. Степен поклапања државе у оквиру једног тима, која преставља удео одређене државе у оквиру тима. Рачуна се по формули:

$$\frac{\sum_1^{brd} broj\_igrača\_iz\_države\_u\_timu^2}{broj\_igrača\_u\_timu^2},$$

   где *brd* представља број различитих држава играча у оквиру једног тима.
4. Удео броја играча из државе посматраног играча у укупном броју играча у посматраном скупу података.
5. Просечан рејтинг државе, на нивоу тима. Узима се податак из тачке 2, с тим да овог пута за сваки тим постоји по једна вредност. Овим је покушана да се смањи димензионалност.

4. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Иницијални експеримент је за улаз у модел садржао статистичке информације играча на основу историје играча, при чему је важно напоменути да је за *rating* играча коришћен просечан *rating* играча у целокупној каријери како би се избегао привидно добар резултат. Он је као резултате дао тачност од 62.16% за *Random Forest,* 59.51% за *XGBoost* и 58.9% за неуронску мрежу.

Други експеримент, који је испитивао како података о стилу игре играча утиче на исход меча, дао је најбољу тачност када се играчи поделе у односу на седам стилова игре (који одговарају седам кластера добијеним *KMeans* алгоритмом). Тачност која је постигнута за седам кластера је 60.03% за *XGBoost,* 62.23% за *Random Forest* и 58.9% за неуронску мрежу.

Трећи експеримент, који је испитивао утицај израчунатог *rating*-а играча, чија је формула дата у претходном поглављу, дао је мала побољшања у односу на податак о *rating*-у из скупа података.

Постигнута је тачност од 62.89% за *XGBoost*, 61.14% за *Random Forest* и 60.44% за неуронску мрежу.

У четвртом експерименту је испитан утицај фактора државе на предикцију исхода меча. У претходном поглављу приказане су испробане метрике. Најбоље се показала метрика из тачке 2, за коју се добила тачност од 62.36% за *Random Forest*, 59.99% за *XGBoost* и 59.2% за неуронску мрежу. При смишљању метрика везаних за државу, очекивано је било да метрика из тачке 3 (степен поклапања држава играча у оквиру тима) да најбоље резултате, што није био случај.

Из приложених резултата експеримената, може се закључити да се у општем случају најбоље показао *Random Forest* алгоритам. Испробана је и комбинација претходних експеримената на *Random Forest* алгоритму, где су узете метрике са најбољим решењима из претходних експеримената. Узет је фактор државе са метриком 2 и подела у седам кластера према стилу игре. За рејтинг су, као поређење, узети посебни случајеви за просечан рејтинг из скупа података и израчунат рејтинг. Резултати овог покушаја су приказани у табели 1.

Фактор државе 2 и к = 7	Просечан *rating*	Израчунат *rating*
Random Forest	62.623	**62.790**

Табела 1. Финални резултати

Може се закључити, на основу претходних експеримената, да највећи утицај од тестираних параметара имају фактор државе са метриком 2 и *KMeans* алгоритам за 7 кластера са којим је остварена тачност од 62.79%.

5. ЗАКЉУЧАК

У овом раду је решаван проблема предикције исхода професионалних тимских мечева у игри CS:GO. За потребе овог рада коришћен је јавно доступан скуп података [7]. С обзиром на природу самог проблема и на присутност људског фактора, био сам мотивисан да истражим шта све може утицати на исход једног професионалног меча. Кроз неколико експеримената је покушано да се пронађе што боље решење за дати проблем. Испробани су *Random Forest*, *XGBoost* алгоритам и вештачка неуронска мрежа као решење проблема. Утврђено је да се најбоље показао *Random Forest Regressor* са тачности од 62.79%.

У наставку ће бити дати предлози за даља унапређења овог решења:

- Коришћење и парсирање демо фајлова меча, где би се могли извући детаљнији подаци и потенцијално побољшати резултати.
- Испитивање повећања и пада перформанси играча у односу на доба године, где би се могло закључити да ли је играч у успону или је већ достигао врхунац своје каријере.
- Решење имплементирано у овом раду узима статистику из целог скупа података не дајући већу тежину новијим подацима. Као проширење се може увести и давање већег значаја новијим подацима везаних за статистику играча јер она боље осликава тренутно стање.
- Испробавање других, комплекснијих модела би могло дати још већу тачност.

6. ЛИТЕРАТУРА

[1] Peter Xenopoulos, Bruno Coelho, Claudio Silva - New York University, “Optimal Team Economic Decisions in Counter-Strike”

[2] Petr Parshakov, Marina Zavertiaeva, International Laboratory of Intangible-driven Economy, National Research University Higher School of Economics (2015), “Success in eSports: Does Country Matter?”

[3] Geert Hofstede, “Hofstede's cultural dimensions theory”

[4] Christian Haerpfer, Alejandro Moreno, Christian Welzel, Bi Puranen, Alejandro Moreno “World values survey”

[5] World Economic Forum – “Global Competitiveness Report”

[6] Student Zachary Schmidt, Dr. Mike Preuss, Dr. Rens Meerhof (2020) - Leiden Institute of Advanced Computer Science, “Esports Match Result Prediction for a Decision Support System in Counter-Strike: Global Offensive”

[7] Коришћени скуп података – Kaggle вебсајт, Mateus Dauernheimer Machado, “CS:GO Professional Matches Analysis”

[8] *Rating 2.0,* https://www.hltv.org/news/20695/introducing-rating-20 [приступљено: 12.09.2022.]

Кратка биографија:



Душан Петровић рођен је 1998. године у Београду. Основне академске студије завршио је 2021. године на Факултету техничих наука у Новом Саду, на ком брани и мастер рад 2022. године из области **Електротехнике и рачунарства** контакт: dule_srb@hotmail.rs

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 621.31
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE20Krneta

IZBOR UZEMLJENJA MREŽE

SELECTION OF NETWORK GROUNDING

Đurađ Krneta, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast - ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – *U ovom radu obrađena je tematika u izbora uzemljenja mreže. Opisani su različiti sistemi za uzemljenje i dat uvid u načine uzemljenja mreže u različitim zemljama.*

Ključne reči – *Uzemljenje, Sistem za uzemljenje, Kratak spoj*

Abstract – *In this paper, the topic of network grounding selection is discussed. Various grounding systems are described. An insight into the various ways of grounding the network in different countries is given.*

Keywords – *Electrical grounding, Electrical grounding system, Short-circuit*

1. UVOD

Ovaj rad bavi se problemom izbora uzemljenja mreža. Uzemljenja mreža su važna za pravilan pogon mreža, za obezbeđivanje da u toku rada mreža naponi budu u granicama. Važna je i zaštitna funkcija uzemljenja gde se izbegavaju opasne situacije vezane za pojavu napona na mestima kvara.
Konačno izbor uzemljenja u značajnoj meri određuje i način i funkcionisanje zaštite mreža i celokupnog elektroenergetskog sistema, pogotovo ako se ima u vidu da su kvarovi sa zemljom daleko najčešći tip kvara. U drugoj glavi rada opisani su elektroenergetski sistem kao i njegovi elementi, tu je takođe navedena funkcija i podela releja, kao i uloga relejne zaštite. U trećoj glavi su obrađeni kvarovi u elektroenergetskom sistemu. U četvtroj glavi definisan je pojam uzemljenja i date su njegove funkcije. U petoj glavi se razmatraju četiri osnovna tipa uzemljenja kao i izbor uzemljenja mreže. Šesta glava posvećena je TN, TT i IT sistemima, dok je u sedmoj glavi objašnjena praksa uzemljenja mreže u različitim državama. Poslednje dve glave su Zaključak i Literatura.

2. ELEKTROENERGETSKI STEM

Elektroenergetski sistem je složen, dinamički sistem, kojeg čine elektroenergetski objekti međusobno povezani tako da čine jedinstven tehničko-tehnološki sistem, on svoju primarnu energiju pretvara u električnu. Elektroenergetski objekat je građevinska elektro montažna celina koja načelno služi za proizvodnju, prenos i distribuciju električne energije [1].

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je dr Duško Bekut, red. prof.

3. KVAROVI U ELEKTROENERGETSKOM SISTEMU

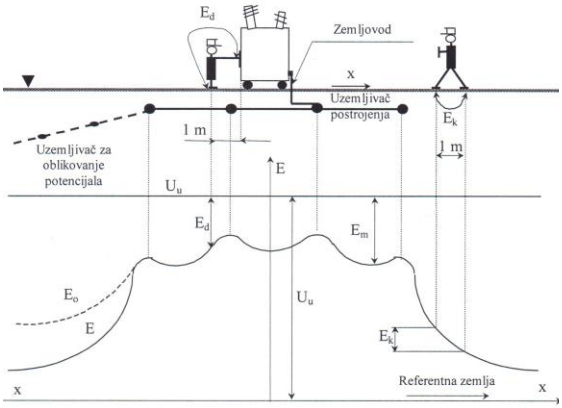
Smatra se da opasno pogonsko stanje predstavlja „lakši vid“ odstupanja od normalnog pogonskog stanja. Opasno pogonsko stanje se po pravilu signalizira pogonskom osoblju, pa tek zatim, ukoliko se ne preduzme odgovarajuća akcija, sledi isključenje. Kvarovi u elektroenergetskom sistemu mogu se podvesti pod jedan od sledećih tipova, koji su u sledećem nabrajanju dati po redosledu koji oslikava njihovu učestanost pojavljivanja:

1. Jednofazni (jednopolni) kratak spoj.
2. Dvofazni (dvopolni) kratak spoj bez zemlje.
3. Dvofazni (dvopolni) kratak spoj sa zemljom.
4. Trofazni (tropolni) kratak spoj.

4. UZEMLJENJE

4.1. Sistem za uzemljenje

Uzemljenje u elektroenergetskom sistemu predstavlja skup svih sredstava i mera kojima se obezbeđuje normalan rad sistema, bezbedan rad i kretanje ljudi i životinja u blizini objekta koji mogu doći pod napon u normalnim ili havarijskim situacijama i zaštita ljudi i opreme od struja i napona koji se javljaju pri atmosferskim pražnjenjima [2].



Slika 4.1. – Sistem za uzemljenje

4.2. Tipovi uzemljivača

Prema obliku uzemljivači se dele na:

- Zrakaste.
- Prstenaste.
- Mrežaste.
- Kombinovane.

4.3. Vrste uzemljivača

Vrste uzemljenja:

1. Gromobransko uzemljenje.

2. Pogonsko (radno) uzemljenje.
3. Zaštitno uzemljenje.
4. Združeno uzemljenje.

4.3.1.GROMOBRANSKO UZEMLJENJE

Gromobransko uzemljenje se koristi pri zaštiti od udara munje. Prenapon je ona vrednost napona koja je za minimalno 10% viša od nominalne vrednosti. Gromobransko uzemljenje se razlikuje od ostalih uzemljenja jer deluje samo za vreme trajanja prenapona.



Slika 4.2. – Izvođenje gromobranskog uzemljenja na primeru kuće

4.3.2.POGONSKO (RADNO) UZEMLJENJE

Pogonsko uzemljenje se još naziva i radno uzemljenje. Ono se izvodi tako da je strujni krug postrojenja spojen sa zemljom. Mora biti konstruisano za najveću moguću struju zemljospoja. U pogonska uzemljenja ubrajaju se:

- uzemljenje visokonaponskih namotaja mernih naponskih transformatora,
- uzemljenje mernih transformatora,
- uzemljenje aktivnih i reaktivnih otpora u nultim tačkama transformatora za indirektno uzemljenje,
- uzemljenje nulte tačke transformatora.

4.3.3.ZAŠTITNO UZEMLJENJE

Zaštitno uzemljenje je uzemljenje metalnih delova koji ne pripadaju strujnim kolima niti su posredno u električnom kontaktu s njima, ali u slučaju kvara mogu doći pod napon. Zaštitno uzemljenje smanjuje ovaj napon, kao i potencijalne razlike dodira i koraka kojima mogu biti izloženi ljudi.

4.3.4.ZDRUŽENO UZEMLJENJE

Zaštitno uzemljenje, radno uzemljenje i gromobransko uzemljenje mogu se međusobno povezati i to se naziva združenim uzemljenjem.

4.4. Dimenzionisanje sistema za uzemljenje i uzemljivača

Oblikovanje uzemljivača zavisi od:

1. raspoloživog prostora,
2. rasporeda opreme i drugih uređaja na površini tla koji se uzemljuju,
3. vrste i karakteristike tla.

Sistem za uzemljenje dimenzioniše se prema:

1. toplotnima naprezanjima,
2. naponima koji se javljaju u sistemu uzemljenja

5. SISTEM ZA UZEMLJENJE I IZBOR UZEMLJENJA MREŽE

5.1. Sistem sa izolovanim zvezdištem

Mreža sa izolovanim zvezdištem je takva mreža u kojoj su sve neutralne tačke (zvezdišta) svih transformatora izolovane prema zemlji. U ovoj mreži se pri spoju faznog provodnika sa zemljom pojavljuju relativno male vrednosti struja kvara, koje su kapacitivne. U električnom smislu ovaj sistem je povezan sa zemljom preko kapacitivnosti između faza i zemlje, pa se ponekad nazivan i kapacitivno uzemljen sistem. Struje kratkog spoja znaju biti veoma male t.j. zanemarljive, pa ih je ponekad veoma teško detektovati.

5.2. Sistem uzemljen preko impedanse

U slučaju ovog tipa uzemljenja između neutralne tačke i zemlje koristi se impedansa. U slučaju kada je neutralna tačka jednog ili više energetskih transformatora uzemljena preko impedanse mogu se ograničiti i struja zemljospoja i prelazni prenaponi.

5.3. Direktno uzemljen sistem

Pod direktnim uzemljenjem smatra se kada su elementi mreže povezani direktno na uzemljenje bez otpornosti između. Direktno uzemljena mreža je ona kod koje je neutralna tačka jednog ili više energetskih transformatora neposredno vezana za uzemljivač postrojenja. Ovaj način uzemljena koristi se kod najviših napona: 110 kV, 220Kv i 400 kV. Kod ovih sistema struje zemljospoja su veoma velike i idu od nekoliko kA do nekoliko desetina kA. Za razliku od struja, naponi za vreme kvara nisu toliko visoki, što znači da su naponska naprezanja minimalna. Prednost ovakvog tipa uzemljenja je što su struje velike što značajno olakšava da se brzo i nedvosmisleno detektuju kvarovi.

5.4. Rezonantno uzemljenje

Osnovni razlog za ugradnju automatskih kompenzacionih prigušnica (Petersonovih prigušnica) za rezonantno uzemljenje jeste povećanje kvaliteta isporuke električne energije sa gledišta pouzdanosti napajanja. Automatskom prigušnicom se kompenzuju kapacitivne struje mreže na zadate vrednosti.

5.5. IZBOR UZEMLJENJA MREŽE

1. Uzemljenja mreže na svakom naponskom nivou. Ovakav način uzemljenja mreže se primenjuje zato što se između dva naponska nivoa nalazi tranformator sprege zvezda trougao koji predstavlja prekid za nulti režim u kojem uzemljenje ima svoju funkcionalnost. Zato je nephodno uzemljiti svaki od transformatora preko kojeg se taj naponski nivo napaja, pa se na taj način preko višestrukog uzemljenja obezbeđuje postojanje uzemljenja u svim delovima mreže [3].
2. U slučaju kada je sabirnički sistem podeljen na sekcije pomoću sekcionog prekidača i sekcionog polja,

svaka od sekcija mora imati najmanje jednu tačku uzemljenja. Ukoliko postoje dva ili više izvora napajanja po delu sekcije (sabirnice), treba da postoje odredbe za uzemljenje najmanje dva izvora na svakoj sekciji.

3. Način kada se uzemljenje transformator kod izvora napajanja, a nikada se uzemljuju transformatori preko kojih se napaja potrošnja. Ovakvim izborom uzemljenja se obezbeđuje usmeravanje nulte komponente struje kvara samo prema jedinstvenom mestu uzemljenja tog dela mreže. Na ovaj način se izbegava nepotrebno korišćenje usmerene zaštite, kao i nekontrolisana distribucija nulte komponente po različitim delovima sistema na tom naponskom nivou. Jedino mesto i uzemljivač se prave sa malim otporom uzemljenja kao se ne bi generisali visoki naponi na samom uzemljivaču.

6. UZEMLJENJE U DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA NISKOG NAPONA

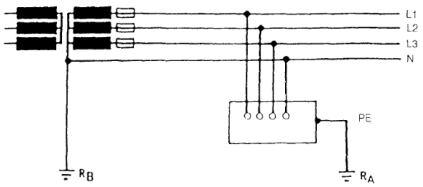
6.1. TN sistem

TN sistem ima jednu tačku (neutralnu) sistema direktno spojenu sa zemljom, dok su dohvatljivi delovi preko zaštitnog provodnika direktno spojeni na uzemljenu neutralnu tačku. U odnosu na raspored i funkciju neutralnog i zaštitnog provodnika postoje tri podvrste TN sistema:

1. TN-S sistem
2. TN-C-S sistem
3. TN-C sistem

6.2. TT sistemi

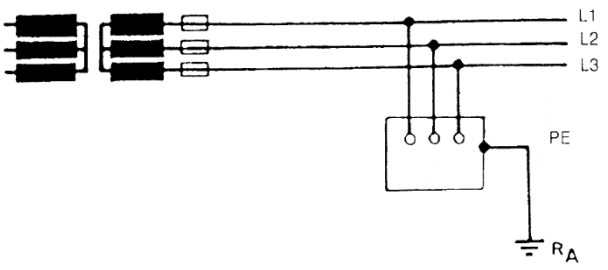
TT sistem napajanja ima jednu direktno uzemljenu tačku, a izloženi provodni delovi električne instalacije su spojeni sa zemljom preko uzemljenja koje je električno nezavisno od uzemljenja sistema napajanja.



Slika 6.4. – TT sistem

6.3. IT sistemi

IT sistem napajanja nema nijednu direktno uzemljenu tačku, a izloženi provodni delovi električnih instalacija su uzemljeni, slika 6.5.



Slika 6.5. – IT sistem

Svi aktivni provodnici su izolovani od zemlje ili su u jednoj tački spojeni sa zemljom preko velike impedanse, kućišta potrošača se uzemljuju. Nijedan provodnik pod naponom u instalaciji ne sme se spojiti direktno sa zemljom. Ovaj sistem se još poznat kao zaštitno uzemljenje izolovanih sistema.

7. PRAKSA UZEMLJENJA MREŽE U RAZLIČITIM ZEMLJAMA

U ovom poglavlju će biti detaljnije objašnjen način uzemljenja mreže u sledećim državama:

1. Francuska.
2. Rusija.
3. Srbija.

7.1. Francuska

Uputstva u mrežama u Francuskoj, kako vazdušnim tako i kablovskim ili mešovitim, predviđaju sledeće vrste uzemljenja:

1. Direktno uzemljenje.
2. Uzemljenje preko male otpornosti.
3. Preko trofazne male reaktanse (transformatora za uzemljenje).

7.2. Rusija

Mreže 6, 10 i 35 kV u Rusiji rade se kao izolovane ili, kada su struje zemljospoja veće od dozvoljenih, sa kompenzacionim prigušnicama. Propisi predviđaju rezonantno podešavanje prigušnica, odnosno tačnu kompenzaciju. U mrežama 6 i 10 kV dozvoljena je prekokompenzacija od 5 % kada reaktivna komponenta struje zemljospoja na mestu kvara nije veća od 10 A. U mrežama 35 kV dozvoljava se prekokompenzacija od 10%, ako pomenuta struja na mestu kvara nije veća od 15A.

7.3. Srbija

Rad distributivnih mreža u Srbiji odvija se na sledeći način [4]:

- Mreža 110 kV je radijalna (neupetljana), ali nadzemna mreža 110 kV može izuzetno da radi i kao prstenasta (upetljana).
- Mreža 35 kV, 20 kV, 10 kV i 0,4 kV su radijalne.

U distributivnim mrežama 110 kV, 35 kV, 20 kV, 10 kV i 0,4 kV primenjuju se sledeći načini uzemljenja:

1. Direktno uzemljenje.
2. Uzemljenje preko niskoomske impedanse.
3. Izolovanje neutralnih tačaka od zemlje.

8. ZAKLJUČAK

U ovom radu obrađen je problem izbora uzemljenja mreža. U radu su obrađeni osnovni pojmovi vezani za uzemljenje i uzemljivače. Razmotrena su tri osnovna tipa

uzemljenja, razmotreni su načini za izbor uzemljenja, razmotreni su tipovi uzemljenja u niskonaponskim mrežama i dat je i uvid u primenu sistema za uzemljenje u različitim državama.

Na ovaj način je napravljen dobar uvid u uzemljivače, sisteme uzemljenja, njihovu primenu i njihovo funkcionisanje što je i osnovni cilj ovog rada.

9. LITERATURA

1.V.Strezoski, *Osnovi elektroenergetike*, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2014.

2.G.Dotlić, *Elektroenergetika kroz standarde, zakone, pravilnike odluke i tehničke preporuke*, Savez mašinskih i elektrotehnićkih inženjera Srbije, Beograd, 2013.

3.https://electrical-engineering-portal.com/select-grounding-points-generator-transformer-neutrals

4.*Tehnička preporuka br.6, Uzemljenje neutralnih tačaka u elektrodistributivnim mrežama 110 kV, 35 kV, 20 kV, 10 kV i 0.4 kV*, JP EPS – Direkcija za distribucije električne energije, Beograd, 2004.

Kratka biografija:



Đurađ Krneta rođen je u Somboru 1996. godine. Osnovne studije završio je na Fakultetu tehničkih nauka 2020. godine. iz oblasti Elektrotehnika i računarstvo, smer Elektroenergetski sistemi. Master rad, na istom fakultetu, odbranio je 2022. godine.
Kontakt: djuradj.krneta@gmail.com

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 007:004.056
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE21Rankovic

КОНТРОЛА ПРИСТУПА ПЛАТФОРМЕ ЗА ИВИЧНО РАЧУНАРСТВО

ACCESS CONTROL OF AN EDGE COMPUTING PLATFORM

Тамара Ранковић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – РАЧУНАРСТВО И АУТОМАТИКА

Кратак садржај – *Ивично рачунарство јавља се као парадигма која треба да превазиђе недостатке централизоване организације рачунарских ресурса традиционалног рачунарства у облаку. Приликом развоја сервиса ивичног рачунарства, потребно је решити и проблем контроле приступа. Кроз рад је описана политика и механизам контроле приступа којима се проширује постојећа платформа која нуди услуге ивичног рачунарства. Политика контроле приступа оптимизована је за рад са хијерархијском организацијом ресурса. На основу дефинисане политике, имплементиран је систем за централизовану ауторизацију.*

Кључне речи: *контрола приступа, ауторизација, ивично рачунарство*

Abstract – *Edge computing emerges as a paradigm aiming to overcome problems caused by centralized organization of the traditional cloud. One aspect to take into consideration when developing edge computing services is access control. Main purpose of this paper is to define and implement access control policy and mechanism for an existing edge computing platform. Described access control policy is optimized for hierarchical organization of resources. A centralized authorization system is developed, based on the access control policy.*

Keywords: *access control, authorization, edge computing*

1. УВОД

Идеја иза парадигме ивичног рачунарства (енгл. *edge computing*) јесте децентрализација облака кроз измештање рачунарских ресурса из огромних центара података (енгл. *data centers*), а све са циљем физичког приближавања тих ресурса крајњим корисницима [1]. Један од проблема који треба решити приликом развоја нових платформи које ће нудити услуге ивичног рачунарства је контрола приступа. Контрола приступа представља битан алат који очувава приватност корисника и осигурава безбедност читавог система. Један од подпроблема контроле приступа у контексту ивичног рачунарства је ауторизација захтева за приступ подацима и сервисима.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Горан Сладић, ред. проф.

Платформа Constellations (c12s) [2] имплементира протоколе за динамичко формирање дистрибуираних микрооблака (енгл. *micro-clouds*) и нуди услуге ивичног рачунарства као било који други сервис рачунарства у облаку. Кроз овај рад потребно је описати политику контроле приступа и имплементацију механизма контроле приступа којом ће платформа бити проширена. За развијено решење потребно је приказати његову употребљивост за различите сценарије коришћења.

2. ПРЕГЛЕД ОБЛАСТИ

Један од важних задатака које информациони систем треба да подржи је заштита ресурса и података тако да се одржи њихова поверљивост, интегритет и доступност. Сваки приступ систему мора се контролисати и осигурати да се само ауторизованим лицима обезбеди приступ. Тај процес назива се контрола приступа.

Скуп правила која одређују које активности су дозвољене у систему над којим ресурсима у контексту контроле приступа називају се безбедносне политике [3]. Политике контроле приступа могу се поделити у три групе [3]: Discretionary Access Control (DAC), Mandatory Access Control (MAC) и Role-Based Access Control (RBAC).

Једна или више безбедносних политика могу се описати помоћу модела контроле приступа који дефинишу формализме за спецификацију и имплементацију безбедносних политика и омогућавају анализу безбедносних политика [3]. Имплементација безбедносних политика врши се помоћу метода или алата који се називају безбедносни механизми [3].

Поред основних модела наведених група политика, постоје и бројна проширења како би се надоместили неки од недостатака које оригинални модели поседују. Најмлађа група међу значајним групама политика јесте Attribute-Based Access Control (ABAC) чији циљ је постизање фине контроле приступа коју RBAC није могао да обезбеди.

2.1. Системи за ауторизацију

Open Policy Agent (OPA) [4] је софтверска компонента која складишти и евалуира политике како би донела одлуку о томе да ли је одређена политика важећа или не, узимајући у обзир тренутно стање система. Једна од врста политика које OPA може да складишти су политике контроле приступа. OPA омогућава раздвајање (енгл. *decoupling*) политика контроле приступа од пословне логике система. Неке од предности оваквог приступа су могућност дељења

политика између апликација, централизовано управљање политикама, могућност тестирања политика у изолованом окружењу и њихово олакшано разумевање. Подаци који су неопходни за евалуацију политика могу се проследити као део тела захтева или унапред реплицирати из оригиналног извора. Мане које OPA поседује везане су за то што у себе не укључује слој за трајно складиштење података. У случају да се подаци унапред учитавају, сви се морају налазити у меморији и не постоји гаранција њихове трајности. Са друге стране, уколико се подаци сваки пут шаљу у оквиру захтева, може доћи до знатних кашњења узрокованих преносом велике количине података преко мреже.

Zanzibar [5] је глобални систем за ауторизацију који омогућава складиштење и евалуацију листи контроле приступа. Подаци се складиште као торке које се састоје из субјекта, релације и објекта. Операцијама алгебре скупова дефинишу се потенцијално сложене политике које описују односе између субјеката и објеката. Апликативни програмски интерфејс (енгл. *Application Programming Interface, API*) сервиса нуди операције за читање, писање, евалуацију листи и асинхроно праћење измена над њима. Субјекти могу представљати кориснике или групе корисника. Група се састоји из скупа корисника и/или других група. Овакав модел доводи до потенцијално дубоког угњеждавања корисника и њихове припадности групама, која се мора утврдити приликом евалуације политика. Проблем је решен формирањем индекса из ког се директно може проверити којим групама корисник припада. Захтев за евалуацију одговара на питање да ли дати корисник поседује неку релацију над одабраним објектом.

3. ОПИС ПЛАТФОРМЕ

Основни задатак платформе је динамичко формирање микрооблака, организованих у хијерархијску структуру. На најнижем нивоу налазе се груписани чворови – кластери (енгл. *cluster*) који су сачињени из скупа чворова [2]. Један или више кластера формира регион, а један или више региона организовани су у топологију [2]. Микрооблаци се формирају према захтеву корисника и од тренутно слободних чворова који задовољавају задате услове. Ресурси над којима систем подржава операције су топологије, региони, кластери, простори имена, конфигурације, тајне и логови.

Политика контроле приступа платформе треба да се ослони на постојеће моделе ради лакшег прихватања од стране корисника. Како различити корисници могу имати потребу за различитим нивоима грануларности приликом управљања привилегијама, политика треба да подржи што је могуће финију контролу приступа, али и да подржи једноставне сценарије употребе. Многи ресурси у систему поседују хијерархијску организацију, као што је сама организација микрооблака. Из тог разлога одабрани модел треба да подржи наслеђивања привилегија, како не би било потребно експлицитно наводити дозволе за ниже нивое хијерархије, ако их корисник већ поседује на неком од виших нивоа.

Поред наслеђивања дозвола над ресурсима над којима се врше акције, пожељно је сличан механизам применити и приликом организације корисника који представљају субјекте у систему. Управљање дозволама сваког појединачног корисника у великим организацијама захтеван је посао и подложан грешкама. Стога, механизам груписања корисника може бити од велике помоћи. Корисници своје дозволе затим могу наследити на основу група којима припадају.

Провера права приступа је саставни део сваког захтева ка систему и стога је потребно имплементирати је тако да буде што ефикаснија, односно да за врло мало време може да пружи одговор, како не би негативно утицала на перформансе система. Такође, модул задужен за проверу дозвола треба да буде високо доступан јер представља компоненту од које зависе све остале.

4. ПОЛИТИКА КОНТРОЛЕ ПРИСТУПА

Кроз ову секцију биће описани елементи формиране политике контроле приступа и операције које се могу обављати над њима.

4.1 Елементи

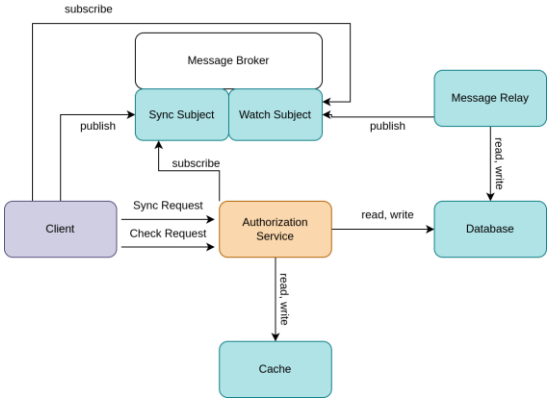
Ресурсима су представљени сви пасивни и активни ентитети у систему. Активни ентитети су они који могу да врше операције. Операције се врше над пасивним ентитетима. Свака инстанца ресурса припада одређеној врсти ресурса.

Атрибути се могу поделити на оне који описују ресурсе и на оне који представљају стање окружења у тренутку провере дозволе. Обе врсте поседују назив и вредност произвољног типа. Улога атрибута је да ближе опишу ресурс и омогуће финију контролу приступа. Атрибути околине слични су атрибутима ресурса по томе што пружају додатне информације на основу којих се могу доносити одлуке боље поткрепљене контекстом. Разлика између две врсте је та да су атрибути ресурса при провери дозволе унапред познати, док се вредности атрибута околине региструју у тренутку доношења одлуке.

Дозволе контролишу које акције се могу вршити над којим ресурсима и под којим условима. Свака дозвола повезује два ресурса, где је један активан, а други пасиван ентитет. Дозвола поседује назив који треба да представља операцију која се врши. Поред назива поседује и врсту, која дефинише да ли се одређена активност дозвољава или забрањује. Дозволе могу важити независно од контекста, а могу им се доделити и логички услови на основу којих се узима у обзир да ли дозвола важи или не. Услов представља функцију чије су улазне вредности атрибути субјекта, објекта и околине, а повратна вредност је Буловог типа и дефинише да ли су услови за важење дозволе испуњени или не.

Између два ресурса може се формирати ***хијерархијска веза*** тако да један ресурс представља родитеља, а други дете. Сматра се да је дете егзистенцијално зависно од родитеља. Субјекат, поред директно формираних дозвола над неким ресурсом, наслеђује и све дозволе својих родитеља. Дозвола која је директно

везана за неки објекат пропагира се и до његове деце. Ако субјект има одређену дозволу над родитељом, има је и над дететом.



Слика 1. *Токови комуникације система за ауторизацију*

4.2. Операције

Подржане операције укључују додавање хијерархијске везе међу ресурсима и њено уклањање, додавање и брисање атрибута ресурса, креирање и уклањање дозволе и проверу дозволе.

У ситуацији када се брише хијерархијска веза, поред њеног брисања, потребно је уклонити и све ресурсе чија је егзистенцијална зависност нарушена тим брисањем. Један од начина за проналазак свих ресурса које треба уклонити је рекурзивни пролазак кроз стабло у чијем корену се налази дете обрисане хијерархијске везе. Почевши од њега, треба проверити да ли ресурс има барем једног родитеља и ако нема обрисати га и поступак поновити за свако његово дете. Уколико има једног или више родитеља, тренутну процедуру треба терминирати без брисања ресурса.

Провера дозволе треба да одговори на питање да ли дати субјект над датим објектом може да изврши наведену акцију у тренутним условима околине. Поступак доношења одлуке укључује следеће кораке:

1. ***Проналазак дозвола*****:** Било који субјекат над било којим објектом може имати више дозвола истог назива. Скуп дозвола истог назива које субјекат има над објектом представља унију скупова дозвола које су директно том субјекту додељене над тим објектом, дозвола које су додељене том субјекту над неким претком објекта, дозвола које су претку субјекта додељене над објектом и оних које су му додељене над претком објекта.

2. ***Додела приоритета*****:** Из скупа прикупљених дозвола потребно је одредити које дозволе имају већу, а које мању тежину. Дозволе које су наслеђене имају мањи приоритет од оних које су директно додељене ресурсу.

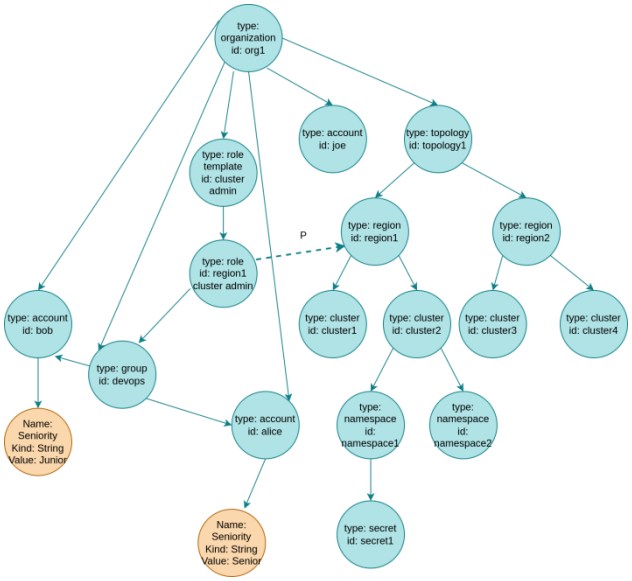
3. Одређивање важећих дозвола и доношење одлуке: Корак доношења одлуке спроводи се евалуацијом дозвола редом по њиховим приоритетима док се не дође до одговора или не истроше све дозволе преузете у првом кораку. Дозволе које уз себе имају придружен неки услов узимају се у обзир приликом доношења одлуке само уколико је тај услов задовољен. У супротном, или се прелази на дозволе нижег приоритета које имају испуњен услов или га уопште не поседују или се приступ забрањује уколико не постоји више дозвола које се могу евалуирати.

5. СИСТЕМ ЗА АУТОРИЗАЦИЈУ

Сервис је имплементиран у програмском језику Go. Синхрони API имплементиран је употребом gRPC радног оквира и Protocol Buffers (Protobuf) механизма за серијализацију структурираних података. Асинхрони API базиран је на механизму објављивања и претплате на поруке (енгл. *publish-subscribe*). Као брокер за размену порука користи се NATS . Сви подаци трајно се складиште у Neo4j граф бази, док Redis кешира податке у меморији као парове кључ-вредност.

Прву групу операције чине операције за ажурирање, односно синхронизацију података. Наредну групу чине операције за проверу дозвола. Клијент може да провери да ли одређени субјекат има дозволу задатог назива над датим објектом. Сервис се приликом провере ослања на податке којима је кеш попуњен приликом претходних провера. Уколико подаци ту нису доступни, добавља их из базе која их трајно перзистира.

Приликом синхронизације података клијенту је често неопходно да очува конзистентност. У таквим ситуацијама може се ослонити на трећи тип операција, а то су операције за праћење промена података. Сервис на одговарајућу тему (енгл. *subject*) емитује догађаје које у себи садрже информације о свакој измени у подацима. Како би ово урадио, користи механизам трансакционог слања порука. Клијент ће пријавом на исту ту тему почети да прима поруке и применом механизама као што је сага успешно моћи извршити дистрибуирану трансакцију.



Слика 2. *Пример хијерархије ресурса*

На слици 1 приказана је архитектура система са током захтева који се обављају. Захтеви за синхронизацију стижу директно преко gRPC API-ја или преко теме за захтеве за синхронизацију, којом управља брокер за размену порука. Сваки захтев садржи јединствени идентификатор који се затим шаље и као део

одговора, како би клијент знао који одговори су намењени њему. Преносилац порука (енгл. *message relay*) региструје промене које су се десиле и објављује их на тему намењену за слање одговора. Захтеви за проверу дозвола су такође gRPC захтеви који стижу директно сервису за ауторизацију. Он затим комуницира са кеш компонентом и са базом података, а затим одговор враћа синхроно.

5.1. Складиштење података

Граф базе представљају подврсту база података које се могу описати као нерелационе (енгл. *Not only SQL, NoSQL*) базе оптимизоване за складиштење, претрагу и ажурирање података који имају структуру графа. Neo4j је представник граф база, који користи модел графа за складиштење на најнижем нивоу. Neo4j не захтева употребу шеме података што омогућава једноставну еволуцију модела података кроз време. Упитни језик који Neo4j користи назива се Cypher. Neo4j информације организује у чворове, везе и својства.

Одабир граф базе за складиштење ауторизационих података потиче од захтева за ефикасну проверу дозвола. Формирање скупа дозвола које субјект има над објектом укључује пролазак кроз потенцијално дубоку хијерархију ресурса. Уколико се овакви упити формирају над релационом базом података, јавља се потреба за великим бројем операција спајања табела (енгл. *joins*), које су временски изузетно скупе.

6. ИНТЕГРАЦИЈА

Пример хијерархије ресурса на нивоу једне организације приказан је на слици 2. Плави чворови представљају ресурсе, наранџасти атрибуте, док су пуним линијама приказане хијерархијске везе, а испрекиданим линијама дозволе.

```
{
  "permissionName": "namespace.create",
  "principal": {
    "id": "alice",
    "kind": "account"
  },
  "resource": {
    "id": "cluster1",
    "kind": "cluster"
  },
  "envAttributes": [
    {
      "name": "ipaddress",
      "kind": "string",
      "value": ... /* byte array representing the serialized string attribute
with value 1.2.3.4 */
    }
  ]
}
```

Листинг 1. *Пример захтева за проверу дозволе*

Улога администратора кластера додељена над објектом региона гарантује потребне дозволе над свим кластерима у оквиру тог региона. Међу дозволама из скупа P налази се дозвола која омогућава креирање простора имена. Услов дозволе захтева да корисник који обавља акцију има сениоритет *Senior* и да је IP адреса са које се захтев шаље 1.2.3.4. Пример тела захтева за проверу ове дозволе који би био успешан приказан је у листингу 1.

7. ЗАКЉУЧАК

Кроз овај рад приказано је једно од могућих решења за спровођење контроле приступа у оквиру платформе ивичног рачунарства. Дефинисана је политика контроле приступа и имплементирана је кроз систем за ауторизацију који се интегрише са остатком система.

Правци даљег рада укључују формализацију дефинисане политике кроз модел контроле приступа и њено проширење. Други ток развоја односи се на унапређење комуникације са системом за ауторизацију развојем клијентске библиотеке. Поред тога, потребно је решити проблем недостатка ограничења над типовима ресурса и везама међу њима. Може се дефинисати механизам за формирање скупа ограничења над којим ће се валидирати сваки пристигли захтев.

8. ЛИТЕРАТУРА

[1] Ana Juan Ferrer, Joan Manuel Marquès, and Josep Jorba. *Towards the decentralised cloud: Survey on approaches and challenges for mobile, ad hoc, and edge computing*. ACM Computing Surveys (CSUR), 51(6):1–36, 2019.

[2] Miloš Simić. *Dynamic formation of the distributed micro clouds*. PhD dissertation, University of Novi Sad, 2022.

[3] Messaoud Benantar. *Access control systems: security, identity management and trust models*. Springer Science & Business Media, 2005.

[4] https://www.openpolicyagent.org/docs/latest/ (Приступљено у августу 2022)

[5] Ruoming Pang, Ramon Caceres, Mike Burrows, Zhifeng Chen, Pratik Dave, Nathan Germer, Alexander Golynski, Kevin Graney, Nina Kang, Lea Kissner, Jeffrey L. Korn, Abhishek Parmar, Christina D. Richards, and Mengzhi Wang. *Zanzibar: Google's consistent, global authorization system*. In 2019 USENIX Annual Technical Conference, Renton, WA, 2019.

Кратка биографија:



Тамара Ранковић рођена је 29.11.1998. године у Шапцу. Школске 2017/2018. године уписује основне академске студије на Факултету техничких наука у Новом Саду, смер Рачунарство и аутоматика. Школске 2021/2022. године уписује мастер академске студије на Факултету техничких наука у Новом Саду, смер Рачунарство и аутоматика. Исте школске године полаже све испите и студије завршава у року.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 007:004.056
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE22Kovacevic

АНАЛИЗА И ПОРЕЂЕЊЕ АЛАТА ЗА ФАЗ ТЕСТИРАЊЕ IoT СИСТЕМА

ANALYSIS AND COMPARISON OF FUZZ TESTING TOOLS FOR IoT SYSTEMS

Тамара Ковачевић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – РАЧУНАРСТВО И АУТОМАТИКА

Кратак садржај – *Интернет, стуб друштва без ког се више не може, створио је нови начин за комуникацију, коришћење и дељење информација. Брз развој интернета ствара нову визију свакодневних ствари, омогућава развој новог концепта - Интернет ствари (енгл. Internet of things, IOT). IoT омогућава размену мноштва корисних информација, али истовремено доводи и до забринутости у погледу безбедности и приватности. Једна од ефикаснијих метода за тестирање сигурности софтвера јесте тестирање фаз методом. У склопу овог рада анализирани су концепти фаз тестирања IoT уређаја, упоређивани су различити алати и дат је предлог решења њихових недостатака.*

Кључне речи: *безбедност, фаз тестирање, интернет ствари, алати*

Abstract – *The Internet, a pillar of society that we can no longer live without, has created a new way of communication, data usage, and information sharing. The rapid development of the Internet has created a new vision of everyday things and enabled the development of a new concept - the Internet of Things (IoT). IoT enables the exchange of a massive amount of useful information but also raises security and privacy concerns. Fuzz testing is one of the more effective methods for testing software security. This master thesis explores the concepts of fuzz testing for IoT and their limitations. Different tools were compared, and a proposal was conducted to solve their shortcomings.*

Keywords: *security, fuzz testing, Internet of Things, tools*

1. УВОД

Не тако давно само су нам телефони били "паметни", међутим данас постоје и паметни сатови, машине, куће па чак и градови. Када се једном нађу на интернету, те "ствари" могу да комуницирају, како међусобно, тако и са својим корисницима. Прегледом ових принципа долази се до појма Интернет ствари (енгл. Internet of Things, IoT). IoT уређаји олакшавају свакодневни живот и омогућавају пренос различитих информација. Врста и количина информација којима IoT уређаји имају приступ, са собом носе и забринутост по питању одржавања њихове безбедности. Како би се осигурали сигурност и квалитет софтвера, неопходно је вршити његово тестирање. Фаз метод јесте једна од актуелних метода за тестирање сигурности софтвера. Применом ове методе може се тестирати врло широк спектар различитих система, а могуће је пронаћи како грешке које представљају функционалне проблеме, тако и рањивости које могу бити искоришћене од стране злонамерних нападача. За потребе фаз тестирања користе се специјализовани алати, који у систем убризгавају различите параметре и прате његово даље понашање. Кроз овај рад анализиран је безбедносни аспект IoT система и начини фаз тестирања истих. Описано је неколико актуелних алата за извођење ове врсте тестирања, након чега је извршено њихово поређење и дат је предлог решења њихових недостатака.

НАПОМЕНА:
Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Горан Сладић, ред. проф.

2. КАРАКТЕРИСТИКЕ IoT УРЕЂАЈА

Данас су међусобно повезани уређаји попут паметних сатова, аутомобила, кућа, медицинске опреме итд. Да би се принципи IoT технологије остварили у пракси неопходно је да су испуњена два главна предуслова, комуникација и јединствена идентификација ресурса. За обезбеђивање успешне комуникације, трансфера информација и аналитике користе се различити протоколи. Осим тога, неопходно је да сваки IoT уређај поседује јединствени нумерички или симболички идентификатор. Савремени IoT уређаји се састоје из мноштва сензора путем којих прикупљају различите информације. Одликује их веома изражена динамичка самоадаптивност као и способност самоконфигураци-је. Способни су да се конфигуришу уз минимално учешће корисника, а поред тога се и прилагођавају и реагују на промене из окружења. Минијатуризација ових уређаја побољшава њихову преносивост и доприноси прилагодљивости окружењу [1].

2.1. Безбедност IoT уређаја

Када је у питању домен интернет ствари, безбедносне претње се односе првенствено на аутентичност, поверљивост и интегритет података који постоје у оваквим системима. Поједини нивои технологије због својих ограничених процесорских капацитета могу бити злонамерно искоришћени за иницијални приступ систему. Одсуство аутентификације и других безбедносних механизама у сензорској опреми представља велики проблем. Такође, интерфејси између платформи и крајњих корисника могу проузроковати проблеме због небезбедних комуникационих протокола. При преносу информација до облака у ком се складиште, али и при самом складиштењу користе

се различити механизми и платформе који стварају проблем небезбедних података [2].

3. ФАЗ МЕТОД ТЕСТИРАЊА

Једна од популарних динамичких метода за тестирање названа је фаз методом. Фаз начин тестирања истражује стање софтвера тако што га испитује случајним, псеудо-случајним или делимично невладиним подацима. Примене ове методе су далекосежне, погодна је за тестирање веб-апликација, протокола, функција итд. Иако фаз тестирање не може да замени потребу за основним тестирањем софтвера, комбинације више техника заједно са фаз методом доприноси бољој покривености кода [3].

3.1. Стратегије фаз тестирања

Како је опсег система које је могуће тестирати на овај начин готово неограничен, постоји и више начина извођења ове методе тестирања. У зависности од тога да ли је фаз систем свестан структуре улазних параметара, системе можемо поделити на неструктуиране и структуиране. Најједноставнији начин за генерисање улазних података за фаз тестирање јесте креирање истих од нуле при сваком тесту, на овој теорији се заснива фаз тестирање које ради на принципу генерисања нових података у свакој итерацији.

Насупрот томе, фаз метод заснован на мутацији података преузима од корисника један или више тестних улаза, а затим их насумично модификује. Модификација подразумева измену сличном вредношћу, брисање или дуплирање. Уколико је позната унутрашња структура система, користи се фаз метод "беле кутије", док се системи који се заснивају на непознавању унутрашње структуре називају системи "црне кутије" [4].

3.2. Фазе фаз тестирања

Како би тестирање функционисало што ефикасније, фаз системи своје извршавање деле у неколико различитих фаза [4]:

- Идентификација система
- Идентификација улазних параметара
- Генерисање фаз података
- Пропагација тест случајева као улаз програма
- Праћење одговора система.

4. СИСТЕМИ ЗА ИЗВРШАВАЊЕ ФАЗ ТЕСТИРАЊА

За потребе фаз тестирања користе се специјализовани алати - фазери. Иако међу њима постоје многе разлике, сви имају заједнички циљ. Теже да обезбеде брзо, флексибилно и хомогено развојно окружење. Добар алат за фаз тестирање треба да апстрахује и минимизује бројне заморне задатке.

На способности данашњих алата утиче употреба напреднијих манипулација заснованих на три основна типа, манипулација вредностима, манипулација протоколима и манипулација датотекама [3].

Главни изазов са којим се суочавају фаз алати данашњице јесте време потребно да се простор комбинација улазних параметара исправно покрије.

4.1. Откривање рањивости

Фаз алати најбоље функционишу за откривање рањивости које описују преливање бафера, XSS пропусте или DoS, SQL нападе. Поменуте нападе често користе злонамерни нападачи са циљем да изазову проблеме у софтверу. Са друге стране, фаз тестирање је мање ефикасно за суочавање са безбедносним претњама које не изазивају рушење програма, као што су различити шпијунски софтвери, вируси итд. [5].

4.2. Одређивање квалитета фаз тестирања

Постоји много простора за побољшање квалитета фаз тестирања. Мерило квалитета свакако није број пронађених грешака у јединици времена. Један од најважнијих фактора при тестирању јесте брзина извршавања. Што већи број тестних случајева се изврши у краћем временском периоду, већа је вероватноћа да ће се пронаћи грешка у систему. Уз то, идеја сваког алата за тестирање јесте да што је већа покривеност кода, програм је боље тестиран. Додавши уз то и минимизовање тестних случајева који не изазивају грешке и ефикасну класификацију грешака, убрзава се процес тестирања и долази се до система високог квалитета и велике ефикасности [5,6].

4.3. Предности и мане фаз тестирања

Фаз тестирање нуди широк спектар погодности по питању безбедности и квалитета програма. Пружа широку општу слику квалитета циљног система и софтвера. Користећи овај метод тестирања може се лако проценити робусност и безбедносни ризик система. Осим тога, има ниске трошкове, а уз то неколико машина може истовремено да тестира изворни код, што чини фаз тестирање високо скалабилном техником тестирања. Највећа предност ове методе тестирања је у томе што проналази специфичне грешке које се тешко откривају класичним методама тестирања [7].

Са друге стране, руковање софтвером уме да буде веома комплексан процес. Фаз алати отвореног кода захтевају много ручног напора да би се постигли ефикасни резултати тестирања. Велики проблем овог типа тестирања лежи у људским ресурсима. Недостатак стручњака за безбедност умногоме отежава интеграцију ове технике тестирања у компаније. Случајност улаза који се користе у фаз тестирању се у неку руку може сматрати недостатком, јер уочавање граничних вредности са случајним улазима је мало вероватно, при чему се може очекивати да ће сваки фаз алат пронаћи различит скуп грешака [7].

5. АЛАТИ ЗА ФАЗ ТЕСТИРАЊЕ IoT УРЕЂАЈА

Како би се заштитили IoT уређаји и како би се гарантовала њихова безбедност, неопходно је тестирати све делове система. Због ограничености IoT уређаја, потешкоћа у извлачењу информација и опонашању прилагођених софтвера, фаз тестирање методом црне кутије често је једина одржива опција [3].

5.1. Изазови алата за фаз тестирање IoT уређаја

На основу чињенице да нема доминантних и стандардизованих протокола за домен IoT уређаја, произвођачи имају тенденцију да формирају себи прилагођене формате података и да дизајнирају различите протоколе како би испунили све захтеве производа.

Осим тога, користе и нестандардизоване функције за шифровање порука. Стога, у циљу генерисања протоколом вођених и криптографски конзистентних порука, неопходно је да фазери прате формате прописане од стране произвођача.

Строге граматичке спецификације фазера, ограничавају способности метода заснованих на мутацији. Већина порука које су генерисане насумичном мутацијом крше правила синтаксе и бивају брзо одбијене. Поред наведеног, велики проблем представља и недостатак механизма повратних информација. Произвођачи IoT уређаја не дају довољно информација о софтверима који се налазе у уређају.

Без приступа самом фирмверу скоро је немогуће добити информације о интерном извршавању унутар уређаја, што је полазна тачка већине типичних фазера. Случајност у одговорима IoT уређаја је нешто што умањује ефикасност фазера. Поруке од уређаја могу да садрже и насумичне елементе попут временских ознака или различитих токена. У таквим случајевима за исти улаз IoT уређаји дају различите излазе [8].

5.2. IoTFuzzer

Алат за аутоматско извођење фаз тестирања, IoTFuzzer, има за циљ да пронађе меморијске рањивости у IoT уређајима без приступа њиховом фирмверу. Кључна идеја заснована је на запажању да се већина IoT уређаја контролише путем њихових званичних мобилних апликација. Апликације тог типа представљају контролну таблу уређаја, садрже информације о уређајима, коришћеним протоколима, различите URL адресе, као и мноштво шема за шифровање/дешифровање.

IoTFuzzer врши динамичку анализу и идентификује садржај унутар апликација које формирају поруке. Након ових корака врши аутоматску мутацију порука и исте испоручује до уређаја. На вишем нивоу архитектуре овог алата постоје две главне фазе: фаза анализе апликација и фаза фаз тестирања [9].

Први корак IoTFuzzer-a јесте анализа корисничког интерфејса мобилне апликације за управљање уређајем. Циљ ове фазе јесте анализа кода апликације и откривање свих компоненти корисничког интерфејса које доводе до слања мрежних порука. Након идентификовања потребних поља и протокола, следи фаза у којој IoTFuzzer динамички мутира поља од интереса и надгледа понашање и евентуални престанак рада IoT уређаја.

Овај алат поседује унапређену логику мутирања порука, водећи се насумичним мутирањем подскупа поља од интереса. Након слања података следи фаза у којој се прати статус покретања IoT уређаја са мутираним подацима [9].

5.3. Snipuzz

За разлику од постојећих приступа за фаз тестирање IoT уређаја Snipuzz примењује стратегију мутације порука засновану на исечцима одговора. Оно што издваја Snipuzz од осталих алата исте намене јесте начин оптимизације процеса одређивања почетних података. Посматрајући одговоре добијене од IoT уређаја Snipuzz користи различите алгоритме на основу којих закључује њихово порекло.

Коришћењем новог хеуристичког алгоритма открива улогу сваког бајта у поруци добијеној као одговор IoT уређаја. Мутацијом појединачних бајта поруке алат решава проблем разноликих формата порука. Осим тога, Snipuzz унапређује свој приступ користећи хијерархијску стратегију груписања порука, чиме смањује грешке у класификацији узроковане случајностима у одговорима. Сходно наведеним унапређењима, Snipuzz, као фаз алат који користи метод црне кутије и даље може ефикасно да тестира IoT уређаје без подршке различитих граматика и интерних информација о конкретном уређају [10].

5.4. SIoTFuzzer

SIoTFuzzer користи унапређен аутоматски механизам за генерисање порука са стањем (енгл. SMG) који побољшава ефикасност фаз тестирања. Уводи технике анализе фронт-енд дела апликације као и анализе статуса. Тестни циљеви овог алата су углавном рутери и IP камере, њихова предност у раду са овим алатом јесте то што поседују кориснички интерфејс. SIoTFuzzer анализира изглед страница за управљање уређајем, што обухвата упознавање са изгледом и функционалностима. Резултат ове фазе јесте формиран речник који повезује елементе корисничког интерфејса са одређеним правилима, као и преглед редоследа акција које воде ка одређеном циљу [11].

Анализом стања система и корисничког интерфејса може се доћи до секвенце порука које одговарају различитим операцијама. Добијене поруке се филтрирају и категоризују, а њиховом комбинацијом настаје почетна порука за тестирање IoT уређаја. Како је главна идеја SIoTFuzzera генерисање порука са информацијама о стању система, изазов при мутацији јесте оставити непромењеним податке везане за ауторизацију и верификацију система. Стога, SIoTFuzzer користи више фаза мутације, које обухватају одређену и насумичну мутацију порука. Одређена фаза мутације је подељена у две подфазе: мутација параметара и структурална мутација. Насумична фаза бира неколико акција из почетне фазе које се насумично спроводе над почетном поруком [11].

5.5 IoTFuzzer vs Snipuzz vs SIoTFuzzer

Као што је истакнуто у претходним поглављима, док IoTFuzzer оштећења проналази модификацијом програмске логике у пратећој мобилној апликацији, Snipuzz додатно анализира одговоре са циљног уређаја и тиме омогућава фаз тестирање засновано на повратним информацијама. За то време SIoTFuzzer анализира кориснички интерфејс апликација за управљање уређајем, протоколе комуникације и

користи аутоматски механизам за генерисање порука са стањем. Сваки од наведених алата специјализован је или за посебан тип уређаја, за комуникацију путем специфичних протокола, или за уређаје који имају подршку додатних система за управљање [9,10,11].

Иако IoTFuzzer гарантује исправну семантику улазних порука, због чињенице да се ослања на мобилне апликације за управљање уређајем, ограничења овог алата огледају се у врсти уређаја које подржавају. Наиме подржава само Android мобилне апликације, а осим тога ограничен је и WiFi комуникацијом [9].

Насупрот њему, нешто млађи Snipuzz нуди оптимизован процес мутације. Са друге стране, највећа мана овог алата јесте зависност од одговора, као и мала покривеност кода [10].

SIoTFuzzer успешно обрађује статус конекције и нуди успешно тестирање процеса аутентификације. Као и претходно поменути алати, и SIoTFuzzer има ограничења по питању протокола који може да тестира, као и у погледу уређаја који могу да се обраде [11].

6. ЗАКЉУЧАК

У овом раду дат је преглед IoT уређаја из безбедносног аспекта, предочене су одлике фаз методе за тестирање, након чега је дат преглед алата за фаз тестирање IoT уређаја и њихово поређење.

Чињеница је да домену фаз тестирања IoT уређаја недостају јавна, генеричка решења. Комплексност система, недовољна информисаност, недостатак опште прихваћених и специјализованих протокола, као и недостатак обученог кадра одлажу потенцијално генерисање система опште намене. Како постоји много домена из којих се IoT свет може посматрати, један универзални фаз алат високе ефикасности, делује као немогуће направити. Потенцијално решење јесте синхронизација више фаз система који би могли да тестирају специфичне домене и да синхронизују своја запажања. Будућа истраживања треба да имају за циљ да обједине постојеће технике у конкретни фаз систем који би елиминисао појединачне недостатке. Још један правац развоја ових система јесу и уграђени фазери. Процес тестирања може се аутоматизовати уграђивањем фаз тестирања у стварни хардвер и извлачењем информација из постојећих функционалности. Ограничења у хардверским компонентама и самом софтверу засигурно представљају велику препреку, међутим простор за истраживање и унапређење у овом домену, свакако да постоји.

7. LITERATURA

[1] J. Gubbi, et al. “Internet of Things (IoT) a vision, architectural elements, and future directions”, 2013

[2] Shashi Rekha, Lingala Thirupathi, Srikanth Renikuntac, Rekha Gangula, “Study of security issues and solutions in Internet of Things (IoT)”, 2021

[3] Sofia Bekrar, Chaouki Bekrar Roland Groz, Laurent Mounier ,“Finding Software Vulnerabilities by Smart Fuzzing“, 2011

[4] Department of telecomunications-Government of India, “Fuzz testing”, https://tec.gov.in (приступљено u августу 2022)

[5] “OWASP Top 10”, https://owasp.org/Top10 (приступљено u сепембру 2022)

[6] Josip Bozic, Franz Wotawa “XSS Pattern for Attack Modeling in Testing”, 2013

[7] George Klees, Andrew Ruef, Shiyi Wei, Michael Hicks, “Evaluating Fuzz Testing“,2018

[8] Junjie Wang, Bihuan Chen, Lei Wei, and Yang Liu, “Skyfire: Data-driven seed generation for fuzzing”, 2017

[9] Jiongyi Chen, Wenrui Diao et al. “IOTFUZZER: Discovering Memory Corruptions in IoT Through App-based Fuzzing“, 2018

[10] Xiaotao Feng, Ruoxi Sun, Xiaogang Zhu, “Snipuzz: Black-box Fuzzing of IoT Firmware via Message Snippet Inference“, 2021

[11] Hangwei Zhang , Kai Lu, Xu Zhou, Qidi Yin, Pengfei Wang and Tai Yue, “SIoTFuzzer: Fuzzing Web Interface in IoT Firmware via Stateful Message Generation”, 2021

Kratka biografija:



Тамара Ковачевић рођена је 16. октобра 1998. године у Новом Саду. Завршила је природно-математички смер Гимназије „Јован Јовановић Змај” у Новом Саду, 2017. Године. Исте године је уписала Факултет техничких наука у Новом Саду, смер Рачунарство и аутоматика. На трећој години студија определила се за смер Примењене рачунарске науке и информатика. Основне студије завршава 2021. године, након чега уписује мастер академске студије на студијском програм Рачунарство и аутоматика, смер Електронско пословање. Испунила је све обавезе и положила је све испите предвиђене студијским програмом.

Зборник радова факултета техничких наука, Нови Сад

UDK: 007:004.056
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE23Jovicic

ВЕБ АПЛИКАЦИЈА ЗА ПРОДАЈУ ОНЛАЈН КУРСЕВА

WEB SHOP FOR ONLINE COURSES

Тамара Јовичић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – РАЧУНАРСТВО И АУТОМАТИКА

Кратак садржај – *У раду је описан систем за куповину онлајн курсева. Детаљно је описан модел поменутог система кроз дијаграме. Описана је имплементација система и представљен је изглед апликације. Анализирана су слична решења.*

Кључне речи: *е-плаћање, е-трговина, курсеви, PayPal, AWS*

Abstract – *The paper describes the system for purchasing online courses. It is described in detail through diagrams. The implementation of the system is described and the appearance of the application is presented. Similar solutions were analyzed.*

Keywords: *e-commerce, e-shopping, courses, PayPal, AWS*

1. УВОД

Е-трговина подразумева процесе продаје и куповине добара и услуга коришћењем савремених комуникационих технологија и Интернета. Модерне платформе за е-трговину су софистициране апликације које обављају вишеструке функције [1].
Системи електронског плаћања могу помоћи корисницима да уштеде своје време и новац. У односу на традиционалне моделе плаћања, у системима електронског плаћања потребно је веће поверење и прихватање чињенице да купац не може уживо да види производ у тренутку куповине. Са електронским плаћањем, трансакције се могу обавити брзо, што представља једну од суштинских предности плаћања.

2. ПРЕГЛЕД ПОСТОЈЕЋИХ РЕШЕЊА

Плаћање и куповина посредством Интернета је данас веома заступљено. Е-учење је доживело велики раст последњих година, поготово од 2020. године када је почела пандемија *COVID-19* [3]. Постоји велики број веб апликација које се баве продајом различитих ресурса, такође, постоји и велики број веб продавница које се баве онлајн продајом курсева [4]. У наставку ће бити описани неки од система који су направљени у те сврхе и који су данас опште познати.

2.1. *Udemy*

Један од најпознатијих платформи за куповину и преглед курсева јесте управо *Udemy*. *Udemy* има далеко највише доступних курсева у поређењу са другим платформама за учење на мрежи, нудећи 183.000 курсева [4]. Садржи преко 65.000 предавача, курсеви су доступни на око 65 језика [4]. Ова образовна платформа има и преко 40 милиона студената, при чему се тај број свакодневно повећава.
Python је главни програмски језик који се користи на страни сервера. Међутим, Удему је почео са *PHP*-ом као главним програмским језиком на бекенд страни [5]. На клијентској страни, *AngularJS* игра главну улогу. За претрагу и аналитику користи се *ElasticSearch*. Да би се побољшале свеукупне перформансе веб странице, коришћени су *Memcached*, *Zencoder*, и *Redis*, због чега се у *Udemy*-у не примећују кашњења и успореност [5].

2.2. *Coursera*

Coursera је онлајн образовна платформа са 23 милиона корисника, која је посвећена понуди висококвалитетних онлајн курсева обуке широм света [6]. Док је у партнерству са универзитетима и предузећима светске класе, пружа студентима прилику да добију сертификате од реномираних институција након што одслушају њихове курсеве.
Апликација претежно написана у *Python*-у и *Scala*-и са фрејмворцима *Play*, *Django* и *Scalding*. Као и *Udemy*, *Coursera* претежно користи *MySql* за управљање релационом базом података. На клијентској страни, претежно се користи *JavaScript*, тачније *ReactJS*. Такође, користи се и *Bootstrap*, *html* и *css* [7].

2.3. *Skillshare*

SkillShare је још једна позната платформа која има више од 4 милиона студената и до 24.000 курсева у различитим дисциплинама [8]. Часови курса трају од 20 до 60 минута и направљени су од низа малих видео снимака, школских пројеката и студентске заједнице која подстиче интеракцију кроз различите форуме за дискусију.
На серверској страни, највише се користи *PHP* [9]. Клијентска страна кода написана је користећи *JavaScript* са *TypeScript*-ом. Користе се библиотеке *React, jQuery, D3.js, Backbone.js* и многе друге. Што се тиче базе података, као и претходно две наведене платформе, користи се *MySQL*, користе се и неки од *AWS* сервиса, као што су *Amazon s3* и *Amazon Redshift* [9].

НАПОМЕНА:
Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Горан Сладић, ред. проф.

3. СПЕЦИФИКАЦИЈА СИСТЕМА

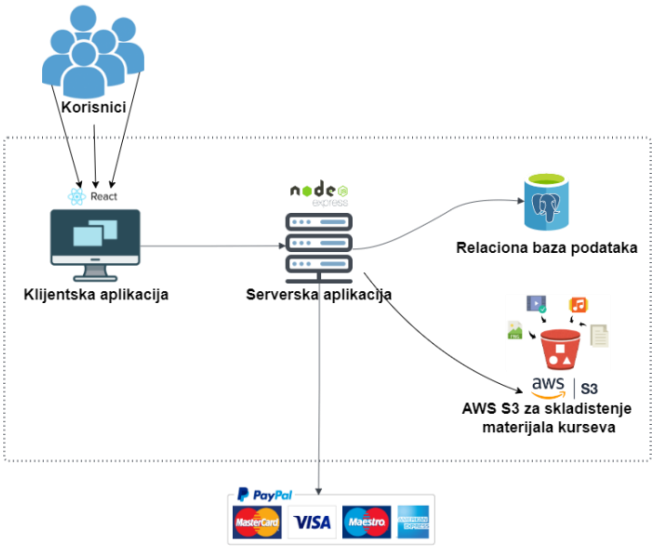
У односу на анализе платформи које су описане у претходном поглављу, формирана је спецификација, а затим и архитектура система за куповину онлајн курсева.
Идеја овог система јесте да корисницима обезбеди преглед курсева, куповину и преузимање истих. Постоји могућност куповине једног курса, али и серије курсева.
Омогућено је и плаћање посредством *PayPal*-а, затим могућност претплате на месечни период у одређеном износу. Један од задатака је и заштита садржаја, отежавање преузимања материјала те је убачен *watermarking* на свим материјалима. Апликација се развија уз ослонац на *AWS* цлоуд платформу, те је коришћен *AWS S3* сервис за складиштење видео материјала, слика и других материјала које курсеви садрже.
Систем за онлајн куповину курсева намењен је за три врсте корисника: купца, продавца и администратора.

3.1. Активности у систему

Сва три корисника, купац, продавац и администратор, имају могућност пријављивања у систем. Приликом пријављивања, уноси се и-мејл адреса и лозинка. Постоји могућност и регистрације корисника у систем. Када се корисник региструје, уносе се његови подаци и тај корисник аутоматски добија улогу купца. Продавци се додају у систем од стране администратора, а администратори се директно додају у базу података.
Корисници могу да мењају своје личне податке. Такође, могу и да ресетују своју лозинку, уколико су је заборавили или слично. Администратор има могућност да забрани неком од корисника да се опет пријављује у систем уколико то жели.
Једна од главних активности у систему је да корисници могу да прелиставају постојеће курсеве на почетној страници. Купац може да додаје курсеве у своју корпу, а исто тако и да уклања курсеве из ње. Уколико је сигуран да жели одређени курс да купи, онда може да изврши плаћање. Када је неки од курсева плаћен, купац добија могућност да види сав садржај тог курса и да преузме материјале на свој уређај.
Курсеве у систем додаје корисник који има улогу продаваца. Приликом додавања, уноси назив курса, опис, цену и додаје материјале тачније пдф-ове, слике, видео записе и друго. Продавац у било ком тренутку може да измени податке о курсевима које је додао. Администратор исто има могућност да управља курсевима који се налазе у систему.

3.2. Архитектура система

На слици 1. визуелно је представљена архитектура система. Главне делове система чини једна клијентска апликација и једна серверска, које међусобно комуницирају и размењују податке.
Урађена је интеграција са *PayPal*-ом путем кога се остварује опција плаћања.



Слика 1. *Архитектура система*

За складиштење података о кориснику, трансакцијама и курсевима користи се *PostgreSQL* база података. Додатно, апликација се ослања и на *AWS S3* сервис, где се складиште сви додатни материјали везани за курсеве, а који нису претходно сачувани у релационој бази.
Клијентска апликација представља графички интерфејс и помоћу ње, корисници виде шта систем нуди од функционалности. Написана је у *JavaScript*-у, при чему је коришћена библиотека *React*.
Серверску страну чини монолитна апликација у којој је имплементирана сва пословна логика потребна за реализацију једног система за плаћање. Код бекенд стране се такође ослања на програмски језик *NodeJS*.
Што се тиче базе података, коришћен је *PostgreSql* објектно-релациони систем за управљање базама података. Осетљиви подаци, као на пример што су шифре корисника, су заштићени користећи *bcrypt* механизма за хеширање. Овај систем се ослања такође и на цлоуд платформу *Amazon Web Services (AWS)*, тачније на *S3* сервис, који омогућава чување различитог садржаја, као на пример видео материјала, пдф докумената, слика итд.

3.3. Модел података

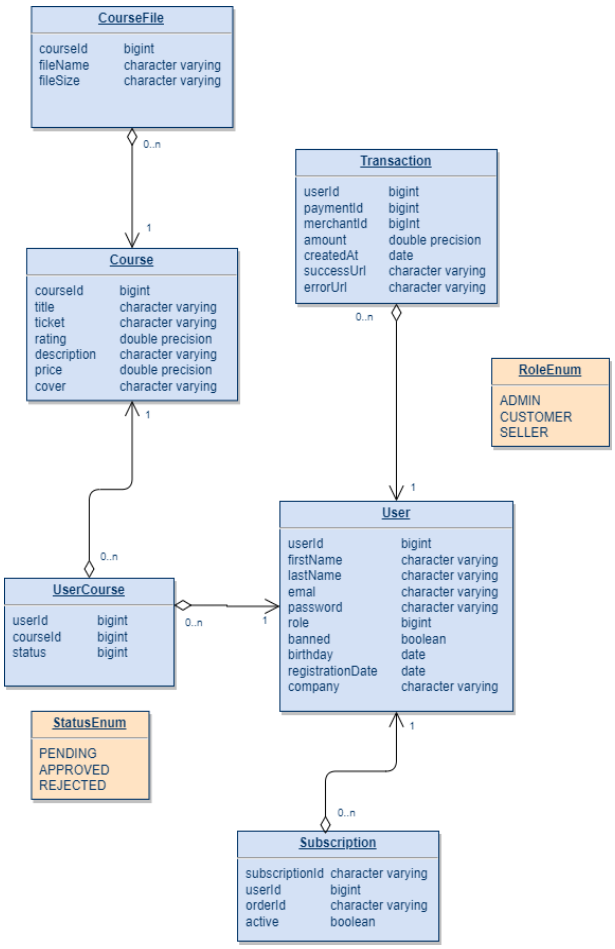
Подаци у систему су структурирани, тако да је релациона база података погодна за њихово складиштење. На слици 2. приказан је дијаграм класа које се користе у систему за продају онлајн курсева. Најбитније класе система су:

- корисници,
- курсеви и
- трансакције.

4. ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА

4.1. Интеграција са *PayPal*-ом

NodeJS се ослања на *third party* библиотеку која се користи за интеграцију са *PayPal*-ом. Та библиотека је *paypal-rest-sdk*.



Слика 2. *Класни дијаграм*

Пре него што се апликација повеже са *PayPal*-ом, потребно је направити *PayPal developer* налог на следећем линку: https://developer.paypal.com/home. Затим је потребно направити нову апликацију како би се добили креденцијали потребни за повезивање система са *PayPal*-ом, тачније *client_id* и *client_secret*. Поред претходног налога који је направљен, потребно је направити и *sandbox* налог, који ће се користити приликом тестирања плаћања.

Када корисник кликне на дугме за плаћање курсева, захтев се шаље на ендпоинт "/*pay*". *Body* овог захтева садржи све ставке које корисник жели да плати и износ трансакције.

Да би се трансакција извршила, потребно је креирати *JSON* објекат *create_payment_json* који садржи информације о сврси уплате, платиши, дати су *URL*-ови за редирекцију, садржај трансакције, односно све ставке које се плаћају, и износ уплате.

Када корисник одабере начин плаћања и провери све приказане детаље, може да притисне дугме *continue* како би се плаћање реализовало.

Постоје два сценарија која могу да се десе приликом завршетка трансакције. Један је да се трансакција успешно реализује, а други је да дође до неке грешке или да корисник откаже извршење исте.

Кад год је трансакција успешна, требало би да добијемо детаље трансакције од *PayPal*-а преко методе *paypal.payment.execute()*. Детаљи трансакције *PayPal*-а могу се сачувати у бази података за будуће референце. Ако је трансакција била успешна, кориснику ће бити приказана страница о успеху.

Уколико је трансакција прекинута, ништа од података се не чува у базу података, а корисник бива редиректован до странице за прекинуту трансакцију.

У систему је омогућена и **претплата** преко *PayPal*-а која функционише на следећи начин:

1. Креирати производ који представља робу или услугу.
2. Направити план који ће представљати циклусе плаћања за вашу претплату.
3. Користити *PayPal JavaScript SDK* за представљање дугмета. Када купац одабере дугме, почиње искуство претплате.
4. Купац треба да се сложи и претплаћује.
5. Дугме позива *API* за *PayPal* претплате да креира претплату.
6. Купац треба да види потврду претплате.

4.2. Интеграција са AWS-ом

Да би се остварила интеграција са *AWS*-ом и да би се направио *S3 Bucket*, потребно је прво направити налог на *Amazon*-у. Процедура регистрације је једноставна, једино што је потребно да се верификује број телефона и унесу подаци о кредитној картици. Након креирања налога, могуће је креирати *S3 Bucket*.

S3 складишти податке као објекте у *bucket*-у, које креира корисник. *Bucket* је контејнер за објекте ускладиштене у *Amazon S3* сервису. Могуће је складиштење било којег броја објеката. Подаци се могу отпремати, преузимати или брисати путем одговарајућих *RESTful http* захтева.

На *S3 bucket*-у могуће је складиштење фајлова различитих врста формата. За потребе овог система, *S3 bucket* је коришћен за чување садржаја курсева, као што су слике, видео записи, пдф датотеке, аудио звуци и слично.

За креирања *bucket*-а неопходно је унети назив и изабрати регион који је најближи тренутној локацији корисника. Затим је потребно дати дозволу корисницима да приступе овој групи. Тако да треба креирати новог IAM корисника и да му дамо дозволу да користи *S3 bucket*. Након успешног креирања IAM корисника, *S3 bucket* конфигурација је спремна да би се успоставила интеграција са *NodeJs* апликацијом. Да би се у сервисној *NodeJs* апликацији омогућила интеграција са *AWS*-ом, потребно је инсталирати *npm paket aws-sdk*.

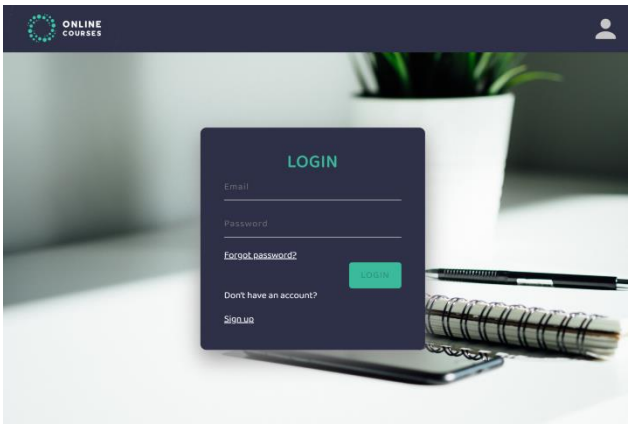
Да би се креирала инстанца *S3* објекта, потребно је користити *AWS SDK*. Варијабле које се користе *AWS_ACCES_KEY_ID* и *AWS_SECRET_ACCESS_KEY* су добијене приликом креирања *IAM* корисника.

Да би се датотека додала у *S3 bucket* користи се метода *s3.upload()*, а да би се преузеле датотеке користи се *s3.getObject()*.

5. ПРИКАЗ ИМПЛЕМЕНТИРАНОГ РЕШЕЊА

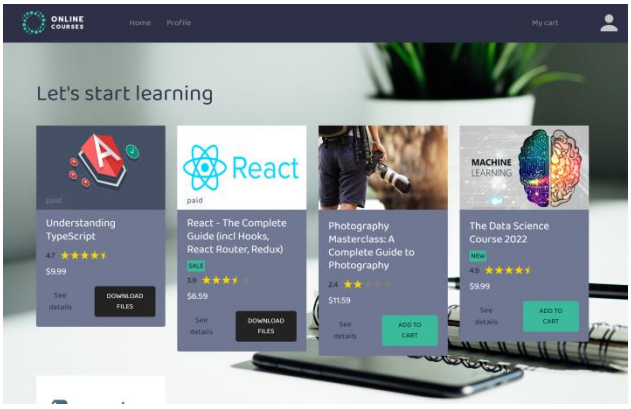
Приликом покретања апликације, прва страница која се појави је страница за пријављивање корисника у систем. На слици 3. приказана је форма за логовање

коју корисник треба да попуни како би могао да користи систем.



Слика 3. *Пријава корисника у систем*

Када се корисник успешно пријави на систем приказује му се почетна страница која је приказана на слици 4. На почетној станици се приказује листа курсева које корисник може да дода у корпу. Уколико је неки од курсева већ купљен, тада је могуће преузимање материјала тог курса. Могуће је видети и додатне детаље курсева уколико се кликне на дугме *„See details”*.
Са почетне странице корисник може да иде до странице за приказ корисничке корпе и до профила корисника. Дугмићи за прелазак на корисников профил и корпу се налазе у таб менију који се налази на врху странице.



Слика 4. *Почетна страница*

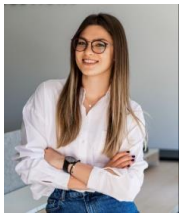
6. ЗАКЉУЧАК

У овом раду детаљно је описано како функционише систем за продају онлајн курсева. Развојем Интернета и информационих технологија, настајала је све већа потреба за електронском трговином и плаћањем. Тако је данас, електронско плаћање опште присутно, те постоји доста апликација која се базирају баш на е-трговину.
У почетном делу овог рада описане су три апликације које спадају у једне од најпопуларнијих апликација које се данас користе за продају онлајн курсева. Засновано по њиховом искуству, настао је и систем који је тема овог рада. У овом раду описана је спецификација система, изглед целе архитектуре, као и модел система помоћу дијаграма класа и дијаграма случајева коришћења. У делу имплементације, описане су све технологије које су коришћене да се овај систем реализује. Битни делови ове апликације су интеграција са *PayPal*-ом и *AWS S3 bucket*-ом, чији је опис такође детаљно дат. Представљени су делови кода који су коришћени да се интеграција изврши. Поред делова кода, дате су и слике које визуелно приказују коришћење *PayPal*-а и *AWS*-а. Последње поглавље представља приказ имплементираног решења, где су дати сцреенсхот-ови, помоћу којих се ближе описује изглед корисничког интерфејса.

4. ЛИТЕРАТУРА

[1] “A system for e-commerce website evaluation ”, Snezana Sulova
[2] “7 Benefits of Electronic Payments”, Nikunj Gundaniya, https://customerthink.com/7-benefits-of-electronic-payments/
[3] “ The Transformation of Higher Education After the COVID Disruption: Emerging Challenges in an Online Learning Scenario ”. Víctor J. García-Morales1, Aurora Garrido-Moreno, Rodrigo Martín-Rojas https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2021.616059/full
[4] “Best Online Learning Platforms”, Amanda Prahl, https://www.verywellfamily.com/best-online-learning-platforms-5073725
[5] “What programming language Udemy is written in”, Kitty Gupta https://www.freelancinggig.com/blog/2018/10/23/what-programming-language-udemy-is-written-in/
[6] “Cruchbase” , https://www.crunchbase.com/
[7] “Technologies used by Coursera”, https://techstacks.io/stacks/coursera/
[8] “Best Online Learning Platforms (updated 2022)”, Kyriaki Raouna, https://www.learnworlds.com/online-learning-platforms/
[9] “Skillshare tech stack”, https://himalayas.app/companies/skillshare/tech-stack

Кратка биографија:



Тамара Јовичић рођена је 14.01.1998. године у Новом Саду. Завршила је основне академске студије 2020. године на Факултету техничких наука. Уписала је мастер студије исте године, студијски програм Електронско пословање.

контакт: taamarajovicic@gmail.com

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 004.9
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE25Cvetkov

MOBILNA APLIKACIJA ZA PROMOCIJU TURISTIČKIH SADRŽAJA

MOBILE APPLICATION FOR TOURISTIC PROMOTION

Isidora Cvetkov, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTORTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – *U radu je predstavljena implementacija mobilne aplikacije za promociju turističkih sadržaja. Rad takođe opisuje razvoj Android aplikacije, kao i njemu praktičnu primenu u svrhu turističkih promocija određenih lokacija. Funkcionalnost i način implementacije su detaljno opisani u samom radu.*

Ključne reči: *Turizam, Android, Mobilna aplikacija, Google map, SQLite, Java, GPS*

Abstract – *This paper presents the implementation of a mobile application for the promotion of tourist content. This paper also describes the development of the Android application, as well as its practical application for the purpose of tourist promotions of certain locations. The functionality and implementation method are described in detail in the paper.*

Keywords: *Tourism, Android, Mobile application, Google map, SQLite, Java, GPS*

1. UVOD

Sve bržim razvojem mobilnih uređaja i mobilne aplikacije beleže sve veći broj instalacija za različite potrebe počevši od aplikacija koje služe isključivo za zabavu, zatim aplikacije informisanja, svakodnevnog poslovanja i ostale. Zbog svoje dostupnosti, kao i zbog rasta broja prodatih mobilnih uređaja na kojima se izvršavaju i jednostavnosti korišćenja, mobilne aplikacije beleže značajan rast primene i u različitim područjima turističkog poslovanja. Mobilne aplikacije predstavljaju programsku podršku za pametne telefone, tablet racunare i druge mobilne uređaje. Turističke aplikacije imaju više uloga, njihova primena je veoma širokog spektra. Neke od uloga turističkih aplikacija jesu da zamenjuju turističkog vodiča, zatim agencije za rezervaciju smeštaja, karti, iznajmljivanje automobila, takođe mogu biti vodiči za kupovinu, navigacija, prevodilac, službe servisa kao što su vremenska prognoza, red vožnje, kursna lista i još mnogo toga. Svrha turističkih aplikacije jeste da se na najlakši mogući način isplanira putovanje ili obilazak, kako bi se pomoglo korisniku. Takođe je bitno naglasiti da korisnici, prolazeći kroz sve cikluse putovanja, koriste svoje mobilne telefone tako što istražuju, rezervišu, fotografišu i snimaju određene destinacije. Zahvaljujući turističkim aplikacijam, korisnik može lakše pronaći željenu destinaciju, informirati se o željenim sadržajima na toj destinaciji i još dosta toga. Mobilne aplikacije postale su jedan od bitnijih marketinških alata u razvoju i promociji turizma, pa tako imaju promotivnu ulogu u brojnim destinacijama i turističkim preduzećima [1, 2].

Kada je reč o aplikaciji koja je razvijena kao deo ovog rada ona predstavlja turistički vodič i korisnicima omogućava pronalaženje mesta u okolini i dodatne informacije o istim.

Tehnologije koje su korišćene za razvoj ove aplikacije su pre svega Android operativni sistem, jedan od vodećih operativnih sistema na tržištu mobilnih uređaja. Kao razvojno okruženje korišćen je Android Studio i programski jezik Java, korišćene su Google mape, takođe korišćen je i GIMP (engl. GNU Image Manipulation Program) za obradu slika u aplikaciji i izradu logoa aplikacija. Detaljno o tehnologijama i korišćenju aplikacije pisano je u poglavljima u nastavku.

2. ANDROID OPERATIVNI SISTEM

Android je operativni sistem otvorenog koda, zasnovan na Linux na sistemu. Napravljen je za veliki spektar mobilnih uređaja. Android je trenutno najrasprostranjeniji operativni sistem za mobilne telefone, prilagođen je tako da se može koristiti na većini mobilnih urđaja, takođe uključujući pored mobilnih telefona, i tablet računare, laptop računate, smartbook računare, čitače elektronskih knjiga i ručne satove [3][4]. Sam korisnički interfejs Androida je zasnovan na direktnoj manipulaciji objektima na ekranu, korišćenjem ulaza u vidu dodira koji odgovaraju pokretima u realnom svetu kao što su prevlačenje, pritiskanje, zumiranje (engl. Pinching), kao i unos teksta pomoću virtuelne tastature.

2.1. Arhitektura Android operativnog sistema

Najbolji način za razumevanje Android operativnog sistema je prikaz njegovog rasčlanjenja na sekcije i slojeve. Android je grubo podeljen na šest sekcija i pet slojeva [3] . Linux jezgro predstavlja osnovu Android sistema. Ovaj sloj sadrži sve drajvere uređaja definisane na niskom nivou za različite hardverske komponente svakog pojedinačnog Android uređaja. Apstraktni sloj hardvera (engl. Hardware abstraction layer – skr. HAL) – definiše standardni interfejs koji omogućava korišćenje hardverskih komponenti uređaja na višem nivou pomoću Java API (engl. Application Programming Interface) okvira. API je aplikacioni porgramski interfejs koji definiše načine na koje aplikacije mogu da zahtevaju usluge od operativnog sistema ili biblioteka. Biblioteke sadrže ključne komponente i servise Android sistema, kao što su ART (Android okruženje za izvršavanje) i HAL

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragan Ivetić red.prof.

(Apstraktni sloj hardvera) napisane u izvornom kodu koji za izvršavanje traže biblioteke napisane u C/C++ programskom jeziku. Operativni sistem Android pruža okvir Java API za korišćenje nativnih biblioteka u aplikacijama. Na primer, biblioteka WebKit obezbeđuje funkcije koje se odnose na pregledanje veb sadržaja ili biblioteka SQLite koja obezbeđuje podršku za korišćenje baza podataka. Android okruženje za izvršavanje (engl. ART) nalazi se na istom nivou kao i biblioteke, obezbeđuje skup osnovnih biblioteka koje programerima omogućavaju da pišu Android aplikacije korišćenjem programskog jezika Java. Radni okvir apikacija (Java API okvir) predstavlja celokupan skup funkcionalnosti Android sistema preko više API okvira napisanih u Java programskom jeziku. Dok skup API okvira čini gradivne jedinice potrebne za kreiranje aplikacija za Android sistem, pojednostavljivanjem ponovnog korišćenja jezgarnih servisa i sistemskih komponenti.

2.2. Karakteristike Android aplikacija

Android aplikacije uglavno su pisane u programskom jeziku Java. Prevedeni Java kod zajedno sa svim podacima i datotekama resursa potrebnim za aplikaciju se arhivira u datoteku sa ekstenzijom *.apk*. Ova datoteka služi za distribuciju i instaliranje aplikacija na mobilnim uređajima. Datoteku korisnici preuzimaju na svoje uređaje. Kod koji se nalazi u jednoj *.apk* datoteci smatra se jednom aplikacijom [3]. Svaka aplikacija živi nezavisno od drugih, odnosno sistem svaku aplikaciju izvršava u posebnom procesu. Android sistem počinje proces kada bilo koji deo koda aplikacije treba da se izvrši i isključuje proces kada više nije potreban. Svaki proces ima svoju specijalnu Java virtualnu mašinu – ART, pa kod aplikacije radi u izolaciji od kodova svih ostalih aplikacija. Svakoj aplikaciji je dodeljen jedinstveni ID korisnika. Dozvole su postavljene tako da su datoteke aplikacije vidljive jedino samoj aplikaciji, iako postoje načini kako se datoteke mogu izvoziti i u druge aplikacije.

2.3. Osnovne kategorije

Sve Android aplikacije se mogu podeliti na više različitih kategorija. Međutim, većina aplikacija se može svrstati u jednu od sledećih kategorija [3][5] :

- Aktivnost koja se izvršava je u prvom planu (engl. Foreground activity) – aplikacija bez pozadinske aktivnosti. U ovu vrstu aplikacija se ubrajaju igre i mape. Kad su izvan fokusa aplikacije ove vrste se uglavnom privremeno zaustavljaju.
- Pozadinska usluga (engl. Background service) – aplikacije su ograničene interakcije sa korisnikom koje se uglavnom izvršavaju u pozadini. Ovoj vrsti aplikacija pripadaju apikacije za upravljanje dolaznim pozivima.
- Aktivnosti sa prekidima – aplikacije koje podrazumevaju određeni stepen interakcije sa korisnikom, ali se uglavnom odvijaju u pozadini.

2.4. Java

Java je objektno-orjentisan programski jezik zasnivan na klasama dizajniran sa ciljem da ima što manje zavisnosti od implementacije. Jezik je opšte namene namenjen programerima aplikacija sa ciljem da pišu kod jednom, a pokreću bilo gde (engl. Write once, run anywhare – skr. WORA), što znači da se kompajlirani Java kod može pokretati na svim platformama koje podržavaju Javu bez potrebe za ponovnom kompilacijom. Java aplikacije se obično kompajliraju u bajt kod koji se može pokrenuti na bilo kojoj Java virtuelnoj mašini (skr. JVM) bez obzira na osnovnu računarsku arhitekturu. Pored toga, Java jezik ima sintaksu sličnu jezicima C i C++, dizajniran je tako da bude nezavisan od platforme i sa pojednostavljenim upravljanjem memorijom. Java pripada skupu viših programskih jezika i danas je uz Kotlin najpopularniji jezik za razvoj Android aplikacija [8][9], za razvoj ove aplikacije korišćen je Java programski jezik.

3. KOMPONENTE I STRUKTURA APLIKACIJE

Prilikom razvoja aplikacije korišćene su komponente opisane u nastavku ovog poglavlja, kako bi se omogućio lakši i brži razvoj aplikacije, kao i bolje fukncionalnosti.

3.1. Google Maps API

Google Maps API omogućava korišćenje Google Maps servisa na Android platformi, prikaz mape, rukovanje kamerom, pomeranje, zumiranje mape, postavljanje oznaka, linija, poligona na mapi itd. [7].
Implementacija Google mapa se odvija u nekoliko koraka. Prvi korak je preuzimanje Google Play Service SDK (engl. Software Development Kit), zatim preuzimanje ključa za korišćenje Google Maps API-a, unošenje vrednosti ključa u *AndroidMainfest.xml*, deklarisati mapu kao pogled u odgovarajućem rasporedu I na kraju definisati aktivnost koja prikazuje raspored. Kada je reč o tipovima Google Mapa koje se mogu koristiti postoje: *normal* – uobičajna autokarta, *hybrid* – satelitski snimak na kome su vidljivi i putevi, *satellite* – satelitski snimak, *terrain* – topografska karta i *non* – bez pločica. U okviru aplikacije implementirana terrain tj. topografska karta.

3.2. SQLite baza podataka

Android aplikacije mogu da koriste ugrađen sistem za upravljanje bazama podataka – SQLite. Za razliku od većine sistema za upravljanje bazama podataka, SQLite se izvršava u istom procesu kao i aplikacija koja koristi njegove usluge. Obezbeđuje referencijalni integritet i omogućava rad u transakcijama. Za pravljenje, izmenu i otvaranje baze podataka koristi se SQLiteOpenHelper klasa i potrebno je implementirati neke od sledećih metoda:

- void onCreate (SQLiteDatabase database),
- void onOpen (SQLiteDatabase database),
- void onUpgrade (SQLiteDatabase database, int old_ver, int new_ver),
- void onDowngrade (SQLiteDatabase database, int old_ver, int new_ver).

SQLite je relacioni sistem upravljanja bazama podataka (skr. RDBMS – engl. Relational Database Managment System) koji se nalazi u C biblioteci. Za razliku od mnogih drugih sistema za upravljanje bazama podataka, SQLite nije mehanizam baze podataka klijent-server. Umesto toga, on je ugrađen u krajnji program. SQLite je kompatibilan sa ACID (atomic, consistent, isolated, durable) i primenjuje većinu SQL standarda, uglavnom

prateći [6]. SQLite je popularan izbor kao ugrađeni softver za baze podataka za lokalno tj. klijentsko skladištenje u aplikacionom softveru kao što su veb pregledači ili mobilne aplikacije. Veže se za mnoge programske jezike.
Glavne značajne karakteristike SQLite baze kao i razlozi njenog korišćenja pri razvoju aplikacije su:

- Transakcije funkcionišu po principu ACID (atomic, consistent, isolated, durable). Podaci otaju postojani pri padu sistema ili nestanku električne energije.
- Nulta konfiguracija nema potrebu za prilagođavanjem i administracijom.
- Podržava većinu SQL-92 standarda.
- Cela baza smestena u jednoj datoteci na disku.
- Podaci iz baze podataka se mogu slobodno deliti između više računara.
- Podržava nekoliko terabajta velike baze i nekoliko gigabajta velike nizove podataka.
- Brža izvedba standardnih operacija od ostalih popularnih baza podataka.

3.3. Android Mainfest datoteka

Svaki projekat mora da sadrži AndroidManifest.xml datoteku, sa tačno tim nazivom. Ova datoteka pruža osnovne podatke o aplikaciji alatima za prevođenje i kompajliranje, operativnom sistemu i Google Play prodavnici. Uglavnom se Android Manifest datoteka kreira automatski pri kreiranju projekta i nalazi se u korenom direktorijumu. U toku razvoja ova datoteka se može menjati automatski ili po potrebi od strane programera.

3.4. Struktura aplikacije

Android projekat u svojoj strukturi sadrži nekoliko foldera i fajlova, a neki od njih su:

- *src* – koji sadrži *.java* fajlove projekta. U src fajlu se nalaziti sav kod aplikacije,
- *Android biblioteka* – ovaj folder sadrži jedan *android.jar* fajl, koji sadrži biblioteke klasa koje su potrebne za Android aplikaciju,
- *gen* – sadrži *R.java* fajl. On predstavlja generisani fajl koji referencira sve resurse koji se nalaze u projektu,
- *assets* – ovaj folder sadrži resurse koje aplikacija koristi, neki od njih su HTML fajlovi, baze podataka i ostali,
- *res* – ovaj folder sadrži sve resurse koji se koriste u aplikaciji. Takođe, sadrži nekoliko drugih podfoldera, a to su drawable, layout i values,
- *AndroidManifest.xml* – je manifest fajl Android aplikacije. Ovde su registrovane sve aktivnosti koje aplikacija ima, kao i svi servisi, takođe definisane su permisije koje su potrebne aplikaciji.

3.5. Komponente aplikacije

Za razliku od većine aplikacija drugih operativnim sistemima, aplikacije Android sistema nemaju samo jednu pokretnu tačku. Što konkretno znači da nemaju samo jednu main() funkciju [3].

Što se tiče osnovnih komponenti koje čine jednu Android aplikaciju postoji njih četiri, a to su:

- Aktivnosti (engl. Activity) – predstavlja komponentu aplikacije koja se uglavnom poistovećuje sa jednim konkretnim prozorom aplikacije u kojem korisnik može izvršavati određenu radnju. Aplikacija može da sadržati jednu ili više definisanih aktivnosti, pri čemu je jedna od aktivnosti uvek definisana kao primarna aktivnost. Iako više aktivnosti stvara jedan kompaktni korisnički interfejs treba imati na umu da su one međusobno nezavisne jedna od druge. Svaka aktivnost implementira se kao posebna klasa koja nasleđuje klasu Activity, te je i sama odgovorna za čuvanje svog stanja u životnom ciklusu aplikacije.
- Namera (engl. Intent) – su poruke koje omogućavaju komponentama aplikacije da zahtevaju funkcionalnost od drugih komponenti. Omogućavaju komunikaciju sa komponentama iz iste aplikacije, ali i komponentama drugih aplikacija. Namera je u osnovi pasivna struktura podataka koja sadrži apstraktni opis akcije.
- Usluga (engl. Service) – predstavlja proces bez vidljive korisničke interakcije. S tim da usluga nema korisnički interfejs, ona nije vezana za sam životni ciklus neke aktivnosti. Uglavnom se izvršava u pozadini za nedefinisani period vremena. Usluge se koriste za ponavljajuće i potencijalno dugačke operacije, kao što su preuzimanje sa interneta, proveru novih podataka, obradu podataka, ažuriranje dobavljača sadržaja i slično. Svaka usluga nasleđuje klasu Service.
- Prijemnik (engl. BroodcastReceiver) – služi kako bi prihvatio poruke koje mogu slati druge aplikacije ili čak sam sistem. Te poruke mogu da idu od sistemskih događaja kao što je uključivanje telefona ili kraj preuzimanja podataka sa interneta.
- Dobavljač sadržaja (engl. Content Providers) – pomaže aplikaciji prilikom pristupa sopstvenim podacima, podacima drugih aplikacija i prilikom deljenja podataka sa drugim aplikacijama. Oni su standardni interfejs koji povezuje podatke iz jednog procesa sa kodom koji se izvršava u drugom procesu i nasleđuju klasu ContentProvider.

Svaka Android aplikacija ne mora sadržati sve navedene komponente, isto tako može sadržati i neke druge komponente koje ovde nisu navedene.

4. IMPLEMENTACIJA APLIKACIJE ZA PROMOCIJU TURISTIČKIH SADRŽAJA

U ovom poglavlju biće reči o samoj funkcionalnosti aplikacije, organizaciji i glavnim karakteristikama aplikacije

4.1. Pregled i organizacija aplikacije

Android projekati su organizovani po paketima koji su smešteni unutar jednog glavnog paketa koji uglavnom ima naziv isti kao i sama aplikacija. Međutim, fajlovi koji se ne nalaze unutar njega su skripte i fajlovi koji se koriste za pokretanje aplikacije, kao i druge uvezene biblioteke i moduli.

4.2. Modeli podataka aplikacije

Model podataka korišćen tokom razvijanja aplikacje je zadovoljava funkcionalnosti implementirane aplikacije. Kao što je u predhodnom delu nagralšeno aplikacija koristi SQLite ugrađenu bazu podataka za čuvanje podataka o svim turističkim atrakcijama. Model ove baze sadrži sledeće tabele: *Korisnik* (Id, Ime, Prezime, Broj, Grad, Email, Lozinka), *Lokacija* (Id, Grad, Naziv, Adresa, Lokacija, Opis, Slika) i *Slika* (Id, Id_Lokacije, Path, Naziv). Svaka lokacija može imati više slika koje su vezane za nju, dok svaka slika koja se nalazi u bazi može pripadati samo jednoj lokaciji.

4.3. Opis funkcionalnosti aplikacije

Turistička aplikacija namenjena je korisnicima koji žele da bliže istraže mesta u svojoj okolini, kao i da pogledaju šta od turističkih atrakcija mogu posetiti. Pre pokretanja aplikacije neophodno je da korisnik uključiti GPS (engl. Global Positioning System) kako bi se osigurao ispravan rad aplikacije, praćenje korisničke lokacije u realnom vremenu i preuzimanje ispravnih informacija. Nakon pokretanja aplikacije korisniku će se prikazati ekran sa prijavom na kom može uneti svoju e-mail adresu i lozinku. Unošenjem ispravnih podataka, email adrese i lozinke korisnik se prijavljuje u aplikaciju i nakon toga mu se na ekranu pojavljuje ekran sa glavnim meniem na kome ima opcije koje aplikacija nudi. Ukoliko korisnik nema kreiran nalog mora se registrovati kako bi pristupio aplikaciji. U slučaju registracije korisnika pojaviće se ekran sa poljima za registraciju koja korisnik mora popuniti. Aplikacija izbacuje validacione poruke o greškama za sva polja, na primer ukoliko korisnik unese e-mail adresu u pogrešnom formatu. Takođe registrovanje korisnika nije moguće ukoliko korisnik nije popunio sva polja, ali i ukoliko neko od polja nije popunjeno validnim podacima, na primer ukoliko korisnik unese e-mail adresu koja nije u validnom formatu registracija neće biti moguća, ukoliko umesto slova u poljima koja su tekstualnog formata unese brojeve. Nakon uspešne registracije korisniku se takođe kao i nakon prijavljivanja otvara prozor početnog ekrana aplikacije. Opcije koje korisnik vidi na svom početnom ekranu nakon prijave su: *mapa* – omogućava prikaz svih turističkih atrakcija koje korisnik može posetiti u svojoj okolini, takođe prikazuje i trenutnu lokaciju na kojoj se korinisk nalazi, *detalji* – prikaz u okviru kog korisnik može videti sve informacije vezane ze određenu lokaciju, *kamera* – pokretanje kamere korisnikovog telefona, *lista lokacija* – prikaz liste koja sadrži lokacije koje se nalaze u okolini korisnika, *podešavanja* – opcije sa podešavanjima aplikacije, *korisnički profil* – prikaz detalja svog korisničkog profila i *korisničke slike* – opcija koja otvara galeriju slika koje je korisnik napravio.

5. ZAKLJUČAK

Tržište pametnih mobilnih telefona i tableta je u konstantom porastu, dok prisustvo konkurencije sve više dovodi do usavršavanja i poboljšanja performansi navedenih uređaja. Virtuelna, augmentovana realnost, veštačka inteligencija, grafički zahtevne video igre, turizam samo su neka od polja gde su mobilni uređaji našli svoju primenu. Raznovrsnost uređaja, svakodnevni napredak pametnih telefona, kao i broj korisnika u velikoj meri uslovljavaju izmene u samom Android operativnom sistemu i procesu razvoja aplikacije. Programerima su na raspolaganju nove metode i mogućnosti za implementaciju u aplikacijama, ali se i povećava potrebno znanje kako bi razvijana aplikacija pratila trendove napretka tehnologije. Korisnički interfejs predstavlja sistem sa kojim korisnici intereguju sa aplikacijom, predstavlja jako bitan deo pri razvoju aplikacije.
Dobro definisan i funkcionalan korisnički interfejs doprinosi boljoj prihvaćenosti i većem zadovoljstvu između korisnika i aplikacije. Glavni doprinos ovog rada je bliže upoznavanje sa principima, pravilima, konceptima, ali i tehnologijama koje su potrebne za definisanje. Sve ovo je ostvareno kroz upoznavanje sa Andoroid operativnim sistemom, njegovom arhitekturom, osnovnim principima programiranja korisničkog interfejsa, pregledom najnovijih tehnologija, ali i kroz savete i preporuke date u radu. Cilj implementacije Android aplikacije za turiste jeste prikazivanje velikog broja turističkih mesta u korisnikovoj okolini, kao i korisnih informacija koje turistima mogu biti od značaja pri odabiru i obilaženju željenih lokacija, pored toga aplikacija je veoma inutuitivna i laka za korišćenje. Implementirana aplikacija se može koristiti i u edukativne svrhe kao primer zbog određenih metoda i obrazaca koji su korišćeni u toku njenog razvoja. Ideja aplikacije se može razvijati u smeru AR vodiča, ali i unapređivanju trenutnih funkcionalnosti iste, kao i povećanja lokacija koje se mogu pratiti.

6. LITERATURA

[1] https:/aseestant.ceon.rs (pristupljeno u januaru 2021.)

[2] D.Buhalis, "Information technology for strategic tourism management", Pearson Publication, 2003

[3] https://www.android.com (pristupljeno u januaru 2021.)

[4] https://en.wikipedia.org/wiki/Android_(operating_system) (pristupljeno u januaru 2021.)

[5] https://developer.android.com/index.html (pristupljeno u januaru 2021.)

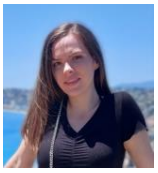
[6] https://en.wikipedia.org/wiki/SQLite (pristupljeno u martu 2021.)

[7] https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Maps (pristupljeno u martu 2021.)

[8] https://en.wikipedia.org/wiki/Java_(programming_language) (pristupljeno u aprilu 2021.)

[9] https://en.wikipedia.org/wiki/Android_software_development (pristupljeno u januaru 2021.)

Kratka biografija:



Isidora Cvetkov rođena je u Vranju 1996. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – primenjene računarske nauke i informatika, odbranila je 2022.god.
kontakt: isidora.cvetkov96@gmail.com

Зборник радова Факултета техничких наука, Нови Сад

УДК: 007:004.056
ДОИ: https://doi.org/10.24867/20BE26Blagojevic

ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА КОНТРОЛЕ ПРИСТУПА КОРИШЋЕЊЕМ *APACHEDS* И *APACHE FORTRESS*

IMPLEMENTING ACCESS CONTROL USING APACHEDS AND APACHE FORTRESS

Ивана Благојевић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – РАЧУНАРСТВО И АУТОМАТИКА

Кратак садржај – *Рад приказује намену ApacheDS сервера и описује имплементацију RBAC контроле приступа коришћењем Apache Fortress на примеру електронског дневника. Наведене су теоријске основе за поменуте технологије. Приказан је модел имплементираног решења. Објашњене су функционалности.*

Кључне речи: *LDAP сервер, контрола приступа, RBAC, Apache Fortress*

Abstract – *This paper explains the purpose of the ApacheDS server and describes the implementation of RBAC access control using Apache Fortress. The theoretical foundations for the mentioned technologies are stated. A model of the implemented solution is presented. The functionalities are explained.*

Keywords: *LDAP server, access control, RBAC, Apache Fortress*

1. УВОД

Комплексност архитектуре информационих система константно расте, док је развој решења временски ограничен. Изоловањем компоненти система сваки сервис представља одвојену функционалну целину. Централизованом контролом приступа кроз *LDAP* сервер постиже се бржи развој, не понављајући имплементацију за сваки сервис појединачно, тиме редукујући могућност неисправне аутентификације и ауторизације.

2. *LDAP* СЕРВЕРИ

LDAP (*Lightweight Directory Access Protocol*) [1] је софтверски протокол за чување и уређивање података тако да они буду ефикасно претраживи. *LDAP* протокол се користи за комуникацију сервера са директоријумима. Подаци се чувају у хијерархијском информационом стаблу *DIT* (*Directory Information Tree*), који податке смешта у гране стабла, омогућавајући администраторима да се лакше крећу кроз директоријуме ради проналажења података [2].

LDAP представља стандардни апликативни протокол који дефинише интерфејс између клијентских апликација које могу да комуницирају са директоријумским сервисима попут *Active Directory*-а или *OpenLDAP*-а [3].

Термин *LDAP* у пракси се често односи осим на сам протокол и на директоријум, односно сервер. Главна улога *LDAP* протокола је опслуживање централног чвора за ауторизацију и аутентификацију, чувајући информације о корисницима, корисничке креденцијале, податке о групама, корисничким улогама и слично. *LDAP* директоријуми су оптимизовани за претрагу и операцију читања у односу на перформансе писања. Подаци који изистуку потребу за честим изменама више одговарају релационим базама података. *LDAP* је намењен подацима који су централизовани и нису често подложни изменама, стога се може категоризовати као сервис - пиши једном, читај више пута [2].

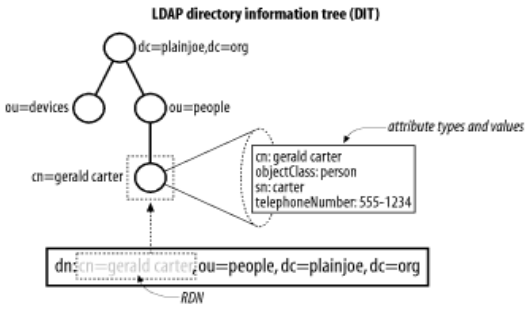
Модели *LDAP* сервера:

1) Информациони модел (*Information Model*)

дефинише структуру и тип података који могу бити сачувани и приказани у информационом стаблу *LDAP* сервера. Ћелија система је инстанца ентитета из реалног света (сервер, уређај, корисник), која је описана кроз атрибуте и приказана као елемент *DIT* стабла [2].

2) Модел именовања (*Naming Model*)

дефинише начин креирања идентификатора за ћелију стабла, додељујући јој *DN* (*Domain name*), као и организацију у оквиру *DIT* хијерархије [2].



Слика 1. Модел именовања [4]

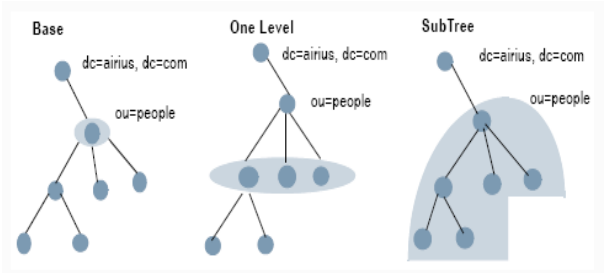
Односно описује како су подаци у стаблу јединствено идентификовани у односу на остале *entry*-је истог родитеља. *RDN* (*Relative distinguished name*) је атибут за идентификацију *entry*-ја, који улази у састав *DN*-а (слика 1).

3) Функционални модел (*Functional Mode*)

дефинише функционалности сервера подељене у три категорије: упити, ажурирање, и аутентификација. Оптимална претрага једна је од главних предности

НАПОМЕНА:
Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Горан Сладић, ред. проф.

LDAP сервера, а предуслови су дефинисање основног чвора (*Base DN*) и опсега претраге (слика 2). Опсег претраге специфицира ниво претраге у упиту и тиме ограничава област претраживања [4].



Слика 2. Функционални модел [4]

4) Безбедносни модел (*Security Model*)

одређује степен приступа за аутентификованог клијента на основу политике права приступа сервера.

3. КОНТРОЛА ПРИСТУПА И *APACHE FORTRESS*

Контрола приступа ограничава управљање ресурсима на основу исхода аутентификације и ауторизације корисника. Ресурс је објекат који садржи и пружа информације. Заштићен ресурс у зависности од система над којим је контрола приступа имплементирана може бити документ, директоријум оперативног система, табела или пројекција у оквиру система за управљање базама података [5].

Постоје три основна типа контроле приступа:

1) Дискрециона контрола приступа

(*Discretionary Access Control - DAC*) је систем који додељује права приступа на основу правила која су специфицирана од стране корисника. Принцип на ком се овај тип заснива је да субјекат одређује ко може приступити његовом објекту [6].

2) Контрола приступа базирана на улогама

(*Role Based Access Control - RBAC*) је недискрециони тип, где право није одређено од стране субјекта, већ од стране администратора система.

3) Обавезујући тип контроле приступа

(*Mandatory Access Control - MAC*) ослања се на хијерархијску структуру добављања ресурса. Приступ ресурсима контролисан је на основу подешавања дефинисаних од стране администратора система. Додељујући степен класификације и тип категорије, *MAC* одређује услове приступа ресурсима [6].

3.1. *Role Based Access Control (RBAC)*

RBAC модел садржи четири компоненте:

1) Основни модел (*Core RBAC*) дефинише

базични сет *RBAC* елемената: корисници, улоге, пермисије, операције, објекти, као и релације између њих [5].

2) Хијерархијски модел (*Hierarchical RBAC*)

односи се на структурирање улога чија је намена рефлектовање одговорности и области управљања у оквиру организације [5].

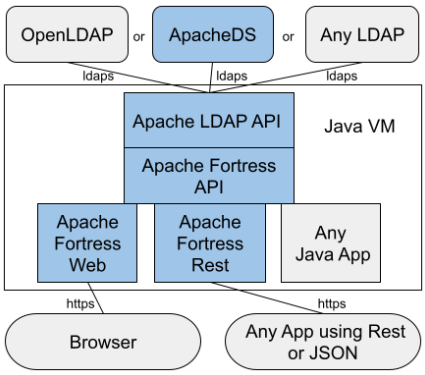
3) Статичко раздвајање улога (*Static Separation of Duty Relations*) дефинише међусобно дисјунктне корисничке задатке у односу на скуп улога [5].

4) Динамичко раздвајање улога (*Dynamic Separation of Duty Relations*) дефинише својства која ограничавају доступност пермисија кориснику, додељујући ограничења улогама које могу бити активиране кроз корисничке сесије. Обезбедити да корисник има додељену пермисију само у оквиру времена када му је потребна је суштина динамичког додељивања улога [7].

3.2. *Apache Fortress*

Apache Fortress је стандардизован систем за ауторизацију, који пружа контролу приступа на основу корисничких улога, делегирану администрацију укључујући политику корисничких лозинки коришћењем *LDAP* сервера. *Fortress* користи директоријумски сервер за чување информација о корисницима, њиховим улогама, пермисијама и слично. *ApacheDS и OpenLDAP* су нативно подржани сервери, међутим могуће је користити било који *LDAPv3* компатабилан систем [8].

На слици 3. приказана је архитектура *Apache Fortress* система. Комуникација почиње слањем захтева, који је иницираан од стране претраживача или било које друге клијентске апликације. У позадини *Apache Fortress* користи *Java API* намењен за комуникацију са неким од *LDAP* сервера.



Слика 3. Архитектура *Apache Fortress* система [9]

Apache Fortress садржи четири компоненте:

1) *Apache Fortress Core* [10] је централна

компонента коју користе остали делови система *Apache Fortress*-а омогућавајући комуникацију са *Apache Directory Server*-ом преко *SSL* протокола [11].

2) *Apache Fortress Realm* компонента уграђивањем

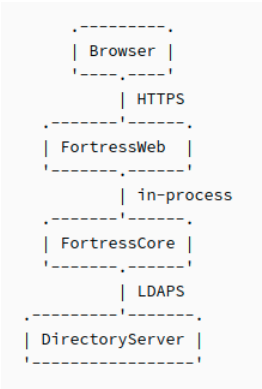
у *Apache Tomcat* [12] обезбеђује безбедносну подршку коришћењем *Java EE*, која мапира кориснике и њихове улоге назад ка повезаном *LDAP* серверу.

3) *Apache Fortress Rest* компонента представља

HTTP сервисни интерфејс који обмотава *API*-је приликом интеракције. Ток развоја приказан је на слици 4. где су приказана три нивоа [13]:

- Клијент је било који *HTTP* интерфејс који подржава поруке формата намењеног за *Apache Fortress.*

- Сервлетски контејнер намењен за дистрибуцију веб апликација.
- Директоријумски сервер складишти полису и извршава *LDAPv3* протоколе.



Слика 3. Приказ нивоа развоја [13]

Предуслови да би *Apache Fortress Rest* био спреман за аутентификацију су подешени следећи параметри:

- Координате *LDAP hostname*-а
- Тип *LDAP* сервера
- Креденцијали административног налога
- Дефинисање путање конфигурационог чвора у стаблу
- Информације о информационом стаблу *LDAP* сервера

4) *Apache Fortress Web* обухвата *HTML* странице и радни оквир.

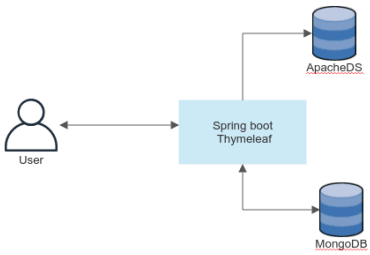
Ревизија акција (*Auditing*) омогућава бележење интеракција са *LDAP* сервером. Акције додавања, ажурирања, брисања ентитета спадају у интеракције које се бележе и размена података о истим је могућа преко *API*-ја. Претрага акције ауторизације и аутентификације је пример намене система за ревизију акција [2].

Вишебројни тенанти (*Multitenancy*) односи се на софтвер чија је једна инстанца присутна на серверу, а опслужује више тенанта. Софтвер је дизајниран тако да сваком тенанту пружа само одређене податке у оквиру инстанце укључујући његове податке, конфигурацију, функционалности и подешавања тенанта [15]. Дизајн архитектуре за потребе различитих тенанта подразумева још један ниво хијерархије у оквиру *LDAP* сервера.

4. МОДЕЛИ СЕРВЕРА

Пројекат електронски дневник је реализован као мултитенант апликација, чија је намена евиденција активности ђака у образовном систему. Препознато је пет улога у систему, где је за сваког корисника улоге дефинисан лист стабла са основним сетом података у оквиру *Apache Directory Servera*.

Приказ архитектуре система електронског дневника налази се на слици 5. Корисник уносом креденцијала иницира пријаву на систем, шаље захтев ка бекенд апликацији која комуницира са *ApacheDS*-ом и врши верификацију унетих података. Након успешног приступа систему, ширем скупу података могуће је приступити преко конекције ка нерелационој бази података, *MongoDB*.



Слика 4. Ток података

4.1. Функционалности система

RBAC је механизам за ограничавање скупа функционалности доступних кориснику на основу додељене улоге. Улоге су додељене у централном чворишту за аутентификацију и ауторизацију, *ApacheDS*.

Администратор система (*ADMIN*) има улогу која управља ентитетом школске године и њеним статусом. Главна функционалност корисника са улогом *ADMIN* је управљање тенант администраторима (*TENANT_ADMIN*), односно директорима школа. Улога администратора тенанта је креирање наставника у оквиру школе, у којој је администратор, креирање разреда и додељивање резредних старешина. Наставник може имати школски разред ком је ментор, док разред има тачно једног разредног старешину.

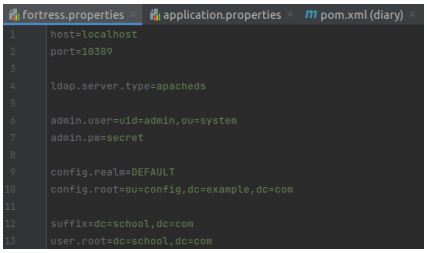
Централне активности корисника са улогом наставника (*TEACHER*) су одржавање часова, унос оцена и изостанака. Бирајући разред, наставник започиње час који је повезан са ентитетом оцене и изостанка. Сваки школски час чува временску одредницу почетка и краја часа, податак о наставнику који је час одржао, као и предмет који је предаван. Оцене и изостанци садрже тачно један час и ђака, чиме је одређено када и за кога је запис унет. Корисници са улогама родитеља (*PARENT*) и ђака (*STUDENT*) имају могућност прегледа изостанака и оцена. Ђаци чувају податак о тренутном школском разреду који похађају, као и листу претходних. Листа претходних разреда служи за евиденцију успеха ђака током школовања. Ентитет ђака повезан је са ентитетом родитеља, имајући тачно једног док родитељ има листу идентификатора који одређују децу.

5. ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА

Конфигурација *ApacheDS*-а извршена је кроз окружење *Apache Directory Studio*. *Apache Directory Studio* је алат за рад са директоријумима, првенствено са *ApacheDS*-ом, а неке од функционалности су приступ и претраживање *LDAP* информационог стабла, уграђивање *LDIF* шеме преко *Schema Editor*-а, конфигурација сервера и слично. Стандардне шеме које су иницијално садржане на самом серверу не подржавају атрибуте који су неопходни за рад са *Apache Fortress*-ом. Након успешног увоза *Apache Fortress LDIF* текстуалног документа, у подстаблу конфигурационог чвора (*ou=schema*) бива приказан садржај претходно одабране шеме.

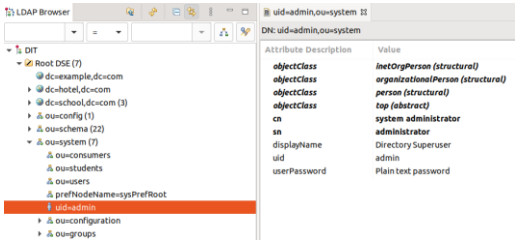
Параметри неопходни за комуникацију са *LDAP* сервером постављени су у *fortress.properties*

документу (слика 6). Координате *LDAP hostname*-а постављене су у прве две линије документа, што указује на остваривање конекције са *LDAP* сервером преко *localhost*-а кроз порт 10389.



Слика 6. Конекција са *ApacheDS*

Следи подешавање типа сервера, затим креденцијала административног налога, односно где је постављена његова позиција из структуре директоријумског информационог стабла (слика 7).

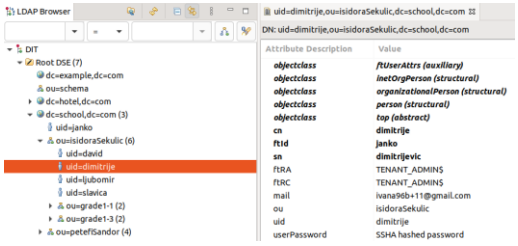


Слика 5. Администратор сервера

5.1. Корисници система

Апликација електронски дневник препознаје ентитет школе, разреда и корисника са одређеном улогом. Постизање система са више тенанта имплементирано је креирајући више чворова са објектом класе *organizationalUnit*.

Администратор тенанта, односно директор школе приказан је на слици 8. где видимо доменско име *entry*-ја и њихове атрибуте. *FtUserAttrs* је класа објекта *LDIF* шеме *Apache Fortress*-а, која садржи атрибуте о улогама корисника у систему, *ftRA* и *ftRC*.



Слика 6. - Тенант администратор

Процес пријаве започет је уношењем корисничког имена и лозинке, затим следи апликативно одређивање *dn*-а. Тек након одређивања *dn*-а као критеријума претраге, остварује се конекција са *LDAP* сервером. Након успешно добављеног корисника, следи аутентификација где истоимена метода проверава једнакост лозинке која је унета и вредност атрибута *userPassword entry*-ја са *LDAP* сервера.

Следи постављање аутентификованог корисника у сесију и даље се управо из ње вуку сви неопходни подаци приликом ауторизације. Ауторизација приступа корисника *endpoint*-има извршена је анотацијом *PreAuthorize* којом је означено са којом улогом корисник има право приступа одређеној функционалности.

6. ЗАКЉУЧАК

Кроз пројекат за евиденцију активности у школском систему, приказан је развој апликације раздвајајући осетљиве податке од функционалних информација. Осетљиви подаци, централизовани су у чвор *ApacheDS* сервера чији су бенефити приказани кроз функционалности и перформансе. Простор за проширење апликације пружен је кроз моделовање динамички раздвојених улога, чиме би се обезбедио највиши степен заштите података.

7. ЛИТЕРАТУРА

[1] https://directory.apache.org/apacheds/basic-ug/1.2-some-background.html (приступљено у јулу 2022.)

[2] https://www.zytrax.com/books/ldap/ (приступљено у јулу 2022.)

[3] https://www.lepide.com/blog/what-is-active-directory-and-how-does-it-work (приступљено у јулу 2022.)

[4] https://docs.informatica.com/data-integration/powerexchange-adapters-for-powercenter/10-2/powerexchange-for-ldap-user-guide-for-powercenter/understanding-powerexchange-for-ldap/ldap-models.html (приступљено у јулу 2022.)

[5] Information Technology Industry Council, American National Standard for Information Technology – Role Based Access Control. 2004.

[6] https://westoahu.hawaii.edu/cyber/best-practices/best-practices-weekly-summaries/access-control/ (приступљено у августу 2022.)

[7] https://dl.acm.org/doi/epdf/10.1145/300830.300834 (приступљено у августу 2022.)

[8] https://directory.apache.org/fortress/overview.html (приступљено у јуну 2022.)

[9] https://github.com/apache/directory-fortress-enmasse (приступљено у јуну 2022.)

[10] https://directory.apache.org/apacheds/basic-ug/1.4.3-adding-partition.html#what-are-partitions (приступљено у јулу 2022.)

[11] https://www.ibm.com/docs/en/ibm-http-server/9.0.5?topic=communications-secure-sockets-layer-ssl-protocol (приступљено у августу 2022.)

[12] https://tomcat.apache.org/ (приступљено у августу 2022.)

[13] https://apache.googlesource.com/directory-fortress-commander/+/HEAD/README-SECURITY-MODEL.md (приступљено у августу 2022.)

Кратка биографија:



Ивана Благојевић рођена је у Новом Саду 1996. године. Основне академске студије завршила је 2019. године на Факултету техничких наука. Мастер рад из области Електротехнике и рачунарства - Рачунарство и аутоматика је одбранила 2022. године.
контакт: ivana96b@gmail.com

Зборник радова Факултета техничких наука, Нови Сад

УДК: 004.9
ДОИ: https://doi.org/10.24867/20BE27Nedeljkovic

ПРИМЕНА MODSECURITY WAF-А У ЗАШТИТИ ВЕБ АПЛИКАЦИЈА

APPLICATION OF MODSECURITY WAF IN WEB APPLICATION PROTECTION

Леона Недељковић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Кратак садржај – *У овом раду описан је ModSecurity WAF, приказан је формат правила на која се ослања и које конфигурационе директиве подржава. Затим је на примеру једне веб апликације приказано како може да се употреби и какав утицај његова примена има на перформансе апликације.*

Кључне речи: *ModSecurity, Web Application Firewall, веб апликације*

Abstract – *This paper describes the ModSecurity WAF, shows the format of the rules it relies on and the configuration directives it supports. Then, on the example of a web application, it is shown how it can be used and what impact its application has on the performance of the application.*

Keywords: *ModSecurity, Web Application Firewall, Web applications*

1. УВОД

Ослањање на веб апликације је од суштинског значаја у нашим свакодневним активностима као што су онлајн банкарство, резервација карата и дељења података са другима. Веб апликације су развијене да опслужују *HTML* странице засноване на имплементацији на страни сервера која се може урадити у различитим програмским језицима. Обично имају и базу података. Апликације, међутим, садрже и рањивости које нападачи могу да искористе за свој профит [1].

Да би спречили експлоатацију ових рањивости, веб администратори постављају *firewall*. Они раде на слоју веб апликације, детаљно прегледају *HTTP* пакет и сваки појединачни део *HTTP* пакета и траже нападе на веб апликације тако што проналазе злонамерне стрингове и проблеме у конфигурацији употребом различитих техника попут *whitelist, blacklist* и слично [2].

Велики број *WAF*-ова већ постоји, а један од њих је и *Apache ModSecurity* који је и један од најучесталијих. У овом раду биће појашњено шта је *ModSecurity*, који је формат правила на која се ослања као и од којих конфигурационих директива се састоји.

У последњем поглављу биће приказана његова примена на примеру *bWAPP* апликације као и демонстрација неких врста напада из *browser*-а.

На крају ће бити описано какав утицај има на перформансе апликације и који су начини да се перформансе побољшају.

2. WAF - WEB APPLICATION FIREWALL

Web Application Firewall помаже у заштити веб апликација филтрирањем и надгледањем *HTTP* саобраћаја између веб апликације и интернета. Постављањем *WAF*-а испред веб апликације, поставља се штит између веб апликације и интернета. Док *proxy* server штити идентитет клијентске машине коришћењем посредника, *WAF* је врста *reversed proxy*-ја, који штити сервер од излагања тако што прво захтеви клијената пролазе кроз *WAF* пре него што стигну до сервера [3].

WAF функционише кроз скуп правила која се често називају политикама (енгл. *policies*). Оне имају за циљ да штите од рањивости у апликацијама филтрирањем злонамерног саобраћаја и јединствене су и прилагођене за сваки сајт осим основних, универзалних безбедносних захтева као што је примена важећег *HTTP* протокола. Политике *WAF*-а се брзо и лако могу да модификовати како би се омогућио бржи одговор на различите векторе напада [4][5].

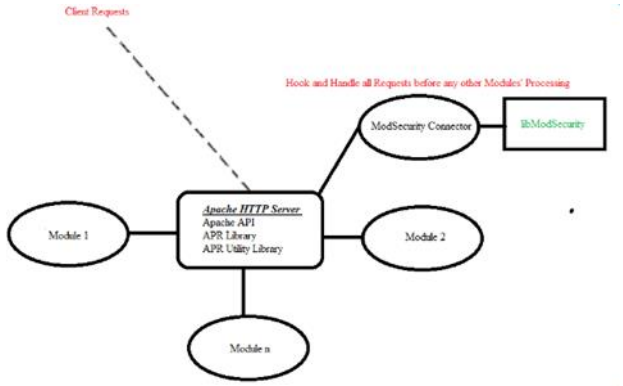
2.1. ModSecurity

ModSecurity је *open-source WAF*. Првобитно дизајниран као модул за *Apache HTTP Server*, еволуирао је да обезбеди низ могућности филтрирања *HTTP* захтева и одговора, заједно са другим безбедносним функцијама на бројним различитим платформама укључујући *Apache HTTP Server, Microsoft IIS* и *Nginx* [6].

ModSecurity модул је написан са крајњим циљем праћења саобраћаја на *Apache HTTP Server*-у. Прва верзија је објављена у новембру 2002. године која је подржавала *Apache HTTP Server 1.3.x*. Будући да је првобитно био *Apache* модул, преношење *ModSecurity*-ја на друге платформе је одузимало много времена и имало високе трошкове одржавања. Као резултат тога, комплетно преписивање је започето у 2015. години. Ова нова итерација, *libmodsecurity*, мења основну архитектуру, одвајајући *ModSecurity* у самостални механизам који комуницира са веб сервером преко *API*-ја. Овај *WAF* заснован на модуларној архитектури, који је најављен за јавну употребу у јануару 2018. године, постао је *libmodsecurity* - *ModSecurity* верзија 3.0 и подржава конекторе за *Nginx* и *Apache*.

НАПОМЕНА:
Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Горан Сладић, ред. проф.

Стара верзија *ModSecurity*-ја је првобитно била дизајнирана и садржана у *Apache* модулу. Ова тренутна верзија апстрахује неке од детаља омогућавајући *ModSecurity*-ју да лакше подржава више платформи и функција изван обима онога што *Apache* интерни елементи тренутно подржавају. Као резултат тога, коришћење новог *libmodsecurity*-ја може се користити за напајање више различитих конектора што ову верзију чини флексибилнијом [7] [8].
На слици 1 приказана је архитектура *Apache HTTP Server*-а са модулима и конектором за *ModSecurity*. *ModSecurity-Apache* конектор повезује *Apache* и *libmodsecurity*. Другим речима обезбеђује комуникациони канал између њих и он је неопходан да би се могао користити *libmodsecurity* са *Apache*-ом. Овај конектор има облик *Apache* модула [9].



Слика 1. *Архитектура Apache HTTP Server-а са модулима и конектором за ModSecurity [10]*

Функционалности које нуди *ModSecurity* отприлике спадају у четири области [11]:

- **Парсирање**

ModSecurity покушава да искористи што више података који су доступни. Подржани формати података су подржани сигурносно-савесним парсерима који издвајају битове података и чувају их за употребу у правилима.

- **Баферовање**

У типичној инсталацији, баферују се и тела захтева и одговора. То значи да *ModSecurity* обично види комплетне захтеве пре него што се проследе апликацији и комплетне одговоре пре него што се пошаљу клијентима. Баферовање је важна карактеристика, јер је једини начин да се обезбеди поуздано блокирање. Недостатак му је што захтева додатни *RAM* за складиштење података тела захтева и одговора.

- **Логовање**

Потпуна евиденција захтева и одговора је велики део онога што *ModSecurity* ради. Ова функција нам омогућава да снимимо комплетан *HTTP* саобраћај. Биће нам доступни заглавља захтева, тела захтева, заглавља одговора и тела одговора.

2.2. Правила

Све у *ModSecurity*-ју се врти око две ствари: конфигурације и правила. Конфигурација говори *ModSecurity*-ју како да обради податке које види, а правила одлучују шта ће се радити са обрађеним подацима. Правила се пишу у формату [12]:

SecRule VARIABLES OPERATOR ACTION

Три дела имају следећа значења:

1. *VARIABLES* - део који говори *ModSecurity*-ју где да гледа. *ARGS* променљива значи да се гледају сви параметри захтева
2. *OPERATOR* део говори *ModSecurity*-ју како да гледа. Нпр. регуларни израз који упоређујемо са *ARGS*
3. *ACTIONS* део говори *ModSecurity*-ју шта да ради уколико дође до поклапања *ARGS*-а и *OPERATOR*-а

ModSecurity је такође потребно конфигурисати спрам потребе апликације. На слици 2 су приказане конфигурационе директиве *ModSecurity*-ја.

Directive	Description
SecDataDir	Sets the folder for persistent storage
SecRequestBodyAccess	Controls request body buffering
SecRequestBodyInMemoryLimit	Sets the size of the per-request memory buffer
SecRequestBodyLimit	Sets the maximum request body size ModSecurity will accept
SecRequestBodyLimitAction	Controls what happens once the request body limit is reached
SecRequestBodyNoFilesLimit	Sets the maximum request body size, excluding uploaded files
SecResponseBodyAccess	Controls response body buffering
SecResponseBodyLimit	Specifies the response body buffering limit
SecResponseBodyLimitAction	Controls what happens once the response body limit is reached
SecResponseBodyMimeType	Specifies a list of response body MIME types to inspect
SecResponseBodyMimeTypesClear	Clears the list of response body MIME types
SecRuleEngine	Controls the operation of the rule engine
SecTmpDir	Sets the folder for temporary files
SecUploadDir	Sets the folder in which intercepted files will be stored
SecUploadFileLimit	Set the maximum number of file uploads processed in a multipart POST
SecUploadKeepFiles	Controls whether the uploaded files will be kept after the transaction is processed

Слика 2. *Конфигурационе директиве ModSecurity*-ја

ModSecurity има главни прекидач - директиву *SecRuleEngine*. Ако ова директива има вредност *On*, тада се правила обрађују, док уколико је *Off* онда не. Такође може имати вредност *DetectionOnly*, у овом режиму правила се обрађују, али се не врше модификације у саобраћају.

3. ВЕРИФИКАЦИЈА MODSECURITY WAF-A

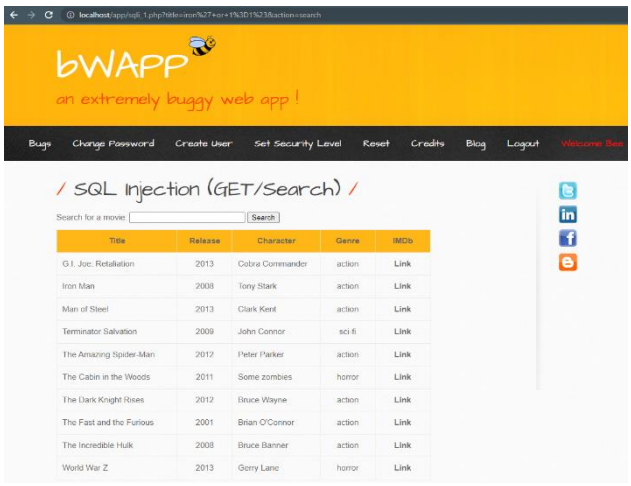
У овом поглављу биће приказано како функционише *ModSecurity* на примеру *bWAPP* (скраћено од *buggy web application*) апликације.

Правила се налазе унутар *.conf* фајлова. Ових фајлова иницијално има око 30. Правила која у префиксу имају реч *REQUEST* користе се за проверу захтева, док правила која проверавају одговор у префиксу имају реч *RESPONSE*.

3.1. Демонстрација правила

Демонстрација правила биће приказана на примеру покушаја *SQL Injection* напада.

Уколико искључимо *ModSecurity* и унесемо у *Search for a movie* поље *SQL Injection* команду - *iron' or 1=1#* у случају тестне апликације која је подложна овим рањивостима добили бисмо резултат те команде (слика 3).



Слика 3. *Резултат извршења SQL Injection команде*

У наведеном примеру видимо да је команда довела до тога да се прикажу сви филмови који постоје у бази што је сигурносни пропуст. Уколико укључимо *ModSecurity* и поново покушамо да извршимо исту команду добићемо *403 Forbidden* грешку што је приказано на слици 4.



Слика 4. *Покушај извршавања SQL injection команде са укљученим ModSecurity-јем*

Правило које се активирало је из фајла *REQUEST-942-APPLICATION-ATTACK-SQLI.conf,* а до испуњења услова за ово правило је дошло јер се аргумент захтева *title* поклопио са оператором *@detectSQLi* који користи *Libinjection*[1] за детекцију *SQLi* напада.

3.2. Перформансе

Перформансе су важан показатељ ефикасности *WAF*-ова, које представљају способност *firewall*-а да рукује мрежним захтевима.

У овом делу биће приказани резултати тестирања перформанси *bWAPP* апликације. Перформансе су мерене употребом *Apache JMeter* алата.

За мерење перформанси узето је у обзир више сценарија као што су покретање апликације без *ModSecurity*-ја, покретања са *ModSecurity*-јем и свим правилима омогућеним, покретање само са правилима везаним за проверавање одговора на захтев, покретање само са правилима везаним за проверавање захтева и покретање са *ModSecurity*-јем, али без укључених правила. Такође размотрено је и како број захтева утиче на перформансе у опсегу од 0 до 1500 захтева. На графику 1 приказани су резултати тестирања.

[1] *Libinjection* је *open-source* C библиотека која детектује *injection* нападе употребом лексичке анализе [13]

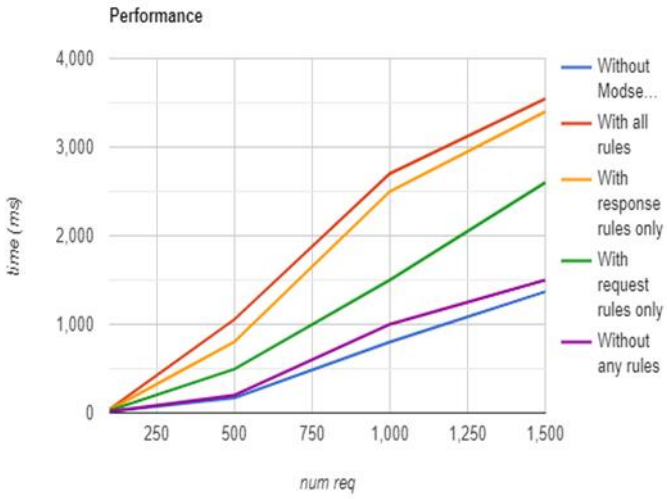


График 1 *Резултат тестирања перформанси апликације bWAPP*

Оно што се може закључити из графика јесте да правила која се користе за проверање захтева не утичу драстично на перформансе, док правила која се тичу проверавања одговора у циљу проналажења *data leakage*-а значајно утичу на перформансе. Из овога се може извући закључак да би требало прегледати правила која *ModSecurity* садржи и размотрити која правила су нам потребна за заштиту наше апликације и избацити она која нам нису потребна и на тај начин убрзати извршавање.

4. ЗАКЉУЧАК

У овом раду ближе је приказан *ModSecurity WAF*, који је формат правила на која се ослања као и од којих конфигурационих директива се састоји. У последњем поглављу је приказана и његова примена на примеру *bWAPP* апликације као и какав утицај има на перформансе.

Међутим, иако можемо добити пуно користи употребом *ModSecurity* -ја, и даље постоји неколико нерешених проблема. Један од њих је велики број *false positives* који се дешавају уколико се не поведе довољно рачуна око конфигурације. Неки даљи правци истраживања би били како смањити број *false positives*, а не нарушити безбедност апликације.

4. ЛИТЕРАТУРА

[1] Victor Clincy, Hossain Shahriar, „Web Application Firewall: Network Security Models and Configuration“, 42nd IEEE International Conference on Computer Software & Applications, 2018

[2] Abdul Razzaq, Ali Hur, Sidra Shahbaz, Muddassar Masood, H Farooq Ahmad, „Critical analysis on web application firewall solutions“, IEEE Eleventh International Symposium on Autonomous Decentralized Systems (ISADS), 2013.

[3] Web application firewall, https://www.cloudflare.com/learning/ddos/glossary/web-application-firewall-waf/

[4] Lakhno, V., A. Blozva, D. Kasatkin, V. Chubaievskyi, Y. Shestak, D. Tyshchenko, R. Brzhanov. "Experimental studies of the features of using waf to protect internal services in the zero trust structure." Journal of Theoretical and Applied Information Technology 100, no. 3 (2022).
[5] Khandelwal, Shashank, Parthiv Shah, Mr Kaushal Bhavsar, and Dr Savita Gandhi. "Frontline techniques to prevent web application vulnerability." Int. J. Advanced Research in Comput. Sci. Electron. Eng 2, no. 2 (2013): 208.
[6] Mac, Hieu, Dung Truong, Lam Nguyen, Hoa Nguyen, Hai Anh Tran, Duc Tran. "Detecting attacks on web applications using autoencoder." In Proceedings of the ninth international symposium on information and communication technology, pp. 416-421., 2018
[7]ModSecurity, https://en.wikipedia.org/wiki/ModSecurity
[8] Modsecurity-apache, SpiderLabs, https://github.com/SpiderLabs/ModSecurity-apache
[9] Orlando, Kyle Richard. "Automating Virtual Patching via Application Security Testing Tools." Master's thesis, NTNU, 2021
[10] ModSecurity-apache, https://tahir.pro/ModSecurity-apache/
[11] Jeichande, Dauto Ussene. "Redundant firewalls for web applications." PhD diss., 2016
[12] Ahmad, Ali, Zahid Anwar, Ali Hur, Hafiz Farooq Ahmad. "Formal reasoning of web application Firewall rules through ontological modeling." In 2012 15th International Multitopic Conference (INMIC), pp. 230-237. IEEE, 2012.
[13] Ashlam, Ahmed Abadulla, Atta Badii, and Frederic Stahl. "A Novel Approach Exploiting Machine Learning to Detect SQLi Attacks." In 2022 5th International Conference on Advanced Systems and Emergent Technologies (IC_ASET), pp. 513-517. IEEE, 2022

Кратка биографија:



Леона Недељковић рођена је 29.08.1997. године у Новом Саду. Основне академске студије завршила је на факултету техничких наука 2020. године. Мастер рад из области Електротехнике и рачунарства - Софтверско инжењерство и информационе технологије одбранила је 2022. године.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 004.9
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE28Turudic

KRATKOROČNA PROGNOZA POTROŠNJE U AKTIVNIM DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA

SHORT-TERM LOAD FORECAST IN ACTIVE DISTRIBUTION NETWORKS

Slađana Turudić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – *Distributivni sistem doživljava, pored potrošača, najveće promjene koje donosi modernizacija elektroenergetskog sistema. Ispravan rad i funkcionisanje moderne elektrodistributivne mreže, zahtijeva precizno predviđanje potrošnje električne energije. Kratkoročna predviđanja pomažu pri procjenama toka energije što uveliko može smanjiti broj preopterećenja, povećati skalabilnost isporuke i redukovati ispade iz mreže.*

Ključne reči: *Prognoza potrošnje električne energije, mašinsko učenje, optimizacija, aktivna distributivna mreža*

Abstract – *In addition to consumers, the distribution system is experiencing the biggest changes brought by the modernization of the electric power system. For electrical distribution network to function properly, it is necessary to predict the electricity consumption as precisely as possible. Short-term predictions in energy flow can greatly reduce the number of overloads, increase delivery scalability and reduce grid outages.*

Keywords: *Electricity consumption forecast, machine learning, optimization, active distribution network*

1. UVOD

Povećana potrošnja električne energije i razvoj novih tehnologija predstavljaju glavne trendove, ali i izazove koji se nalaze pred nama. Sve veći zahtjevi za pouzdanošću i skalabilnošću zahtijevaju velika ulaganja u elektroenergetsku mrežu. Istovremeno, krajnja upotreba ali i sama proizvodnja električne enrgije prolaze kroz velike promjene koje su posljedica sve većeg upliva različitih tehnologija i drugih dostignuća uovoj oblasti. Sve te promjene dovode do transformacije tradicionalnog elektroenergetskog sistema u jedan moderan sistem koji teži ka cilju snabdijevanja pouzdanom električnom energijom iz sve čistijih i jeftinijih izvora. Izuzetno je važno pronaći rješenja koja su prije svega održiva i ekonomski isplativa, a koja doprinose boljem i kvalitetnijem životu na raznim poljima.

U ovom radu, fokus je na modernim distributivnim mrežama kojima je neophoodna softverska podrška za olakšavanje posla operaterima u svakodnevnom radu, a koja uz to povećava prihode i kvalitet isporuke, smanjujući rashode. Za operatere distributivne mreže važno je da predvide kako će se potrošnja električne energije odvijati u budućnosti, jer to direktno utiče na planiranje mreže i poslovanje.

Noviteti kao što su obnovljivi izvori i električni automobili imaju različite vrste uticaja na opterećenje distributivne mreže. Distributivna mreža je prvobitno dizajnirana i izgrađena da zadovolji vršnu potrošnju i pasivno isporučuje energiju kroz radijalnu strukturu. Danas, mnogi korisnici sve više koriste distributivnu mrežu kao način za balansiranje vlastite proizvodnje i potrošnje. Ovakvi kontradiktorni interesi su dramatično promijenili rad distributivne mreže [1].

2. AKTIVNA DISTRIBUTIVNA MREŽA

Distributivna mreža je u većini slučajeva bila radijalna. Prilikom njene izgradnje nije bilo planirano priključenje distribuiranih izvora energije na nju. Tokovi snaga u distributivnim mrežama, bez distribuiranih izvora energije, su jednosmjerni, odnosno teku u jednom smjeru i to od mjesta preuzimanja energije pa do potrošača. Priključenjem nekog distribuiranog izvora energije, distributivna mreža gubi radijalnost, dolazi do promjene smjerova tokova snaga, a distributivni vodovi postaju dvostrano napajani što igra veliku ulogu u samom rukovanju pametnim elektroenergetskim mrežama. Distributivna mreža nije više pasivan, već postaje aktivan elemenat elektroenergetskog sistema.

Distribuirani izvori električne energije predstavljaju jedinice snage 10 MW ili manje, koje imaju mogućnost pružanja usluga elektroenergetskom sistemu (proizvodnja, skladištenje električne energije) i koje se mogu priključiti na gotovo bilo koju tačku sistema. Iako se obično vežu za obnovljive izvore, distribuirane proizvodne jedinice mogu biti i neobnovljive, tj. obuhvataju sljedeće tehnologije: elektrane na biomasu, solarne elektrane, vjetroelektrane, hidroelektrane, mikroturbine na prirodni gas, dizel elektrane i drugo [2]. Takođe, ove jedinice mogu biti povezane na mrežu ili raditi u izolovanom modu u odnosu na mrežu.

Aktivne distributivne mreže nude bolje rješenje za fleksibilno korištenje distribuiranih energetskih resursa. Navedene tehnologije imaju potencijal da smanje uticaj fluktuacije cijene električne energije, povećaju sigurnost napajanja, smanje broj zagušenja, obezbijede veću pouzdanost i smanje emisiju gasova sa efektom staklene bašte kroz finansijski održiv i operativno efikasan sektor distribucije. Tome značajno doprinosi digitalna revolucija

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Aleksandar Selakov, docent.

u ekonomiji. Sve više su prihvaćene digitalne tehnologije, od implementacije hardverskih sredstava kao što su pametna brojila, digitalne podstanice i pametna infrastruktura za punjenje električnih vozila do korištenja softverskih rješenja kao što su vještačka inteligencija, digitalni blizanci i *blockchain* tehnologija kako bi se pomoglo distributivnim kompanijama da smanje gubitke u distribuciji i poboljšalo predviđanje potražnje kako bi omogućio bolje integrisanje obnovljive energije.

Međutim, brojni faktori, kao što je varijabilnost opterećenja, rast potražnje i tržišne cijene električne energije nameću operativne nesigurnosti u planiranju distributivnog sistema. Složeni efekat ovih nesigurnosti može dovesti do nekoliko operativnih i kontrolnih izazova. Tačno i efikasno modeliranje ovih nesigurnosti neophodno je da bi se osigurala optimalna integracija distribuiranih energetskih resursa u distributivni sistem [3, 4].

Ključni elementi, karakteristike i funkcionalni zahtjevi su:

- Aktivna mreža zahtijeva efikasnu i koherentnu vidljivost različitih uređaja povezanih na nju kako bi se omogućilo pravovremeno donošenje odluka i protok informacija.
- Potrebno je osigurati kompatibilnost svih funkcija i uređaja prilikom prelaska sa sadašnjih na buduće aktivne distributivne mreže.
- Centralizovana ručna kontrola treba da bude zamijenjena distribuiranom automatizovanom kontrolom koja će biti koordinisana i integrisana u postojeće metodologije upravljanja kako bi se iskoristila inteligencija koja će unaprijediti mreže budućnosti.
- Sposobnost različitih predviđanja je jedan od ključnih zahtjeva.
- Samoizlječenje.

2.1. Uticaj obnovljivih izvora na distributivnu mrežu

Sve je više razloga koji utiču na povećanje udjela obnovljivih distribuiranih izvora u proizvodnji električne energije, a neki od osnovnih su:

- Zaštita životne sredine, smanjenje emisije štetnih gasova i predupređenje rizika koje nosi nuklearna energetika.
- Poboljšanje energetske sigurnosti, smanjenje zavisnosti od uvoza energije i smanjenje posljedica postepenog nestajanja goriva fosilnog porijekla.
- Kako su snage distribuiranih izvora relativna male, u usporedbi s konvencionalnim generatorima, lakše je pronaći odgovarajuće mjesto za smještaj ovakvih postrojenja.
- Troškovi održavanja distribuiranih izvora su znatno niži od održavanja centralnih proizvodnih objekata.
- Proizvodnje jedinice su smještene u blizini potrošača čime se znatno smanjuju gubici jer se energija prenosi na manjim udaljenostima.

Instalisani kapaciteti obnovljivih izvora energije postaju sve veći tako da oni imaju sve značajaniji uticaj, kako na distributivnu mrežu na koju su priključeni tako i na ostatak elektroenergetskog sistema, u smislu naponskih prilika, tokova snaga, nivoa gubitaka, dejstva na ponašanje uređaja relejne zaštite i dr. Priključenje distributivnih izvora zahtijeva primjenu raznih regulacionih i mjernih uređaja i sistema energetske elektronike, radi održavanja vrijednosti određenih veličina u propisanim intervalima. Moraju se preduzeti dovoljne kontrolne radnje koje su u stanju da zadovolje povećanu potražnju za energijom, da ublaže probleme nesigurnosti i izbjegnu fluktuacije napona u distributivnim sistemima.

2.2. Uticaj električnih vozila na distributivnu mrežu

Imajući u vidu da u sektoru transporta emisija CO_2 bilježi veoma visok, zabrinjavajući i nedozvoljen rast, sve više se, u cilju smanjenja emisija štetnih gasova, u upotrebu uvode električna vozila, kao rješenje koje može da podrži ambiciozne ciljeve dekarbonizovane i održive budućnosti [5].

Predviđena penetracija električnih vozila prijeti da dovede do značajnog povećanja opterećenja u kompletnom elektroenergetskom sistemu, a naročito u distributivnom, kao direktnoj tački kontakta sa novim distribuiranim resursima. Ovo može da rezultira narušavanjem propisanog nivoa kvaliteta, sigurnosti i pouzdanosti sistema jer se radi o potrošačima velikih snaga kojima je cilj napuniti bateriju u što kraćem vremenu i nastaviti s putovanjem. Potrošnja je nepredvidiva u vidu količine energije i vremena trajanja što predstavlja novi izazov sa kojim se bore elektroenergetski sistemi.

Neophodna su različita istraživanja koja uključuju i socijalne i tehničke aspekte da bi mogli znati kako će tačno električni automobili uticati na distributivnu mrežu.

S obzirom da prodaja i korištenje električnih vozila neće biti geografski podjednako raspoređeno, mogu se posebno očekivati lokalni uticaji na distributivnu mrežu. Pored toga, mogu se očekivati problemi u pogledu kapaciteta transformatorskih stanica i niskonaponskih vodova u trenutku kada više od 40% korisnika koji se napaja iz jedne transformatorske stanice nabavi električno vozilo. Uticaj punjenja električnih vozila na distributivne mreže zavise od karakteristika pojedinačne mreže, broja električnih vozila na tom području te snaga i vremena punjenja. Stoga je za svaku distributivnu mrežu potrebno posebno vršiti analize uticaja punjenja na tu mrežu [6].

2.3. Uticaj električnih vozila i *behind-the-meeter* DER-ova na STLF u distribuciji

Opterećenje električnih vozila je ugrađeno u prirodno opterećenje izmjereno u nekom području (npr. trafostanica). Ne možemo to eksplicitno isključiti i modelovati nezavisno, a samim tim ne možemo ni predvidjeti nezavisno.

Značajna količina distribuirane proizvodnje je „nevidljiva“ za operatere distributivnog sistema jer se nalazi iza brojila u prostorijama potrošača i nije direktno pod nadzorom preduzeća. DER-ovi (*Distributed Energy Resources*) dodaju nepoznatu promjenljivu potražnji u sistemu (pozitivnu i negativnu), što uzrokuje dodatnu nesigurnost u određivanju ukupnog opterećenja.

Sa STLF gledišta, možemo razlikovati dva pristupa. Prvi pristup je sličan ideji za električna vozila - DER tehnologije iza brojila ugrađene su u izvorno opterećenje.

One se mogu prognozirati zajedno sa opterećenjem, dok u drugom pristupu DER-ove treba samostalno modelirati i na taj način prognozirati. Granica između ova dva pristupa je nejasna, čest pristup je da se „niska“ penetracija DER-a može modelovati zajedno, dok „visoku“ treba analizirati nezavisno.

3. KRATKOROČNA PROGNOZA POTROŠNJE U DISTRIBUTIVNOJ MREŽI

Implementiran je model za kratkoročnu prognozu potrošnje električne energije koji integriše vještačku neuronsku mrežu i genetski algoritam, pri čemu je vještačka neuronska mreža korišćena za dobijanje preciznog modela, a genetski algoritam za optimizaciju ulaznih parametara i hiper parametara neuronske mreže.

3.1. Optimizacija hiper parametara i ulaznih parametara u neuronsku mrežu

U ovom radu, genetski algoritam je zadužen za optimizaciju hiper parametara neuronske mreže. Optimalne vrijednosti ovih parametara se razlikuju za svaki pojedinačan slučaj implementacije neuronske mreže. Funkcija troška za genetski algoritam je MAPE koja se dobija obukom i predviđanjem ANN sa različitim vrednostima hiper parametara.
Odabrano rješenje je označeno kao ono sa najnižom MAPE. Međutim, rješenje se može izabrati, s obzirom na tačnost ili vrijeme izvršavanja. Izvršenje genetskog algoritma je završeno nakon 50 iteracija, a Tabela 1 prikazuje dobijeno rješenje.

Tabela 1. *Optimizovane vrijednosti hiper parametara neuronske mreže*

Hiper parametar	Optimizovana vrijednost
Broj epoha	95
Broj paketa	1
Broj skrivenih slojeva	2
Broj neurona u skrivenim slojevima	10
Optimizator	Adam
Aktivaciona funkcija	Sigmoid

Optimalan izbor ulaznih parametara u neuronsku mrežu može biti drugačiji u zavisnosti od različitih okolnosti kao što su geografska lokacija, infrastruktura električne mreže, socijalne karakteristike i sl. Takođe, izbor optimalnih parametara može varirati u zavisnosti od perioda godine tako da se ova optimizacija izvršava jednom mjesečno u implementiranom modelu.

3.2. Ulazni podaci

U radu se koriste meteorološki podaci, na satnom nivou, i istorijski podaci potrošnje električne energije, mjereni na svakih 5 minuta, za Njujork i *North* (dio PJM berze - PJM je kompanija koja, između ostalog, vodi energetsko tržište). Korišćeni su podaci u peridu od početka 2018. godine do oktobra 2021. godine.

3.3. Analiza performansi modela

Korišćena mjera za preciznost modela je srednja apsolutna procentualna greška - MAPE. Veoma je intuitivna i pruža jasan uvid u kvalitet performansi modela. Obično se pomoću MAPE rezultat definiše u procentima, a izračunava se pomoću sledeće formule:

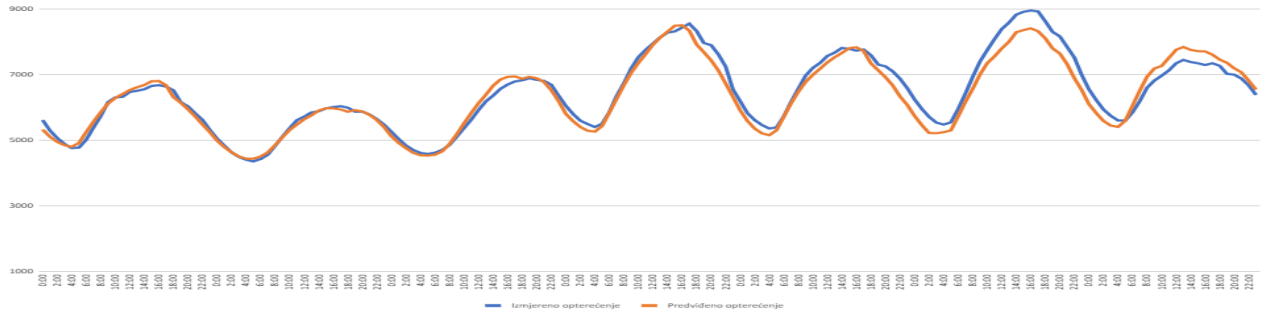
$$M = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{y_i - f_i}{y_i}\right| \times 100 \qquad (1)$$

gdje je gdje je y_i označava izmerenu vrijednost, a f_i označava predviđenu vrijednost.

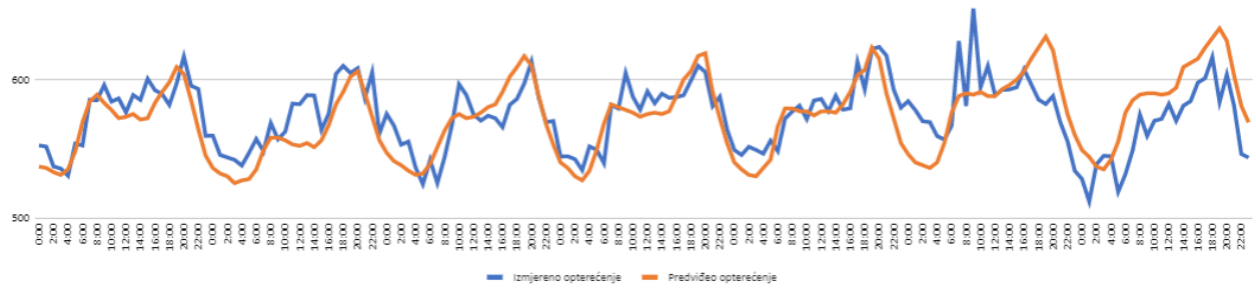
4. REZULTAT PRIMJENJENOG MODELA

Distributivni potrošači su mnogo volatilniji od prenosnih. U najširem smislu volatilnost je mjera slučajne promjene potrošnje električne energije. Što je stepen slučajnosti veći, to je veća volatilnost. Osnovni uzroci volatilnosti su operativni rizici (npr. kvarovi), rizik lošeg predviđanja potrošnje, proizvodni miks (kao rezultat različitih tehnologija koje učestvuju u procesu proizvodnje), vršna potrošnja, upravljanje zagušenjima, uvoz/izvoz, sve veća integracija “nevidljivih” proizvođača i slično. Na bazi analize volatilnosti predviđaju se i pokušavaju minimizirati rizici, modelovati ponašanje potrošaca i predvidjeti potrošnja električne energije u budućnosti. Predviđanje volatilnosti potrošnje električne energije stoga je ključno pitanje za distribuciju, ali i za učesnike na tržištu u cilju ostvarivanja što većeg profita, smanjenja rizika i gubitaka, formiranja odgovarajuće ponude i potražnje, itd.

Implementirani model kratkoročnog predviđanja potrošnje električne energije primjenjujemo i na istorijske meteorološke podatke i podatke opterećenja za grad Njujork. Slika 2 prikazuje krive ostvarene i prognozirane potrošnje. MAPE iznosi 3.12 % za prognozirani period od sedam dana (koji nisu dio ulaznih podataka u model).
Slika 3 prikazuje razliku između ostvarene i predviđene potrošnje električne energije za slučaj *North*-a. MAPE iznosi 2,81% za period koji je razmatran i u prethodnom primjeru.



Slika 1. *Grafički prikaz prognozirane i ostvarene potrošnje za slučaj Njujorka*

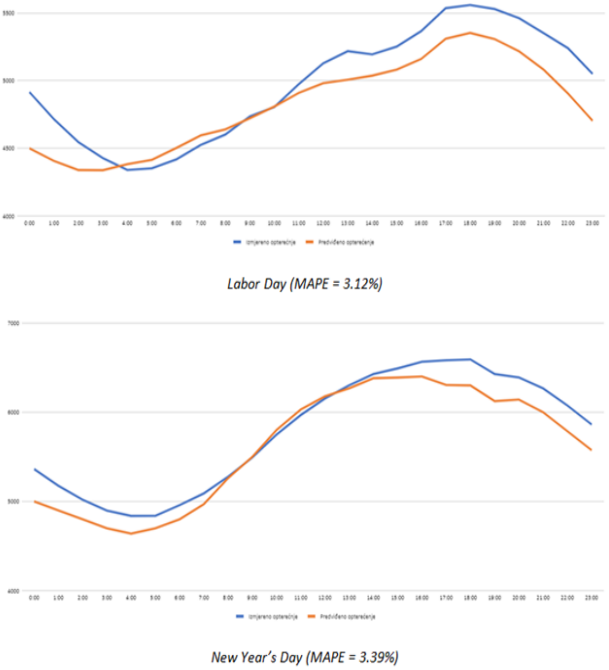


Slika 2. *Grafički prikaz prognozirane i ostvarene potrošnje za slučaj North-a*

U ovom radu razmatrana je i metoda izbora sličnih dana. Cilj filtera sličnih dana je procjena sličnosti i izdvajanje dana koji su dovoljno slični prognoziranim danima. U ovom radu se koristi jednostavan metod selekcije sličnih dana gdje samo dani sa istim danom u sedmici i temperaturnim rasponom (plus/minus 5 °C u odnosu na predviđenu prosječnu temperaturu prognoziranog dana) kao na dan prognoze ulaze u trening podatke modela prognoze. Rezultati pokazuju da ovakav pristup može znatno smanjiti grešku predviđanja.

Odabir sličnih dana za prognozu opterećenja može da bude jedan od pravaca daljeg istraživanja. Potrebno je istražiti uticaj različitih parametara u određivanju sličnih dana, optimalnu udaljenost između prognoziranog dana i sličnih dana, optimalan broj sličnih dana, itd.

Slika 3 prikazuje razliku između ostvarene i predviđene potrošnje u slučaju specijalnih dana. Ovdje možemo uočiti veća odstupanja između predviđenih i ostvarenih vrijednosti u odnosu na obične dane, što je i očekivano. Ovakve dana je neophodno posmatrati odvojeno, loše utiču na tačnost prognoze običnih dana. Takođe, obični dani nisu dobar primjer ulaznih podataka za predviđanje potrošnje za specijalne dane. Zbog toga su specijalni dani tj. naznačeni državni praznici izbačeni iz ulaznog skupa podataka u prethodno razmatranim primjerima.



Slika 3. *Prognoza potrošnje za državne praznike*

5. ZAKLJUČAK

Model kratkoročne prognoze potrošnje električne energije, koji je predstavljen u ovom radu, namjenjen je prognozi u distributivnim sistemima tj. prognozira se potrošnja u više tačaka za najviše sedam dana unaprijed sa rezolucijom od 1h. Prednost ovog modela je primjenjivost u različitim prognozama, uz vrlo male izmjene, jer se pored optimizacije samog algoritma prognoze vrši i optimizacija ulaznih parametara. Analizom podataka, uočeno je da se vremenom mijenja uticaj različitih faktora na zavisnu promjenljivu. Optimalan izbor ulaznih podataka u jednom trenutku ne znači da će taj izbor biti optimalan u različitim okolnostima kao što su npr. socijalni aspekti, godišnja doba, itd.

4. LITERATURA

[1] M. I. Henderson, D. Novosel and M. Crow, "*Electric Power Grid Modernization Trends, Challenges, and Opportunities*", IEEE Power & Energy Society, November 2017

[2] H. Zareipour, K .Bhattacharya and C. A. Canizares, "*Distributed Generation: Current Status and Challenges*" IEEE Proceeding of NAPS 2004, February 2004.

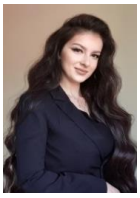
[3] Q. Yang, J. A. Barria and T. C. Green, "*Communication Infrastructures for Distributed Control of Power Distribution Networks*," in IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 7, no. 2, pp. 316-327, May 2011.

[4] W.-S. Tan, M. Y. Hassan, M. S. Majid, H. A. Rahman: "*Optimal distributed renewable generation planning: A review of different approaches*", February 2013.

[5] National Grid ESO: "*Future Energy Scenarios*", 2020

[6] K. Clement-Nyns, E. Haesen and J. Driesen, "*The Impact of Charging Plug-In Hybrid Electric Vehicles on a Residential Distribution Grid*," in IEEE Transactions on Power Systems, vol. 25, no. 1, pp. 371-380, February 2010.

Kratka biografija:



Slađana Turudić rođena je u Doboju 1998. godine. Osnovne akademske studije na Fakultetu tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu upisala je 2017. godine. Diplomirala je 30.09.2021. godine i iste godine upisala master akademske studije.

kontakt: sladjana.turudic@gmail.com

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 004.9
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE29Jakovljevic

KONCEPT VLASNIŠTVA PRI RUKOVANJU MEMORIJOM I NJEGOVA PRIMENA U RUST PROGRAMSKOM JEZIKU

OWNERSHIP APPROACH IN MEMORY MANAGEMENT AND ITS USE IN RUST PROGRAMMING LANGUAGE

Uroš Jakovljević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – *U ovom radu su opisani glavni principi i ideje koncepta vlasništva i kako su oni implementirani u programskom jeziku Rust, radi rešavanja problema sa memorijom. Analizirano je kako garancije koje pruža u pogledu bezbednosti memorije utiču na njegovu upotrebljivost, mogućnosti i performanse. Analiziran je i nebezbedni deo programskog jezika i koje su njegove mogućnosti, kao i kako ih programeri koriste.*

Ključne reči: *Rust, upravljanje memorijom*

Abstract – *This paper describes main principles and ideas of ownership approach in memory management and how they are implemented in Rust programming language, in order to solve memory problems. It has been analyzed how memory guarantees it provides affect its usability and capabilities. The unsafe part of programming language and its possibilities were also analyzed, as well as how programmers use them.*

Keywords: *Rust, memory management*

1. UVOD

Proces kontrolisanja i koordiniranja glavne memorije računara je jedan od glavnih izazova pri dizajnu programskog jezika. Ovaj proces je poznat pod nazivom upravljanje memorijom (*eng. memory management*). Upravljanje memorijom je jedna od stvari koje su najbitnije za pouzdan dizajn programskog jezika. Postoje dva široko rasprostranjena pristupa upravljanju memorijom, a to su ručni i automatski. Automatski je poznat i kao „sakupljač otpada“ (*eng. Garbage Collector*). Poslednjih godina, veliku popularnost je dostigao i treći pristup upravljanju memorijom, a on je zasnovan na principu vlasništva (*eng. ownership*) [1].

U ovom radu će biti opisani glavni principi i ideje koncepta vlasništva i kako su oni implementirani u programskom jeziku Rust, radi rešavanja problema sa memorijom kao što su na primer: curenje memorije (*eng. memory leak*), viseći pokazivači (*eng. dangling pointers*) kao i korišćenje memorije nakon njenog oslobađanja. Biće pomenuti neki najčešći problemi sa memorijom koji se mogu javiti i biće analizirano da li Rust programski jezik rešava ove probleme i ukoliko rešava, na koji način se to postiže. Nakon toga će biti reči o tome kako garancije koje Rust pruža u pogledu bezbednosti memorije utiču na njegovu upotrebljivost i mogućnosti. Govoriće se o nebezbednom delu Rust programskog jezika i šta njegova upotreba donosi kao prednosti kao i koji su rizici pri njegovom korišćenju. Na kraju će biti prikazano poređenje Rust-a sa drugim trenutno aktuelnim programskim jezicima, gde će biti reči o performansama samog jezika, to jest da li memorijske garancije koje on pruža utiču na same performanse tokom izvršavanja programa.

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila doc. dr Dunja Vrbaški.

2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE RUST PROGRAMSKOG JEZIKA I UPRAVLJANJE MEMORIJOM PO PRINCIPU VLASNIŠTVA

Ozbiljni problemi sa memorijom su veoma česti u programskim jezicima sa ručnim upravljanjem memorijom. Sa druge strane, programski jezici sa automatskim upravljanjem memorijom rešavaju većinu ovih problema preko svojih sakupljača otpada, ali imaju značajan *overhead* i uticaj na performanse tokom izvršavanja programa. Koncept vlasništva u upravljanju memorijom je koncipiran tako da deterministički rešava probleme koji mogu nastati sa memorijom, bez toga da dolazi do uticaja na performanse tokom izvršavanja programa.

2.1. Koncept vlasništva u programskom jeziku Rust

Rust je programski jezik koji za upravljanje memorijom koristi koncept vlasništva. Kompajler u Rust programskom jeziku (*rustc*) eliminiše većinu problema sa memorijom bez korišćenja sakupljača otpada. Ovaj kompajler ima striktna pravila i provere u vezi sa upravljanjem memorijom po principu vlasništva [1].

Rust kompajler sprovodi, odnosno osigurava, sledeća pravila vlasništva [2]:

1. Svaka vrednost mora da poseduje svog vlasnika (*eng. owner*).
2. U datom trenutku može postojati samo jedan vlasnik.
3. Vrednost se odbacuje onda kada njen vlasnik izađe iz opsega (*eng. scope*).

Rust koristi statičke opsege (*eng. static scoping*) koji definišu opseg u programskom kodu u kojem su entiteti, kao što su to promenljive, validni. Promenljiva je validna od momenta u kome je deklarisana, pa do kraja opsega u kome je deklarisana.

Odnos opsega i validnosti promenljivih sličan je u Rust-u kao i u drugim programskim jezicima.

U svrhu demonstracije pravila vlasništva u Rust-u i načina na koji Rust zauzima i oslobađa memoriju, biće korišćen složeni tip *String*. Razlog za ovo je taj što je *String* tip, čija se tačna veličina ne zna u trenutku kompajliranja, se skladišti u hip memoriji (*eng. heap memory*). Za razliku od njega, prosti tipovi, fiksne veličine, koji se skladište na steku (*eng. stack*) mogu brzo i trivijalno da se kopiraju u nezavisne instance i uklanjaju sa steka kad izađu iz opsega [2].

Zahtevanje memorije se obavlja onda kada programer to uradi, dok se oslobađanje memorije obavlja automatski, onda kada promenljiva u čijem je vlasništvu ta memorija, izađe iz opsega. Kada promenljiva izađe iz opsega, Rust poziva specijalnu funkciju pod nazivom *drop* u koju autor složenog tipa, kao što je *String*, smešta kod koji je potreban da se oslobodi memorija za datu *String* promenljivu. Ova funkcija se poziva automatski na kraju opsega.

Postoje tri načina pomoću kojih promenljive i podaci vrše međusobnu interakciju [2]:

1. prenos vlasništva,
2. kloniranje,
3. kopiranje – samo za promenljive na steku.

Kada imamo dve promenljive fiksne veličine koje se skladište na steku i kada jednoj dodelimo vrednost druge, ta vrednost se kopira i svaka je nezavisno smeštena na stek. Sa druge strane, ako nešto slično uradimo sa promenljivom složenog tipa koja je smeštena u hip memoriji efekat je drugačiji. Promenljiva *String* tipa se sastoji iz tri dela: pokazivač na deo memorije u hip-u u kojem se nalazi sadržaj *String*-a, dužinu *String*-a i kapacitet. Ta tri podatka su fiksne veličine i oni se čuvaju na steku. Sam sadržaj *String*-a koji može biti promenljive veličine se nalazi na hip-u [2].

Kada dodelimo vrednost jedne promenljive drugoj kopiraju se podaci koji se nalaze na steku, odnosno pokazivač, dužina i kapacitet *String*-a. Podaci, odnosno sam sadržaj *String*-a koji se nalazi u hip memoriji se ne kopiraju. Nakon dodeljivanja vrednosti, menja se vlasnik te memorije i promenljiva iz koje se dodeljuje vrednost prestaje da bude validna, dok promenljiva kojoj se dodeljuje vrednost postaje validna i može se koristiti sve dok ne izađe iz opsega. Ovakav vid dodele vrednosti se naziva prenosom vlasništva.

Ukoliko postoji potreba da se uradi potpuno kopiranje promenljive složenog tipa to je moguće uraditi pomoću metode *clone* [2].

Mehanizam prosleđivanja vrednosti funkcijama je sličan kao i mehanizam dodele vrednosti promenljivama. Prosleđivanje promenljive funkciji će dovesti ili do prenosa vlasništva ili do kopiranja, kao što je to slučaj i sa dodelom. Što se tiče povratnih vrednosti funkcija, preko njih takođe može da dođe do prenosa vlasništva. Kada se prosleđuje neka promenljiva funkciji, prosleđuje se i njeno vlasništvo i samim tim gubi se mogućnost korišćenja te promenljive u funkciji iz koje je prosleđena. Ovo može da se reši pomoću povratne vrednosti funkcije, odnosno vraćanjem vlasništva nazad u pozivajuću funkciju. Međutim, to može biti poprilično nepraktično, pogotovo ukoliko postoji veći broj promenljivih i funkcija kojima se one prosleđuju. Da bi se ovaj problem rešio, odnosno da bi funkcijama mogle da se proslede vrednosti promenljivih, ali bez prosleđivanja vlasništva, u Rust programskom jeziku postoje reference (*eng. references*) i koncept pozajmljivanja (*eng. borrowing*) [2].

2.2. Reference i pozajmljivanje

Reference se označavaju pomoću posebnog karaktera ampersenda (&). Ono što je odlika reference jeste to da pomoću nje prosleđujemo vrednost, ali ne i vlasništvo nad promenljivom. To znači da kada referenca izađe iz opsega, ne oslobađa se memorija na koju ona pokazuje pozivom funkcije *drop*, već ostaje na onoj promenljivoj koja je vlasnik. Ovakvo prosleđivanje vrednosti se naziva pozajmljivanje jer vlasništvo ostaje isto, dok onaj koji pozajmljuje vrednost i dalje može tu vrednost da koristi. Ono što je karakteristika ovakvih referenci je to da one mogu samo da čitaju vrednost na koju pokazuju, ali ne i da je menjaju (*eng. immutable references*). Ovakvih referenci može biti veći broj u okviru istog dela koda, odnosno istog opsega [2].

Pored ovoga, referenci se može dozvoliti i da menja vrednost na koju pokazuje (*eng. mutable reference*). Ovakve reference se u kodu dobijaju pomoću ključne reči *mut*. One imaju veoma bitno ograničenje, a to je da ako postoji referenca koja može da menja vrednost na koju pokazuje, u istom opsegu ne sme da postoji još neka referenca na tu vrednost. To se odnosi i na reference koje samo čitaju vrednost, ukoliko postoji referenca koja je menja [2].

3. BEZBEDNOST MEMORIJE

The Microsoft Security Response Center procenjuje da 70% bagova koji imaju oznaku uobičajenih ranjivosti i izloženosti (eng. *CVE - common vulnerabilities and exposure*) su izazvani nedostacima u memoriji, odnosno upravljanju memorijom [3]. Ovo znači da samim osiguravanjem načina na koji se rukuje memorijom dosta uobičajenih ranjivosti se može izbeći. U ovom poglavlju će biti reči o nekim najčešćim ranjivostima vezanim za upravljanje memorijom i kako su one izbegnute u Rust programskom jeziku.

3.1. Najčešće ranjivosti vezane za upravljanje memorijom

Neke od ranjivosti koje se najčešće sreću, a proizilaze iz lošeg upravljanja memorijom, su [3]:

- Korišćenje memorije nakon njenog oslobađanja (*eng. use after free*).
- Dvostruko oslobađanje memorije (*eng. double free*).
- Dereferenciranje pokazivača koji ne pokazuje na validnu adresu (*eng. dereferencing a null pointer*).
- Curenje bafera (*eng. buffer overflow*) i čitanje van bafera (*eng. buffer overread*).
- Trke do podataka (*eng. data races*).

U Rust programskom jeziku, zbog same semantike vlasništva i pravila vlasništva koja su objašnjena u prethodnom poglavlju, problem korišćenja nakon oslobađanja se eliminiše već tokom kompajliranja

programa, odnosno sam kompajler će prijaviti grešku ukoliko se tako nešto pokuša. Kada se vrednost oslobodi, oslobađa se i vlasništvo i samim tim svaki pokušaj korišćenja te vrednosti ponovo nije validan.

Dvostruko oslobađanje memorije se takođe sprečava zbog same semantike vlasništva i činjenice da neka memorija može imati samo jednog vlasnika u datom trenutku, što osigurava da ne dođe dva puta do oslobađanja iste memorije. Memorija se oslobodi samo jednom i to onda kada vlasnik izađe iz opsega i ne koristi se više.

Dereferenciranje pokazivača koji ne pokazuje na validnu adresu se javlja pri pokušaju dereferenciranja *null* pokazivača koji najčešće pokazuje na adresu 0. Rust ovaj problem rešava tako što uopšte nema *null* vrednosti, već koristi *Option* tip za definisanje potencijalno neinicijalizovane vrednosti. Svaki *Option* je ili *Some* i sadrži neku vrednost, ili *None* i ne sadrži vrednost [4].

Curenje bafera je jedna od najpoznatijih ranjivosti vezanih za upravljanje memorijom. Na primer, programski jezik C i njegova standardna biblioteka imaju dosta ranjivosti koje su to omogućile. Sprečavanje curenja bafera se jednostavno radi proveravanjem granica samog bafera (*eng. bound checking*) tokom izvršavanja programa. Rust ovo radi automatski. Ista stvar važi i za čitanje izvan bafera.

Trke do podataka nastaju kada postoji više strana sa kojih se isti podaci pišu i čitaju. Rust programski jezik koristi princip vlasništva i pravila pozajmljivanja koji za posledicu imaju sprečavanje trka do podataka.

To se moglo videti iz prethodnog poglavlja, gde po tim pravilima, istovremeno može postojati više strana ili niti koje samo čitaju podatke, ili samo jedna strana koja može da piše podatke. To proizilazi iz pravila opisanih u poglavlju 2.2 gde na podatak može postojati samo jedna referenca koja piše u taj podatak. Ukoliko postoji takva referenca, drugih referenci na iste podatke ne može biti. Veći broj referenci je dozvoljen ukoliko one samo vrše čitanje podataka.

4. NEBEZBEDNI DEO RUST PROGRAMSKOG JEZIKA

Svi koncepti o kojima je do sada pisano u ovom radu zasnivaju se na pravilima i principima kojima sam Rust kompajler za vreme kompajliranja osigurava bezbednost memorije. Međutim, Rust programski jezik se može koristiti i na način na koji se ne primenjuju sva ova pravila. Ovakav Rust se naziva *unsafe Rust*, odnosno nebezbedni Rust. Nebezbedni Rust funkcioniše kao i klasičan Rust, s tim da ima dodatne mogućnosti koje su u određenim situacijama neophodne i same po sebi ne mogu da garantuju bezbednost memorije.

4.1. Funkcionalnosti nebezbednog Rust-a

Da bi se koristile funkcionalnosti nebezbednog Rust-a upotrebljava se ključna reč *unsafe* nakon koje se započinje novi blok koji sadrži nebezbedan kod. Velika prednost korišćenja ovakvog pristupa je i to što se samo unutar označenog bloka mogu koristiti funkcionalnosti nebezbednog Rust-a.

Postoji pet funkcionalnosti koje su dostupne u nebezbednom Rust-u, a nisu u običnom i to su [5]:

- Dereferenciranje „ogoljenog“ pokazivača (*eng. dereferencing a raw pointer*).
- Pozivanje nebezbedne funkcije ili metode.
- Pristup ili modifikovanje izmenljive statičke promenljive (*eng. mutable static variable*).
- Implementacija nebezbedne osobine (*eng. unsafe trait*).
- Pristupanje poljima unije (*eng. unions*).

4.1. Upotreba nebezbednog Rust-a

U ovom odeljku će biti reči o tome kako se Rust programski jezik koristi među programerima, odnosno koliki procenat projekata kao i samog koda sadrži *unsafe* blokove i šta se najčešće radi u tim blokovima. Ovo za cilj ima to da se vidi da li garancije koje pruža Rust kompajler ograničavaju programere u smislu da bez korišćenja nebezbednih delova ne mogu da obave zadatke koji su im potrebni.

U studiji iz 2020. godine, analizirano je 31867 paketa, koji se sastoje od sanduka, sa zvaničnog, centralnog Rust repozitorijuma, *crates.io* [6,7].

Na slici 1. može se videti koji procenat prethodno pomenutih sanduka eksplicitno sadrži nebezbedan kod kao i to kakvu vrstu nebezbednog koda sadrži.

Unsafe Feature	#crates	%
None	24,360	76.4
Some	7,507	23.6
Blocks	6,414	20.1
Function Declarations	4,287	13.5
Trait Implementations	1,591	5.0
Trait Declarations	280	0.9

Slika 1. *Prikaz procenta i broja Rust sanduka koji sadrže nebezbedan kod* [6]

Što se tiče veličine nebezbednog koda, za kvantifikovanje veličine koda u nebezbednim blokovima se koristila CFG reprezentacija, odnosno broj MIR instrukcija koje se generišu na osnovu napisanog koda. Veličina većine analiziranih nebezbednih blokova je poprilično mala i 75% njih su imali najviše 21 MIR instrukciju, što se skoro poklapa sa srednjom vrednošću broja MIR instrukcija za sve nebezbedne blokove – 22.0 [6].

Ono što se pokazalo u praksi je da su pozivi nebezbednih funkcija daleko najčešći razlog za korišćenje nebezbednog koda (89.76%), a nakon njih sledi dereferenciranje *raw* pokazivača (10.3%) i korišćenje statičke promenljive koja ima pravo da menja podatke koje sadrži (5.76%). U 99.4% svih slučajeva korišćenja nebezbednog koda, razlozi za njegovo korišćenje su jedna od ove 3 stvari ili njihove kombinacije [6].

5. POREĐENJE RUST PROGRAMSKOG JEZIKA SA DRUGIM PROGRAMSKIM JEZICIMA

Rust programski jezik je osmišljen sa idejom da pruži kontrolu i performanse jezika sa ručnim upravljanjem memorijom, ali da pored toga, pruži sigurnost i eliminiše greške koje dovode do nepravilnog rukovanja memorijom i ugrožavanja bezbednosti memorije. Ovo se postiže bez sakupljača otpada koji bi uticao na zauzeće resursa prilikom izvršavanja programa i samim tim postaje upotrebljiv tamo gde jezici sa automatskim rukovanjem memorijom nisu.

5.1. Poređenje performansi Rust programskog jezika sa drugim jezicima

Rađena je analiza vremena koje je potrebno da se alocira i dealocira promenljiva na hip memoriji: Rust, C, C++ i Java programskim jezicima. Da bi se utvrdilo vreme potrebno za veliki broj alokacija i dealokacija binarno stablo je korišćeno kao struktura podataka nad kojom se radi. Alokacija je merena pri dodavanju čvorova u binarno stablo, dok je dealokacija merena pri operaciji pronalaženja i zamene proizvoljnog čvora u stablu. Rezultati analize brzine alokacije memorije se mogu videti u tabeli 1, dok se brzine dealokacije vide u tabeli 2. Redovi koji ne sadrže broj, označavaju da izvršavanje nije moglo da se obavi do kraja zbog grešaka pri rukovanju memorijom [1].

Tabela 1. *Prosečno vreme izvršavanja programa za alokaciju memorije* [1]

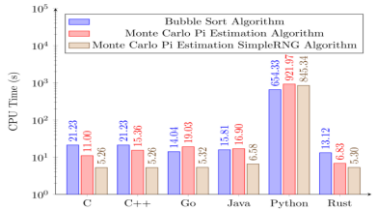
Programski jezik	10 miliona (s)	50 miliona (m)	100 miliona (m)
Rust	25.13	2.73	6.36
Java	8.59	1.36	/
C	19.93	16.84	/
C++	20.54	67.83	/

Tabela 2. *Prosečno vreme izvršavanja programa za dealokaciju memorije* [1]

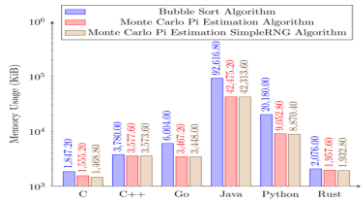
Programski jezik	10 miliona (s)	50 miliona (m)	100 miliona (m)
Rust	48.92	5.39	12.11
Java	14.79	3.17	/
C	36.97	50.12	/
C++	45.14	/	/

Iz ovih rezultata se može videti da koncepti vlasništva i pozajmljivanja koje koristi Rust programski jezik pri rukovanju memorijom pružaju stabilnost programima pisanim u ovom jeziku, odnosno dovode do mnogo manje grešaka sa memorijom tokom samog izvršavanja programa. Što se tiče samih performansi pri zauzimanju i oslobađanju memorije, za manji broj alokacija i dealokacija, Rust je lošiji od C programskog jezika, ali to nije drastična razlika, dok pri većem broju alokacija i dealokacija, Rust ima i bolje performanse i stabilnost u izvršavanju, odnosno, nije dolazilo do prekida rada programa zbog grešaka sa memorijom

Na slici 2 se može videti vreme potrebno za izvršavanje nekih popularnih algoritama u programima pisanim na različitim programskim jezicima, dok se na slici 3 vidi zauzeće memorije tih istih programa tokom izvršavanja. Algoritmi koji su analizirani su *bubble sort* algoritam za sortiranje i Monte Karlo algoritam za procenu vrednosti π [3]. Što se tiče same brzine izvršavanja programa, Rust, C i C++ su približno jednaki, s tim da Rust ima bolje performanse pri izvršavanju algoritma za sortiranje u odnosu na sve, a malo lošije performanse za Monte Karlo estimaciju u odnosu na C koji je bio najbrži. Što se tiče zauzeća memorije, Rust i C imaju ubedljivo najmanje zauzeće memorije od svih programskih jezika za ove algoritme, s tim da C ima blagu prednost u odnosu na Rust.



Slika 2. *Prosečno vreme izvršavanja algoritama* [3]



Slika 3. *Prosečno zauzeće memorije* [3]

6. ZAKLJUČAK

Može se videti da Rust donosi promene u dizajnu programskog jezika koje nisu tu samo da bi se reklo da je nešto drugačije, već one rešavaju stvarne probleme koji postoje u drugim programskim jezicima. Većina korisnika pri izboru programskog jezika pravi kompromis između toga da li da koristi brz programski jezik sa mogućnošću rada na nižem nivou i upravljanjem memorijom, ili programski jezik koji nema takve performanse i mogućnosti, ali pruža sigurnost u vidu bezbednosti memorije. Iz analiza urađenih u ovom radu se može zaključiti da Rust uspeva u tome da omogući slobodu korisniku pri rukovanju memorijom, uz pružanje veoma dobrih garancija da se to rukovanje neće obavljati na neispravan način i što je najbitnije, neće nepovoljno uticati na performanse izvršavanja samih programa.

7. LITERATURA

[1] E. Alhazmi, A. Aljubairy, F. Alhazmi, „Memory Management via Ownership Concept Rust and Swift: Experimental Study“, *IJCA*, vol. 183(22), pp. 1-10, April 2022.

[2] Rust documentation, Ownership, https://doc.rust-lang.org/book/ch04-01-what-is-ownership.html (pristupljeno 10.09.2022.)

[3] W. Bugden, A. Alahmar, „Rust: The Programming Language for Safety and Performance“, *IGSCONG'22*, Turska, Jun 2022.

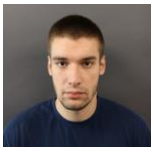
[4] Rust documentation, Option type, https://doc.rust-lang.org/std/option/ (pristupljeno 10.09.2022.)

[5] Rust documentation, Unsafe Rust, https://doc.rust-lang.org/book/ch19-01-unsafe-rust.html (pristupljeno 10.09.2022.)

[6] V. Astrauskas, C. Matheja, F. Poli, P. Müller, A. Summers, „How do programmers use unsafe rust?“, *PACMPL*, vol. 4, pp. 1-27, Jun 2020.

[7] The Rust community's crate registry, https://crates.io/ (pristupljeno 10.09.2022.)

Kratka biografija:



Uroš Jakovljević rođen je u Subotici 1997. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarstvo i automatika odbranio je 2022. god.
kontakt: uros.jakovljevic97@gmail.com

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 004.42:004.738.12
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE30Prastalo

КОМПАРАТИВНА АНАЛИЗА IOS И FLUTTER РАДНИХ ОКВИРА

COMPARATIVE ANALYSIS OF IOS AND FLUTTER FRAMEWORKS

Миле Праштало, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКО И РАЧУНАРСКО ИНЖЕЊЕРСТВО

Кратак садржај – *Циљ овог рада јесте компаративна анализа изворног iOS и Flutter радних оквира. Описано је тренутно стање у области развоја мобилних апликација. Након тога су специфицирани захтеви које апликација треба да испуни. Објашњене су сличности и разлике ова два приступа развоју мобилних апликација. Након описа имплементације апликације коришћењем ова два радна оквира, апликација је демонстрирана описом корисничких сценарија и сликама корисничког интерфејса. На крају, упоређене су нефункционалне особине апликација и апликације су упоређене са комерцијалним решењима.*

Кључне речи: *мобилне апликације, iOS, Flutter*

Abstract – *The goal of this paper is comparative analysis of native iOS and Flutter frameworks. The paper describes current state in the field of mobile application development. After that, the specification of requirements that application has to fulfill is given. The similarities and differences between those two approaches to mobile application development are explained. After describing the implementation of the application using these two frameworks, application is demonstrated by describing user scenarios and user interface images. Finally, the non-functional properties of the applications were compared and applications were compared with commercial solutions*

Keywords: *mobile apps, iOS, Flutter*

1. УВОД

У овом раду је описан процес креирања апликације за складиштење података за iOS оперативни систем користећи два различита приступа.

Први приступ је традиционалан. Он укључује креирање апликације користећи подразумевани начин развоја iOS апликације (енг. *native development*), програмски језик Свифт и радне оквире које је развила компанија Епл (енг. *Apple*). Други приступ је креирање апликације која, уз одређену конфигурацију, може да се извршава на више платформи. У овом случају је коришћен радни оквир Флатер (енг. *Flutter*) и програмски језик Дарт (енг. *Dart*).

НАПОМЕНА:
Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Стеван Гостојић, ванр. проф.

Флатер је од верзије 2 добио много пажње и постао је водећи међуплатформски радни оквир када су у питању мобилне апликације. Остали радни оквири као што су *React Native*, *Cordova*, *Ionic* и *Xamarin* се користе мање него раније [1].

2. iOS и Flutter

Појавом паметних телефона са Андроид и iOS оперативним системом појавила су се и окружења за развој апликација за те телефоне. Апликације за Андроид телефоне су на почетку писане искључиво у Јава програмском језику, док су апликације за iOS уређаје, као и апликације за Мек рачунаре пре њих, писане у Објектном Ц језику.

2.1 Разлике између подразумеваног развоја iOS и Флатера

iOS користи Свифт, док Флатер користи Дарт програмски језик. Разлика између ова два програмска језика је по синтакси значајно већа него разлика између Свифта и Котлина.

По синтакси Дарт подсећа на програмски језик Јава са додатим *type inference* и *null safety*.

Неке од разлика између ових програмских језика су:

- Свифт не користи тачку-зарез,
- у Свифту се у контроли тока (*if*, *switch*, *for*) не користе заграде,
- другачији начин руковања опционим вредностима и
- Дарт наводи тип податка пре назива промењљиве (као у програмском језику Јава), док Свифт то чини након назива промењљиве (као у Тајпскрипту и Котлину).

Иако Дарт и Свифт имају разлика, имају и доста сличности. Неке од сличности су:

- оба програмска језика су отвореног кода,
- оба програмска језика имају *sound null safety* (заштиту од коришћења неиницијализованих вредности),
- оба језика имају *type inference* (није потребно писати тип промењљиве, компајлер је способан да то закључи из израза декларације вредности) и
- оба језика подржавају асинхроно програмирање

Управљање зависностима

Како приликом настанка iOS-а и окружења за развој апликација за iOS није постојао званични начин за управљање зависностима, дошло је до креирања независних решења за управљање зависностима. Најпопуларнија решења за управљање зависностима су

- Картиџ (*Carthage*),
- Коко подс (*Cocoa Pods*) и
- Свифт менаџер пакета *(Swift Package Manager – SPM).*

Картиџ и Коко подс су старији начини за управљање зависностима, док је SPM представљен 2019. и развија га Епл. Приликом израде пројекта је коришћен SPM.

Зависности се у Флатеру наводе у датотеци *podspec.yml.* У овом фајлу се осим зависности наводе и верзија Дарт језика као и датотеке које се користе као ресурси.

Конкретно добављање зависности Флатер ће урадити у зависности од платформе. За iOS апликације ће се користити Коко подс.

3. СПЕЦИФИКАЦИЈА

У овом раду је имплементирана апликација за iOS телефоне. Минимална верзија оперативног система је iOS 15. У тренутку писања овог рада, iOS 15 чини скоро 90% iOS уређаја [2]. Како iOS 15 доноси унапређења у раду са *SwiftUI* библиотеком, одлучено је да се не подржавају раније верзије.

За организацију пројеката је коришћена трослојна архитектура. У апликативном слоју се налазе класе везане за животни век и конфигурацију апликације. У презентационом слоју се налазе класе које садрже кориснички интерфејс и његове поделементе. Трећи слој је слој пословне логике. У њему се налази сва комуникација са екстерним сервисима.

4. ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА

Имплементација Свифт апликације

За почетну тачку у апликацији, као и за животни циклус апликације се користи *UIApplicationDelegate*. *UIApplicationDelegate* је најстарији механизам за управљање животним циклусом апликације. Модернији механизми укључују *SceneDelegate* и *SwiftUI* (Свифт кориснички интерфејс) животни циклус. *SceneDelegate* ће имати предност у односу на *UIApplicationDelegate* када се буду појавили уређаји са више екрана као на пример уређаји на преклоп јер омогућава рад са више прозора.

SwiftUI животни циклус није коришћен због неадекватног понашања *NavigationView* компоненте када се више *NavigationView* елемената налази угњеждено један у другом, где није могуће сакрити горњи *NavigationView.*

Приликом учитавања апликације креира се *FirstScreen* (први екран). Овај екран не поседује елементе корисничког интерфејса. Његова сврха је да, на основу тога да ли је корисник пријављен на систем, корисника одведе на одговарајући екран.

StartScreenView је екран који се отвара кориснику који није пријављен на систем. Сврха почетног екрана је објашњена горе.

Пословна логика

Испод су описане неке од најважнијих класа које чине слој пословне логике.

AccountService - Ова класа је задужена за управљање налогом. Класа комуницира са *Firebase* базом података и *Firebase* системом за аутентификацију.

FileService – Класа се користи за рад са датотекама. Користи *Firebase Storage* сервис за складиштење података и *databaseService* за комуникацију са *Firebase* базом података. Такође постоји и референца на објекат *UIDocumentInteractionController* који се користи приликом отварања датотека.

ShareService – Класа се користи за дељење датотека. Садржи референцу на *databaseService*.

DatabaseService – Класа се користи за комуникацију између сервиса апликације и *Firebase* базе података. Класа је, као и остали сервиси, синглтон и њој се приступа преко промењиве *shared*.

За сортирање се користе методе *sort* и помоћна метода *sortList*. Како и класа *File* и класа *Folder* имплементирају протокол *Sortable* могуће је филтрирати и листу датотека и листу фолдера на основу унетог имена и времена када је датотека или фолдер додат.

Имплементација Флатер апликације

Организација Флатер пројекта је скоро идентична организацији подразумеваног iOS пројекта. Називи класа и датотека се разликују. У Свифт пројекту се елементи корисничког интерфејса зову 'вју' (енг. View), док се у Флатеру користи термин 'виџет' (енг. Widget).

Покретање Флатер апликације

Прва метода која се покреће у Флатер апликацији је *main* метода.

Метода *main* ће креирати инстанцу апликације. Инстанца апликације је такође виџет чија је имплементација приказана испод. Њена сврха је да се побрине да су *Firebase* сервиси успешно иницијализовани. Док се чека на иницијализацију сервиса, кориснику се приказује екран за учитавање. У случају да је дошло до грешке приликом учитавања сервиса, кориснику се приказује екран са грешком. Након што су сервиси успешно иницијализовани, учитава се *MyHomePage* чија је једина сврха да учита *FirstScreenWidget*.

Поређење перформанси

Да би се апликација покренула на уређају, потребно је да се код компајлира, да се направи архива апликације и да се та архива инсталира на уређај.

У табели 1 приказано је време које је потребно да се апликација покрене на уређају. У овом случају је коришћен рачунар Macbook Pro 15 са процесором од 6

језгара. Као уређај је коришћен iPhone 13 Simulator. Такође је битно напоменути да су у оба случаја апликације покретане у *debug* моду. За покретање подразумеване iOS апликације је коришћен Xcode, док је за покретање Флатер апликације коришћен Android Studio.

	iOS	**Флатер**
Време	7 минута и 38 секунди	14 минута и 30 секунди

Табела 1 - Време изградње апликације (енг. *build time*)

Из резултата из табеле 1 се може видети да је покретање iOS апликације која је креирана у Свифт програмском језику значајно брже. Време значајно опада приликом наредних покретања апликације јер није потребно да се изворни код поново компајлира, али и даље iOS апликација која је написана у Свифту је значајно бржа. Неки од разлога зашто је време компајлирања и покретања значајно спорије у Флатеру приликом другог пута су величина архиве која се пребацује и инсталира на уређај и функционалност *hot reload* која омогућава измене корисничког интерфејса без поновног покретања апликације.

Са корисничке перспективе, време које је потребно да се апликација покрене након што је инсталирана код корисника (енг. *startup time*) је битна метрика јер утиче на доживљај апликације код крајњих корисника. Време које је потребно да се апликација покрене се састоји од две компоненте. Прва компонента је добављање динамичних библиотека. Друга компонента је покретање саме апликације и пословна логика која се покреће пре него што се покаже први екран. За мерење времена је коришћен алат Instruments [3]. Телефон на коме су апликације покретане је iPhone SE из 2020. године. Апликације су у овом случају креиране у режиму за објављивање.

Покретање iOS апликације износи 240 милисекунди, док покретање Флатер апликације износи 357 милисекунди.

Величина архиве која се користи за инсталирање апликације је такође битна карактеристика и повезана је са претходне две метрике. Ако је величина архиве већа, биће потребно више времена да се она креира. Величина архиве може да утиче на брзину покретања апликације, јер ће се мања датотека брже учитати у меморију, али то не мора да буде правило. У секцији о управљању зависностима је објашњено да статичне зависности утичу да величина архиве буде већа, али се за узврат апликација брже учитава. У овом случају и iOS и Флатер апликација користе динамичне зависности.

Величина архиве iOS апликације износи 21.1 MB, док величина архиве Флатер апликације износи 45.5 MB.

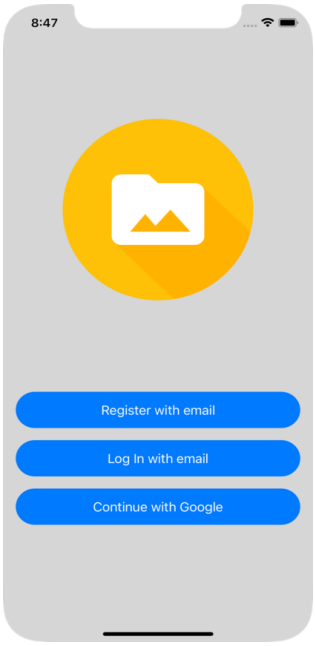
Величина архиве је такође битна да се уштеди интернет саобраћај корисника који преузима апликацију и да се апликација брже преузме на уређај.

5. ДЕМОНСТРАЦИЈА

Почетни екран

На почетном екрану корисник има опцију да креира нови налог, да се пријави користећи постојећи налог са мејлом и лозинком или да се пријави преко Google налога. За аутентификацију корисника је коришћена *Firebase Auth* библиотека. *Firebase Auth* омогућава регистрацију и пријављивање користећи мејл и лозинку, Гугл, Фејсбук, Епл сервисе и друге сервисе. У овој имплементацији су присутни регистрација и пријава са мејл адресом и пријава користећи Google налог.

Изглед почетног екрана је приказан на слици 1.



Слика 1 - Почетни екран

Главни екран апликације

Главни екран се састоји од таб бара који се састоји од три екрана: екрана за преглед и рад са датотекама, екрана на ком се налазе датотеке које су подељене са корисником и екрана за подешавања.

Креирање налога користећи мејл адресу

Корисник може да изабере да креира нови налог користећи своју мејл адресу. Осим мејл адресе потребно је да унесе своје име, лозинку и поновљену лозинку. Корисник такође може да притисне дугме које ће га одвести на страницу за пријављивање.

Пријављивање на систем

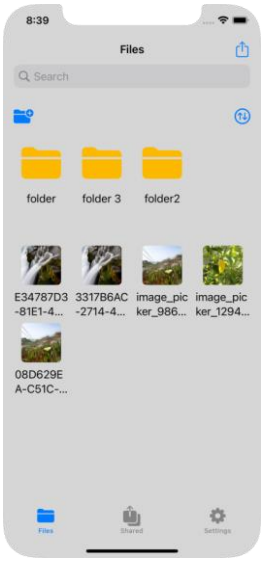
За пријављивање на систем корисник треба да унесе своју емајл адресу и лозинку. У случају неуспешне пријаве кориснику се приказује порука о грешци. У случају успешне пријаве корисник се води на главни екран апликације.

Екран за рад са датотекама

Ово је најважнији екран у апликацији јер се на њему налази већина функционалности. Корисник може да изабере да дода датотеку. Притиском на дугме отвара

се мени који му омогућује да изабере да ли жели да дода слику из галерије или датотеку која се налази локално на телефону. За складиштење датотека је коришћен *Firebase Storage* сервис.

Изглед овог екрана је приказан на слици 2.



Слика 2 - Екран за рад са датотекама

Додавање слике или видеа у апликацију

У случају додавања слике кориснику се отвара галерија где он може да изабере да дода слику или видео. У случају избора слике, слика се конвертује у JPEG формат са нивоом компресије коју корисник изабере у подешавањима.

Додавање датотеке у апликацију

Корисник такође има опцију да дода било коју другу датотеку преко *Files* функције. У овом случају се не ради компресија фајлова.

6. ЗАКЉУЧАК

У овом раду је описан процес креирања две идентичне апликације за iOS оперативни систем користећи подразумевани начин развоја iOS апликација користећи Свифт програмски језик и користећи радни оквир Флатер која омогућава развој апликације за више оперативних система. Апликација која је креирана је апликација за додавање и складиштење датотека у облаку.

Предност коришћења радног оквира који омогућава креирање апликације за више оперативних система јесте брзина развоја. Да би се ова апликација покренула на телефону са оперативним системом Андроид било би потребно да се додају подешавања о дозволама које су апликацији потребне и потенцијално да се креира посебан кориснички интерфејс за Андроид телефоне. Често апликације које се праве користећи Флатер долазе са истим интерфејсом за Андорид и iOS телефоне. То се често оправдава уштедом времена и ресурса.

Мане коришћења радног оквира Флатер у односу на подразумевани начин развоја iOS апликација су перформансе.

Мане креиране апликације у односу на конкуренцију огледају се пре свега у функционалностима.

Флатер функционише као слој изнад iOS апликације и одговоран је за исцртавање елемената корисничког интерфејса, што се разликује од неких решења која преводе свој код у подразумевани iOS код. Због тога није могуће да буде идентичан са перформансама у односу на апликацију писану у Свифту.

7. ЛИТЕРАТУРА

[1] Lionel Sujay Vailshery “Cross-platform mobile frameworks used by software developers worldwide from 2019 to 2021“, Statista. [Online]. Available: https://www.statista.com/statistics/869224/worldwide-software-developer-working-hours/ (приступљено у јуну 2022)

[2] Apple “App Store“. [Online]. Available: https://developer.apple.com/support/app-store/ (приступљено у јуну 2022).

[3] Antoine Van Der Lee “Xcode Instruments usage to improve app performance” [Online] Available: https://www.avanderlee.com/debugging/xcode-instruments-time-profiler/ (приступљено у септембру 2022)

Кратка биографија:



Миле Праштало рођен је 17. 9.1997. године у Новом Саду. Школске 2020/2021. године уписује мастер студије на Факултету техничких наука у Новом Саду, смер Софтверско инжењерство и информационе технологије.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 004.9
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE31Blagojevic

RAZVOJ EDUKATIVNE VIDEO IGRE ZA UREĐAJ VIRTUELNE REALNOSTI

DEVELOPMENT OF AN EDUCATIONAL VIDEO GAME FOR THE VIRTUAL REALITY DEVICE

Marko Blagojević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIČKO I RAČUNARSKO INŽENJERSTVO

Kratak sadržaj – *Opis edukativne video igre za virtuelnu realnost pod nazivom "Nevolje sa Arkanom" (engl. The Arcane Trouble). Predstavljeni su priča, njene mehanike, vizuelni stil, kao i opis prva dva nivoa u igri, kao I kratak ops samog uređaja*

Ključne reči: *Virtuelna realnost, VR, Oculus Quest 2, Meta Quest 2, The Arcane Trouble, edukativna video igra*

Abstract – *Description of the educational video game for virtual reality called "The Arcane Trouble". There are examples of its story, mechanics, visual style, as well as presentation of the first two levels in the game. There is also a short description of the device itself.*

Keywords: *Virtual reality, VR, Oculus Quest 2, Meta Quest 2, The Arcane Trouble, educational video game*

1. UVOD

Još od prvih 3D igara i pokušaja da se kreira virtuelno iskustvo velika je želja bila da se kreiraju virtualna okruženja koje bi odavala utisak realnosti i pružala osećaj da je korisnik, i zaista, deo tog sveta. „Virtuelna realnost je kompjuterski generisano digitalno okruženje koje se može doživeti i sa njim stupiti u interakciju kao da je to okruženje stvarno" [1]. Prethodnu deceniju obeležila je ekspanzija ove tehnologije i na tržištu se pojavio široki dijapazon uređaja za virtuelnu realnost sa svojim pokušajima da ostvare ovaj cilj.

Među njima su se istakli VR uređaji kompanije Meta. Njihovi uređaji poslednjih generacija, poput Quest serije, koriste novu tehnologiju praćenja pokreta korisnika. hardverskih komponenti namenjenih isključivo za uređaje virtuelne realnosti što im omogućava ne moraju biti povezani na računar, ili bilo koji drugi uređaj, da bi pružila zapanjujuće VR iskustvo.

Pored zabavnog sadržaja, koji se može pronaći u video igrama, filmovima i sličnim aplikacijama na uređajima virtuelne realnosti, oni donose sa sobom i jedan novi nivo interaktivnog učenja koji do sada nije bio dostupan ni na jednom drugom uređaju. Upravo taj veliki potencijal za edukaciju, kroz zabavu, kao i pomenute hardverske i softverske sposobnosti, u vidu dostupnih alata, bile su inspiracija za kreiranje video igre pod nazivom The Arcane Trouble.

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragan Ivetić, red. prof.

Igra Arcane Trouble je edukativnog karaktera sa elementima sve popularnijeg žanra bekstva iz sobe (engl. escape room).
Cilj svakog nivoa jeste da se reši niz zadataka kako bi se otključao napredak u narednu prostoriju. S obzirom na to da je igra namenjena deci u uzrastu od 7 do 10 godina, zadaci za cilj imaju da nauče igrače boje, instrumente, oblike, ali i da vežbaju njihovu koordinacija pokreta i brzinu refleksa.

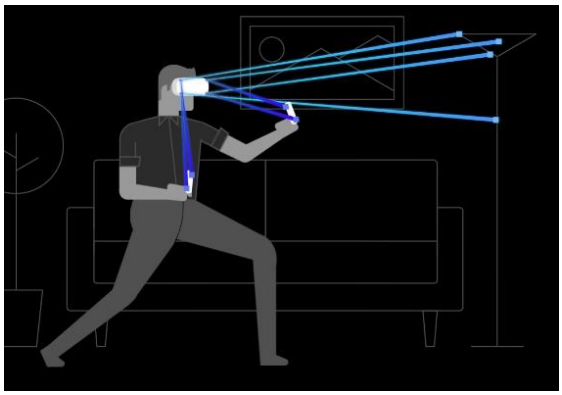
2. OCULSU QUEST 2 UREĐAJ

Uređaja koji je odabran da se za njega razvija video igra je najnoviji član Quest serije, pod nazivom Oculus Quest 2 (od kraja 2021. godine poznat i kao Meta Quest 2) (Slika 1).



Slika 1. *Prikaz uređaja Oculus Quest 2*

Uređaji za virtuelnu realnost Quest familije bazirani su na novoj tehnologiji praćenja pod nazivom Oculus Insight. Ovaj sistem je omogućio praćenje položaja i pokreta korisnika putem samog uređaja. Senzori za položaj i ubrzanje nalaze se su unutar uređaja na čijoj se prednjoj strani nalaze četiri kamere i snimaju ka spolja (inside-out sistem).



Slika 2. *Ilustracija praćenja „iznutra-spolja" , gde senzori i kamere iz samog uređaja prate kontrolere i prostor*

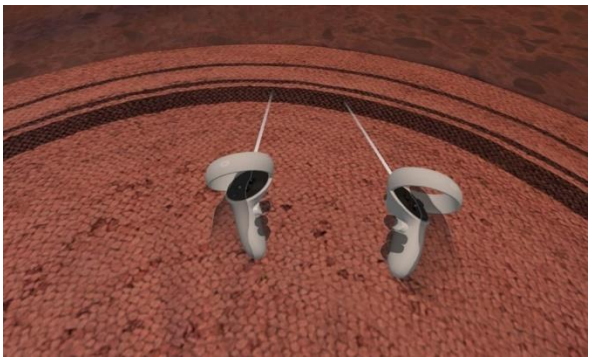
Time se odbacuje potreba za spoljnim senzorima i dodatnom opremom jer uređaj, postavljen na korisnikovoj glavi, skenira okruženje i mapira njega i njegove kontrolere ili šake u 3D prostor (Slika 2)[2].

2.1. Praćenje kontrolera

Kontroleri uređaja se koriste za interakciju sa elementima iz igre. Njihovo praćenje se vrši tako što prsten u svakom ručnom kontroleru sadrži set infracrvenih LED dioda.

One su prekrivene plastikom koja propušta infracrvenu svetlost, stoga nisu vidljive golim okom, već samo pomoću seta kamera podešenih na frekvenciju od 30Hz. Infracrvene LED diode omogućavaju da se kontroleri u potpunosti prate u 3D prostoru i to tako što na osnovu slika, koje kamere naprave, sistem za praćenje

Oculus Constellation triangulira poziciju kontrolera u prostoru. Određivanje položaja kontrolera u realnom prostoru omogućava im da budu predstavljeni u virtuelnom okruženju (Slika 3)[3].



Slika 3. *Predstava kontrolera u virtuelnom okruženju čiji položaj odgovara položaju realnih kontrolera u prostoru*

Sve ove karakteristike uređaja omogućavaju da se korisnici mnogo lakše i brže prenesu u svet virtuelne realnosti i korišćene su pri izradi same igru.

3. IGRA THE ARCANE TROUBLE

Pošto je igra namenjena uzrastu od 7 do 10 godina starosti, a uz to je još i edukativnog karakter, kako bi izazvala veće interesovanje kod mlađih igrača, dešavanja igre su smeštena u svet magije.

Za osnovu su odabrani likovi i elementi iz već postojeće franšize knjiga i filmova o dečaku čarobnjaku Hari Poteru, koji je intelektualna svojina (engl. Intelectual property, IP) pisca J.K.Rowling i Warner Bros.

Otud i naziv igre „Arcane“ koji aludira na veštine i misterije koje zna nekolicina, a koji se uglavnom vezivao za magijske veštine, sve sa ciljem da se probudi znatiželja i osećaj misterije kod mlađe igračke populacije i time se dodatno zainteresuju.

Ista namera je postojala i pri odabiru vizuelnog stila za igru, stoga se nije težilo realizmu već su odabrani elementi sa malim brojem poligona tj. Low poly stil.

On odaje utisak animiranog filma, nije naporan za gledanje i uz paletu jarkih boja koje su korišćene, stilski je prikladniji za decu.

3.1. Priča

Priča u igri ovakvog tipa nije u prvom planu, ipak kreirana je sa ciljem da se da neki kontekst igračima gde se to oni nalaze i zašto rešavaju izazove i zagonetke.

Igrač preuzima ulogu 12. godišnjeg dečaka koji sa kašnjenjem dobija poziva da pohađa Hogvorts školu za veštice i čarobnjake. Pošto je propustio jednu godinu obrazovanja mora je nadoknaditi dodatnim časovima uz pomoć mentora kojeg mu je škola dodelila. Kako igrač prelazi nivoe tako saznaje da stvari nisu baš onakve kakve se čine i da su čudne okolnosti pod kojima je propustio prvu godinu škole, kao da je možda i on sam u velikoj opasnosti.

Kako bi se što više iskoristila specifičnosti uređaja za virtuelnu realnost igrač nema kontrolu nad nekim karakterom u igri, već je on je sam glavni lik. Igrač pri tome ne vidi svog karaktera, trup ili noge, već samo svoje šake koje mu služe da se orijentiše u prostoru. Pod orijentacijom se pre svega misli na procenu udaljenosti igrača od objekata sa kojima stupa u interakciju, a koji se nalaze u njegovom okruženju.

Igra se odvija u čuvenom Hogvorts zamku, tačnije u Sobi po potrebi, koja kao što joj i samo ime naslućuje, dobija izgled i funkcionalnost onoga što je njenom korisniku trenutna potreba poput prostora za vežbanje čini.

Prednost korišćenja Sobe po potrebi kao lokacije za igru leži u tome što se svaki nivo može potpuno promeniti i prilagoditi kako vizuelno tako i funkcionalno tematici i zadacima u okviru različitih nivoa.

Za ulogu mentora je izabran lik Harija Potera (Slika 4) pošto je on poznat među mlađim igračima, a i potiče iz svet u koji je igra smeštena.



Slika 4. Prikaz modela Harija Potera modelovanog po ugledu na fanky pop figurice u low poly stilu

Uloga mentora je ovde doslovno primenjena pa Hari Poter ima ulogu da u toku igre usmeri igrača na bitne objekte ili momente u svakom nivou. Razlog za to delom leži u samoj njegovoj ulozi u priči, dok je drugi više tehničke prirode. Naime za razliku od klasičnih 2D i 3D igara koje se prikazuju na monitoru gde se u bilo kom trenutku može oduzeti kontrola od igrača, a kamera koja prati glavnog lika usmeriti na pozicije ili elemente od važnosti, ili se samo pustiti snimak u igri (engl. in game cinematic), u igrama namenjenim za virtuelnu realnost igrač stalno ima slobodu pokreta.

To sa sobom donosi izazov kako igraču istaći, u pravom trenutku, stvari od važnosti kad on baš u tom momentu može gledati, ili se nalaziti na sasvim drugoj strani nivoa. Imajući karaktera koji usmerava igrača donekle rešava ovaj problem.

3.2. Mehanike

Cilj igre je rešavanje zagonetki i zadatka dobijenih od mentora kako bi se prešlo na sledeći nivo, a samim tim se uče boje, instrumenti, oblici, itd.

Glavne mehanike koje se javljaju u igri su:

- Hvatanje, rotiranje i bacanje predmeta direktnim kontaktom ili na daljinu,
- Kretanje kroz prostor teleportovanje od tačke do tačke,
- Rotacija ugla gledanja igrača kontinuirano ili za fiksni ugao rotacije, kao i rotacija za 180 stepeni,
- Kombinacija boja napitaka kako bi se dobili napici novih boja,
- Slušanje i prepoznavanje instrumenata.

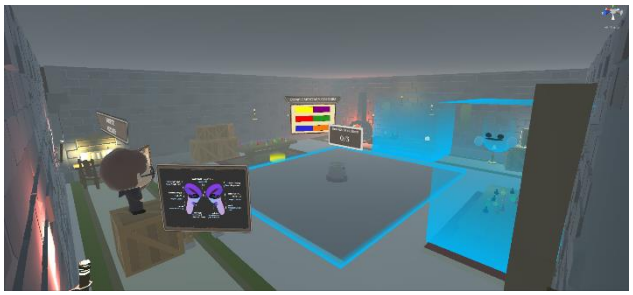
Ideja pri kreiranju nivoa je da se koriste prethodno stečena znanja u kombinaciji sa novim mehanikama koje se uče na tim novim nivoima.

Svaki nivo se sastoji od tri varijacije na temu koje progresivno postaju teže.

3.3. Nivoi

U trenutnoj verziji igre postoji nivo sa menijem kao i dva igriva nivoa.

Cilj prvog nivoa je da se nauče komplementarne boje tj. boje koje se nalaze na suprotnim stranama spektra boja. Izgled prvog nivoa prikazan je na slici 5.



Slika 5. *Prikaz prvog nivoa igre*

U sobi se nalaze stolovi sa napicima u boji, svaki sa progresivno težim izazovima. Boje u kojima dolaze napici su crvena, zelena, plava, žuta, ljubičasta i narandžasta (Slika 6).



Slika 6. *Prikaz svake od bočica sa napitkom različite boje*

Pored toga bočice u kojima se napici nalaze dolaze u dva oblika, jednim oblim, a drugim koji ima oštrije crte, kako bi ih igrač mogao razlikovati i po silueti.

Premisa celog nivoa jeste da u zavisnosti od boje dima koji izlazi iz kotla, koji se nalazi na sredini prostorije, korisnik ubaci napitak komplementarne boje u kotao nakon čega mu se otključava prelaz na sledeći sto sa napicima i novim izazovom.

Igrač se kreće u prostoru pomoću teleportacije tako što odabere mesto u prostoru i prebaci se na njega. Kako bi se sprečilo da zalutaju ili se zaglave negde u prostoru, Igrači ne mogu da se kreću slobodno po celoj sobi, već samo po predefinisanim zonama.

Kako igrač ne bi krenuo od pogrešnog stola ili eksploatisao igru time što koristi napitke sa jednog stola kako bi rešio zagonetku na drugom stolu, svaki sto je zaštićen sa jednom od dve vrste barijera. Barijere sprečavaju da korisnik stupi u interakciju sa elementima koji se nalaze iza nje.

Cilj drugog nivoa je da se nauče instrumenti. Ovaj nivo se kako po izgledu tako i po tematici i zagonetkama drastično razlikuje od prethodnog nivoa (Slika 8). To je urađeno sa ciljem kako bi igrač napravio jasnu razliku između nivoa i kako bi se sa promenom prostora igrač iznova zainteresovao i motivisao za dalji napredak. Na drugom nivou je cilj da se igrači nauče prepoznavanju zvukova različitih instrumenta.



Slika 8. *Prikaz izgleda drugog nivoa*

Glavna mehanika koju igrač koristi u ovom izazovu je hvatanja objekata na daljinu, pri čemu mu za razliku od prethodnog nivoa ovde nisu potrebni brzina i preciznost, pošto su instrumenti znatno veći od bočica sa napicima i statični su tokom celog trajanja nivoa.

Pored mehanike hvatanja igrač mora da prepozna koji od instrumenata čini melodiju koja se čuje u tom krugu. Melodija se sastoji od tačno šest instrumenata koje čine: gitara, bas gitara, bubnjevi, klavir, harfa i truba (Slika 9).



Slika 9. *Prikaz modela svih instrumenata*

Tokom ovog nivoa korisnik se ne kreće već stoji ispred dva polja prikazanih na slici 10. Korisniku se pušta melodija, a on zatim na osnovu toga koje je instrumente prepoznao u toj melodiji prebacuje njihove fizičke verzije sa gomile instrumenta koja se nalaze sa desne strane u polje sa leve strane.



Slika 10. *Primer prebacivanja instrumenta sa gomile u označeno polje*

Nakon što igrač uspešno prođe tri kruga prepoznavanja instrumenata dolazi se do kraja nivoa i prelazi na sledeći koji u ovom slučaju predstavlja završni nivo sa menijem čime se i završava trenutna verzija igre.

4. ZAKLJUČAK

Uređaji za virtuelnu realnost su tek od nedavno postali dostupni široj publici, što zbog pristupačnije cene, što zbog sve moćnijeg hardvera koji je u stanju da stvori skoro realističnu grafiku. Samim tim ne čudi što, iako iz godine u godinu postoji sve veći broj zanimljivih naslova, fale igre sa edukativnim karakterom.

Razvoj igre The Arcane Trouble je za cilj imao baš to, da se kreira zanimljiv naslov koji ima potencijal da zainteresuje i privuče mlađu igračku populaciju kako bi iskusila jedan potpuno nov način učenja kroz igru.

Prednost ove igre je što ona na nenametljiv način uvodi edukativne elemente kroz različite zagonetke i izazove. To je postignuto tako što su ti elementi iskorišćeni ili kao informacije koje predstavljaju rešenje tih zagonetki, ili kao mehanika koju igrač koristi da dođe do rešenja.

Intuitivne i jednostavne kontrole omogućavaju korisnicima mlađeg uzrasta da za kratko vreme ovladaju glavnim mehanikama igre, poput kretanja kroz prostor teleportacijom ili manipulacijom objektima iz blizine kao i na daljinu.

Živopisne boje i low poly stil stvaraju posebnu estetiku u igri i odaju utisak igračima kao da su oni deo animiranog filma. Prijatna melodija koja se čuje u pozadini i propratni zvučni efekti upotpunjuju celokupan doživljaj igre i čine ga magičnim. Poznati likovi i lokacije poput Harija Potera, Sobe po potrebi i Hogvorts zamka u kombinaciji sa zanimljivim tehničkim mogućnostima koje donose uređaji virtuelne realnosti pružaju jako zanimljivo iskustvo kako mlađim igračima tako i onim starijim.

Realizaciju jedne ovakve igre omogućio je sam hardver Oculus Quest 2 uređaja koji je, kao što je već bilo pomenuto, fokusiran na snagu i mobilnost, a sve zahvaljujući svojoj tehnologiji praćenja, Oculus Insight.

The Arcene Trouble predstavlja zanimljiv naslov koji je nastao kao produkt svih navedenih alata i tehnologija, a koji ima potencijal da zainteresuje i privuče mlađu igračku populaciju kako bi iskusila jedan potpuno nov način interakcije i učenja kroz igru.

5. LITERATURA

[1] J. Jerald, Ph. D, "The VR Book Human-Centered Design for Virtual Reality", 1st ed., Illinois: ACM Books, pp. 9-15, 2016.

[2] https://techcrunch.com/2019/08/22/how-oculus-squeezed-sophisticated-tracking-into-pipsqueak-hardware/ (pristupljeno u avgustu 2022.)

[3] https://venturebeat.com/2019/05/05/how-virtual-reality-positional-tracking-works/2/ (pristupljeno u avgustu 2022.)

Kratka biografija:



Marko Blagojević rođen je 1996. godine u Sremskoj Mitrovici. Završio je Gimnaziju „Stevan Puzić" u Rumi, 2015. godine. Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu je upisao 2015. godine. Ispunio je sve obaveze i položio je sve ispite predviđene studijskim programom diplomirajući 2021. godine.

kontakt:
marko.blagojevic996@gmail.com

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 004.738.1:766
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE32Turkovic

ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА СТЕГАНОГРАФСКОГ СИСТЕМА УПОТРЕБОМ ТЕХНИКЕ СУПСТИТУЦИЈЕ БИТА НАЈМАЊЕ ВАЖНОСТИ

IMPLEMENTATION OF A STEGANOGRAPHICS SYSTEM USING THE LEAST SIGNIFICANT BIT SUBSTITUTION TECHNIQUE

Емина Турковић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Кратак садржај – *Појам „стеганографија“ обично се везе за скривање или прикривање података и информација. У првом делу рада описан је историјски развој стеганографије, њени основни појмови и њена примена. Затим је извршена класификација стеганографије на основу техника коришћених за скривање података, на техничку, лингвистичку и дигиталну стеганографију. Акценат је стављен на подврсту дигиталне стеганографије чији носилац је слика – сликовну стеганографију. Детаљно је описана њена LSB метода, коришћена за имплементацију система који је израђен у оквиру овог рада. Приказани су дизајн и имплементација стеганографске апликације која имплементира LSB методу. Коначно, имплементирани систем је демонстран помоћу низа слика графичког корисничког интерфејса.*

Кључне речи: *стеганографија, LSB метода, сликовна стеганографија, стеганографски медијум*

Abstract – *The term "steganography" is usually associated to hiding or covering data and information. The first part of the paper describes the historical development of steganography, its basic concepts and its use. Steganography was then classified based on the techniques used to hide data, into technical, linguistic and digital steganography. Emphasis is placed on a subtype of digital steganography whose carrier is an image – image steganography. Its LSB method, used to implement the system presented in this paper, is described in detail. This paper also presents the design and implementation of steganographic application that implements the LSB method. Finally, the implemented system is demonstrated using a series of graphical user interface (GUI) images.*

Keywords: *steganography, LSB method, image steganography, steganographic medium*

1. УВОД

Развој информационо-комуникационих технологија наметнуо је ширу употребу рачунара у скоро свим сферама друштвеног живота. У оваквим условима, појавио се проблем сигурности информационих система, јер се информације преносе путем различитих несигурних канала и малициозни корисници врло лако могу доћи у њихов посед. Криптографија је креирана као техника за обезбеђивање тајности комуникације и развијено је много различитих метода за шифровање и дешифровање података како би се поруке одржале у тајности. Нажалост, понекад није довољно чувати само садржај поруке у тајности, већ може бити потребно и да чињеница да порука постоји – буде сакривена. Техника која имплементира ову „невидљиву“ комуникацију назива се стеганографија.

У стеганографији, могући носиоци скривених информација делују наивно (слике, аудио, видео, текст или нека друга информација у дигиталном облику). Порука је сакривена информација која може бити обичан текст, шифровани текст, слика, или било шта што се може уградити у ток битова (енг. *bit stream*). Носилац поруке заједно са поруком креира стего-носиоца. За скривање информација може бити потребан и стего кључ који је додатна тајна информација, као што је лозинка, која је неопходна за уграђивање поруке. Постоје разне стеганографске технике које ће у наставку бити описане, са акцентом на LSB (енг. *least significant bit*) методу, која је коришћена за имплементирање апликације која подржава стеганографско сакривање и детектовање порука, а која је израђена уз обрађивану тему.

2. СТЕГАНОГРАФИЈА

У овом одељку су описани појам, начин функционисања, примена и могуће злоупотребе стеганографије. Стеганографија је научна дисциплина која се бави прикривеном разменом информација. Појам стеганографија (енг. *steganography*) долази од грчких речи „*steganos*“ – прикривено и „*grafia*“ – писање, што би у буквалном преводу значило „скривено писање“ [1]. Њен основни принцип почива на прикривању самог постојања информације која се преноси унутар неког наизглед безазленог медијума или скупа података.

2.1. Основни стеганографски појмови

Процес стеганографије укључује уметање тајне поруке унутар неког преносног медијума који се у том случају назива носилац и има улогу прикривања постојања тајне поруке. Носилац мора бити скуп података који је саставни део уобичајене свакодневне комуникације, те као такав не би требало да привлачи посебну пажњу. Целина сачињена од тајне поруке и носиоца унутар којег је та порука уметнута, назива се

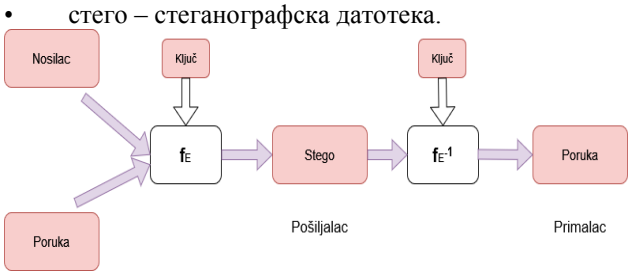
НАПОМЕНА:
Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Стеван Гостојић, ванр. проф.

стеганографски медијум или стего. У сврху додатне заштите, могућа је и употреба стеганографског кључа којим се тајна порука криптује пре уметања у носиоца. Стеганографски медијум се стога може приказати у следећем облику:

стеганографски_медијум = тајна_порука + носилац + стеганографски_кључ

На слици 1 приказан је начин функционисања стеганографског система, којег чине:

- f_E – стеганографска функција (функција уметања),
- f_E^{-1} – инверзна стеганографска функција (функција издвајања),
- носилац – медиј унутар кога се скрива тајна порука,
- порука – тајна порука која треба да буде сакривена,
- кључ – стеганографски кључ; параметар функције f_E,
- стего – стеганографска датотека.



Слика 1. *Стеганографски систем*

2.2. Примена стеганографије

Као и многе друге сигурносне методе и алати, стеганографија се може користити у различитим подручјима и активностима, како легалним тако и илегалним. Легалну примену највећим делом сачињава коришћење дигиталног воденог печата у сврху заштите ауторских права и власништва над мултимедијалним датотекама. Стеганографија се такође користи као замена за генерисање једносмерне хеш (енг. *hash*) вредности. На тај начин се након обраде промењиве величине информација као резултат добија излазни скуп података фиксне величине, на основу којег се потом може утврдити постојање било каквих додатних измена над изворним скупом података. Такође, стеганографијом је могуће додати различите белешке мултимедијалним датотекама тако да се њихов формат не мења, чиме се не ствара потреба за коришћењем специјализованих програма за њихово манипулисање. Напослетку, далеко најлогичнија примена стеганографије је управо очување поверљивости и тајности важних информација, те њихова заштита од потенцијалне саботаже, крађе или неовлашћеног приступа.

Због своје посебности као средства тајне комуникације, стеганографија често налази примену и у илегалним активностима, пошто омогућава скривање доказа о таквим активностима. Илегална примена стеганографских техника најчешће се везује уз крађу поверљивих информација (на пример у индустрији и пословном сектору), финансијску проневеру, размену дечије порнографије, крађу идентитета, коцкање, кријумчарење, хаковање и тероризам.

3. ТЕХНИКЕ СТЕГАНОГРАФИЈЕ

У овом одељку је описана подела стеганографије, као и карактеристике различитих стеганографских метода у односу на тип носиоца поруке, с нагласком на сликовну стеганографију, због тога што је она коришћена приликом имплементације стеганографског система израђеног у оквиру овог рада. С развојем дигиталне технологије и све већом количином података који се похрањују на рачунарима и размењују преко рачунарских мрежа, стеганографија је такође ушла у ново доба.

Развијен је велики број различитих стеганографских алата који омогућавају скривање било какве бинарне датотеке унутар друге бинарне датотеке. С обзиром на коришћене технике скривања података, постоје три основна типа стеганографије: техничка, лингвистичка и дигитална стеганографија.

3.1. Техничка стеганографија

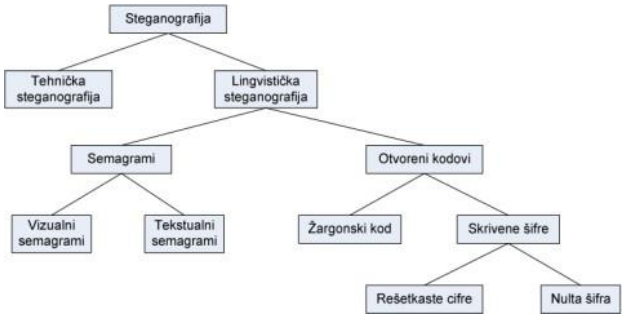
Техничка стеганографија (енг. *technical steganography)* обухвата научне методе које тајну поруку скривају коришћењем алата, уређаја или хемикалија. Верује се да се ова стеганографија први пут практиковала током Златног доба у Грчкој. Древни грчки записи описују праксу топљења воштаних плоча (комади дрвета преливени воском) које су се користиле за писање порука, а затим уписивање поруке у дрво испод плоче. Наиме, да би пренели поруку, Грци би одстранили восак са плочице, написали поруку директно на дрво те поново нанели восак на плочицу. Таква воштана плоча се чинила празном и неупотребљеном, те је одлично служила за скривено слање порука [2].

Невидљиво мастило је још једна од техника коришћена за уметање и пренос скривених порука, која датира још из раздобља Другог светског рата, али с једнаким учинком може се употребити и дан данас. Наиме, у наизглед безазлено писмо уметала се тајна порука – испод видљивог текста, између редова или на неким другим празним површинама папира.

Мастило којом је тајна порука била написана правило се од млека, воћних сокова или урина. Све наведене супстанце имале су исти ефекат приликом загревања – тамњење. Услед развоја технологије и све чешћих појава разоткривања порука писаних невидљивим мастилом, осмишљене су софистицираније супстанце која постају видљиве тек након реаговања на различите хемијске састојке.

3.2. Лингвистичка стеганографија

Лингвистичка стеганографија (енг. *linguistic steganography)* користи методе скривања тајне поруке у неважне информације. Информације су језичког садржаја. Дели се у две групе: семаграми и отворени кодови. На слици 2 приказана је таксономија стеганографских техника.



Слика 2. *Преглед стеганографских техника*

3.3. Дигитална стеганографија

Дигитална стеганографија (енг. *digital steganography*) представља скривање порука кроз битове, у дигиталним медијима (слици, аудио или видео запису).

Стеганографија се данас све више користи у мултимедијалним датотекама како би се пренео тајни садржај. У највећем броју случајева слике се користе као могући медијуми за пренос уграђеног тајног садржаја. У дигиталном свету боје се приказују као комбинације црвене, плаве и зелене вредности – RGB боје (енг. *red-green-blue*). Унутар RGB система, свака боја се приказује помоћу релативног интензитета сваке од 3 постојеће компоненте – црвене, зелене и плаве. Недостатак свих компоненти резултира појавом црне, док присуство свих компоненти резултира добијањем беле боје. Свака RGB компонента специфицирана је једним октетом, тј. низом од 8 битова, тако да вредност интензитета сваке од три боје може варирати од 0 до 255. Пошто RGB систем садржи 3 компоненте, дотичном методом презентације, добија се 24-битна шема која подржава 16,777,216 јединствених боја. То значи да је сваки пиксел унутар слике кодиран с 24 бита.

3.3.1. Сликовна стеганографија

Слике данас представљају најраспрострањенији медиј стеганографског преноса информација. Да бисмо сакрили поруку унутар слике без промене њених видљивих својстава, носилац тајне поруке се може променити у својим „бучним“ деловима који садрже много варијација боја, тако да би његове модификације привукле минимално пажње. Најчешћи методи за прављење ових измена укључују коришћење супституције бита најмањег значаја или LSB-а, сортирање палета, маскирање, филтрирање и трансформације на насловној слици. Ове технике се могу користити са различитим степеном успеха на различитим типовима сликовних датотека и неке од њих биће детаљније описане у наставку.

3.3.1.1. Супституција бита најмање важности (LSB)

Супституција бита најмање важности (енг. *LeastSignificant Bit Substitution; LSB Substitution*) најчешћа је стеганографска техника коришћена у раду с мултимедијалним датотекама. Појам „бит најмање важности“ везан је за нумеричку важност битова у октету. Стога промена бита најмање важности има најмањи учинак на промену укупне вредности октета, а промена бита најмање важности у свим октетима који сачињавају мултимедијалну датотеку има најмањи учинак на промену изгледа саме датотеке. Описани принцип још је делотворнији због чињенице да човеков оптички систем није довољно осетљив за детектовање таквих промена у боји. Идеја стеганографске технике супституције бита најмање важности базира се на растављању тајне поруке на битове, који се потом похрањују на место бита најмање важности у одабраним октетима. Као једноставан пример LSB супституције приказано је скривање слова 'G' унутар следећег низа октета:

10010101 00001101 11001001 10010110

00001111 11001011 10011111 00010000

Слово 'G' се према ASCII (енг. *American Standard Code for Information Interchange*) стандарду записује као бинарни низ 01000111. Ових 8 битова записује се на место битова најмање важности у изворном скупу октета:

1001010<u>0</u> 0000110<u>1</u> 1100100<u>0</u> 1001011<u>0</u>

0000111<u>0</u> 1100101<u>1</u> 1001111<u>1</u> 0001000<u>1</u>

LSB супституција је једноставна стеганографска техника, али њена примена често и није тако једноставна. Наиме, ако се скуп октета у које се умеће по бит тајне поруке одабере на једноставан начин, нпр. низ суседних октета на почетку датотеке, врло је вероватно да ће тај део слике имати другачије статистичке карактеристике од остатка слике, те ће као такав привући пажњу на себе и компромитовати тајност скривене поруке.

Стога се скуп циљних октета најчешће дефинише неком методом насумичног одабира, што је један од фактора који детекцију стеганографских порука чине изразито компликованом [3]. Нажалост, LSB супституција осетљива је и на најмање операције над сликом, као што су компресија или уклањање неких делова слике. На пример, конвертовање GIF или BMP стеганографске датотеке у JPEG формат, те конвертовање назад у изворни формат може довести до уништавања информација садржаних у битовима најмање важности.

4. СТЕГОАНАЛИЗА

За стегоанализу се може рећи да је она за стеганографију оно што је криптоанализа за криптографију [4]. ИТ стручњаци задужени за сигурност је зову и „контрамера стеганографији” или „напад на стеганографију”. Наука која се бави откривањем стеганографски скривених порука назива се стегоанализа (енг. *steganalysis*). Ова вештина темељи се на проучавању варијација у шаблонима битова и необично великим датотекама. Циљевистегоанализе су:

- Идентификовање сумњивих скупова података, као што су сигнали или датотеке, унутар којих се потенцијално налази скривена тајна порука.
- Утврђивање да ли су тајни подаци уметнути у стеганографску датотеку претходно криптовани.

• Утврђивање постојања шума или небитних података унутар сумњивог сигнала или датотеке.

• Издвајање и декриптовање уметнуте поруке из стеганографске датотеке.

5. СПЕЦИФИКАЦИЈА ЗАХТЕВА И ДИЗАЈНА

Апликација израђена уз обрађивану тему подржава следеће функционалне захтеве:

• Стеганографско уметање тајне поруке унутар неког преносног медијума (слике) применом одабраног алгоритма.

• Утврђивање да ли су тајни подаци уметнути у стеганографску датотеку.

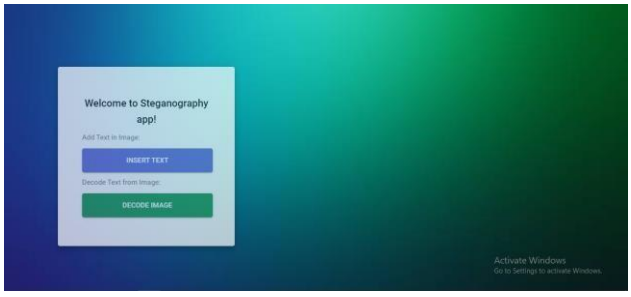
• Издвајање уметнуте поруке из стеганографске датотеке (уколико се претходно утврди да њена присутност).

6. ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА

Након стицања доменског знања, одлучено је да се акценат стави на сликовну стеганографију, односно да носилац скривених информација буде слика у PNG (енг. *Portable Network Graphics*) формату, док би саме поруке биле у текстуалном формату. Слике данас представљају најраспрострањенији медијум стеганографског преноса информација, због чега су оне и одабране као средство за скривање тајних порука. Супституција бита најмање важности је одабрана стеганографска техника за уметање тајне поруке у носиоца.

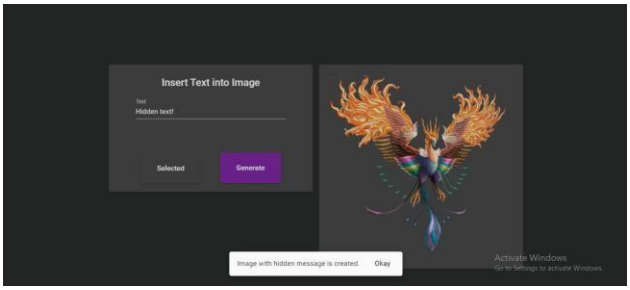
7. ДЕМОНСТРАЦИЈА

Након покретања серверске и клијентске апликације, уношењем адресе *http://localhost:4200* у веб прегледач, стижемо до почетне странице апликације. Изглед почетне странице приказан је на слици 3.



Слика 3. *Почетна страница*

Кликом на дугме *Insert Text* присутпа се форми за стеганографско уметање која се састоји од текстуалног поља које се мора попунити тајном поруком, и од једног дугмета *Pick Data* које служи за уметање слике која ће бити стеганографски носилац информација, у коју ће се у процесу стеганографије уметнути унета тајна порука. Када унесемо све потребне податке, кликом на дугме *Generate* прослеђујемо их серверу, који кориснику враћа стеганографски медијум (стего), који он може скинути на свој локални систем (слика 4).



Слика 4. *Приказ слике која представља стеганографски медијум*

8. ЗАКЉУЧАК

Стеганографија комбинована с криптографијом, представља додатни сигурносни слој у заштити информација. Стеганографска технологија врло је једноставна за употребу, а изразито се тешко детектује. У последњих неколико година, стеганографија је била тема многих дискусија везаних за њену злоупотребу, нарочито у терористичким активностима. С друге стране, постоји велики број предности коришћења стеганографије у легалном контексту, као што су дигитални водени печати за утврђивање власништва и ауторских права или сигурније методе складиштења важних и поверљивих информација, због чега се у будућности очекује још интензивнији развој ове технологије, као и њена широка могућност примене.

9. ЛИТЕРАТУРА

[1] Sara Khosravi, Mashallah Abbasi Dezfoli, Mohammad Hossein Yektaie, *A new steganography method based HIOP (Higher Intensity Of Pixel) algorithm and Strassen's matrix multiplication*, Journal of Global Research in Computer Science, Vol.2, No. 1, 2011.
[2] "Steganografija", 2006. – https://www.cis.hr/www.edicija/LinkedDocuments/CCERT-PUBDOC-2006-04-154.pdf [pristupljeno: jul 2022.]
[3] M. Hariri, R. Karimi, M. Nosrati, *An introduction to steganography methods*, World Applied Programming. 2011 Aug.
[4] Stevan Gostojić, „09 Kriptologija" 2022.

Кратка биографија:



Емина Турковић рођена је у Прибоју 1998. год. Дипломирала је 2021. год. на ФТН-у, смер Рачунарство и аутоматика, са темом „Логичко прогамирање у програмском језику Prolog".
контакт: eminaturkovic600@gmail.com

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 621.313
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE33Hajdarpasic

УТИЦАЈ КАПАЦИТЕТА КОНДЕНЗАТОРА ИНВЕРТОРА НА РАД ВЕКТОРСКИ УПРАВЉАНЕ АСИНХРОНЕ МАШИНЕ ПРИ РАЗЛИЧИТИМ ВРСТАМА ТЕРЕТА

DC BUS CAPACITANCE INFLUENCE ON THE VECTOR-CONTROLLED INDUCTION MACHINE DRIVE WITH THE DIFFERENT TYPE OF THE LOAD

Амар Хајдарпашић, Драган Милићевић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Кратак садржај – *У овом раду испитује се утицај капацитета кондензатора у једносмерном међуколу инвертора на рад векторски управљаног трофазног кавезног асихроног мотора. Теоретски и експериментално је анализиран рад претварача при различитим врстама терета када се користе кондензатори мање капацитивности од прорачунате оптималне вредности.*

Кратак садржај: *Трофазни кавезни асихрони мотор, векторско управљање, једносмерно међуколо, кондензатор, оптерећење*

Abstract – *The paper examines the influence of the inverter DC link capacitor value on the operation of the vector-controlled induction machine drive. The operation of the inverter with the value of the DC Bus capacitor smaller than the optimal is analyzed theoretically and experimentally. Different types of loading are used throughout the experiments.*

Keywords: *Induction machine, vector control, DC bus, capacitor, loading*

1. УВОД

Развојем компоненти енергетске електронике омогућене су боље перформансе инвертоског претварача који служи за напајање асинхроног кавезног мотора. Модерне прекидачке компоненте које се налазе у инвертоском претварачу данас имају бољи однос снаге и величине. Такође, фреквенција рада се значајно повећала што директно утиче и на остале компоненте које чине један претварач енергетске електронике.

Што се контроле асинхроних машина тиче као индустријски стандард данас су усвојене две технике, У/ф управљање и векторско управљање. Векторско управљање је сложеније од У/ф управљања, али омогућује много бољу контролу асинхроне машине побољшавајући динамику, доступност, поузданост, робустност и животни век погона.

Уколико се пажња обрати на унапређења пасивних компоненти енергетске електронике и овде се може констатовати напредак и увођење нових решења. Развој филм кондензатора са бољим карактеристикама у односу на широко прихваћени електролитски кондензатор је директно довео до продужења животног века и употребљивости претварача.

Ако се зна да цена претварача енергетске електронике значајно зависи од величине кондензатора који је употребљен у једносмерном међуколу, при чему овај аспект не треба посматрати само кроз аспект цене кондензатора него и кроз аспекте увећања димензија, те проблематике хлађења, продужења животног века и поузданости, питање исправног димензионисања кондензатора и питање утицаја његове вредности на рад претварача постаје изузетно битно.

Управо питање оптимизације и утицаја вредности кондензатора у једносмерном међуколу јесте тема овог дипломског рада. У раду је експериментално утврђен утицај овог аспекта при чему је експериментално проверен утицај правилног избора капацитета кондензатора у једносмерном међуколу инвертора на рад векторски управљаног трофазног асинхроног мотора.

2. ПРОРАЧУН ОПТИМАНОГ КАПАЦИТЕТА КОНДЕНЗАТОРА

За прорачун оптималног капацитета кондензатора трофазног мосног претварача управљаног по SVM (енг. *Space Vector Modulation*) модулационој техници и са класичним трофазним диодним мостом на улазу, потребно је у корелацију довести неколико битних параметара самог претварача, напојне мреже и карактеристика машине која се из претварача напаја узимајући у обзир и начин како се машина током рада оптерећује. Параметари који при овоме фигуришу су максимални напон у једносмерном међуколу, максималну дозвољену таласност напона у једносмерном међуколу, учестаност пуњења и пражњења кондензатора, снага оптерећења у једносмерном међуколу, односно снага машине који се напаја преко претварача.

Максимални напон у једносмерном међуколу се прорачунава на основу израза (1)

$$U_{DC_{max}} = \sqrt{2} * U_{mreže} \qquad (1)$$

где је:

- $U_{DC_{max}}$ – максимална вредност напона у једносмерном међуколу,
- $U_{mreže}$ – међуфазни напон на улазу диодног исправљача.

Када се прорачуна $U_{DC_{max}}$ и одреде све горе наведене величине потребне за прорачун оптималног

НАПОМЕНА:
Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Драган Милићевић, ванр. проф.

капацитета кондензатора, онда се на основу израза (2) може прорачунати оптимални капацитет кондензатора за жељени претварач [1] .

$$C = \frac{P_{n,motora}}{\Delta U_{DC} * \left(U_{DC_{max}-} \frac{\Delta U_{DC}}{2}\right) * 6 * f_{mreže}} \quad (2)$$

Где је:

- $P_{n,motora}$ – номинална снага мотора
- ΔU_{DC} – таласност напона у једносмерном међуколу за номиналне услове
- $f_{mreže}$ - номинална фреквенција мреже

Када се одреди капацитет оптималног кондензатора, потребно је израчунати време пуњења (4) и пражњења кондензатора (5) .

$$U_{DC_{min}} = U_{DC_{max}} - \Delta U_{DC} \quad (3)$$

$$T_C = \frac{\arccos\left(\frac{U_{DC\,min}}{U_{DC_{max}}}\right)}{2\pi * 6 * f_{mreže}} \quad (4)$$

$$T_{DC} = \frac{1}{6 * f_{mreže}} - T_C \quad (5)$$

где је

- T_C – време пуњења кондензатора,
- T_{DC}– време пражњења кондензатора,
- $U_{DC_{min}}$ – минимална вредност напона у једносмерном међуколу

Када се одреди време пуњења и пражњења кондензатора, онда се може одредити струја пуњења кондензатора (6) и ефективна вредност струје пуњења кондензатора (7), као и струја пражњења (8) и ефективна вредност струје пражњења кондензатора (9) [3].

$$I_C = C * \frac{dU_{DC}}{dT_C} \quad (6)$$

$$I_{C_{ef}} = \sqrt{{I_C}^2 * T_C * 6 * f_{mreže}} \quad (7)$$

$$I_{DC} = C * \frac{dU_{DC}}{dT_{DC}} \quad (8)$$

$$I_{DC_{ef}} = \sqrt{{I_{DC}}^2 * T_{DC} * 6 * f_{mreže}} \quad (9)$$

где је:

- dU_{DC} – Разлика максималне и минималне вредности напона у једносмерном међуколу у тренутку посматрања.

За поставку коју чини асинхрона машина 0,75 kW, 1375 обр/мин, улазни напон исправљача 230 V, при 50 Hz, дозвољену таласност напона 10% прорачунат је оптимални кондензатор на основу израза (2) где се добија да је оптимална вредност капацитивности кондензатора C_{DC}=249 μF.

3. ЕКСПЕРИМЕНТ

3.1. Опис експерименталне поставке

За реализацију векторског управљања асинхроном машинмом реализован је претварача учестаности чију основу чини развојни систем Texas Instruments LAUNCHXL-F28379D. Претварач је реализован као класичан трофазни IGBT мост, при чему се за мерење струје и напона користе LEM сонде. Трофазни диодни исправљач заједно са електролитским кондензаторима је постављен тако да буде лако доступан за све потребне измене неопходне за реализацију експеримента. Фотографија реализованог система је приказана на слици 1.

Током извођења експеримента, асинхрони мотор је контролисан применом векторске контроле и радио је у брзинском режиму рада. Векторка контрола је ралізована коришћењем софтверског алата Matlab/ Simulink, који генерише код на основу имплементираног модела и даље тај код се спушта на микроконтролер LAUNCHXL-F28379D. На слици 2. приказан је изглед Matlab/Simulink модела за реализацију векторског управљања асихроне машине. Најбитније део векторског управљања смештен је у блоку „контрола“, мерење и скалирање фазних струја, подешавање енкодера, струјни d и q регулатори и *SVPWM* модулатор су реализовани у оквиру овог блока. У блоку „брзинска петља“ су смештени неопходни алгоритми за контролу брзине. Мерење брзине је спроведено енкодером постављеним на вратило машине.

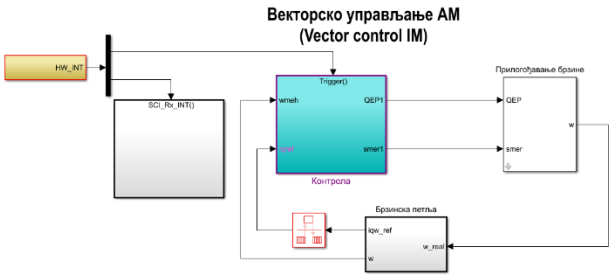
Машина која је механички спрегнута са мотором да би задавала жељено оптрећење морала је радити је у моментном режиму рада, контролисана је *Danfoss* фреквентним претварачем, док управљањем фреквентим претварачем обезбеђено PLC-ом серије S7-1200 Siemens.

Задатак експеримента је провера на које све величине утиче смањење капацитета електролитског кондензатора испод оптималне вредности, а да се притом мотор терети различитим врстама оптерећења - шта се дешава са напоном у једносмерном међуколу, какав је облик струје у једносмерном међуколу. Такође, задатак је да се на основу добијених вредности дође до закључка да ли постоји могућност да за унапред познате услове рада и врсту оптерећења одабере кондензатор чија је капацитивност мања од оптималне вредности односно да се у ситуацијама када погон ради у променљивим условима рада са обзиром на оптерећење на вратилу машине избор кондензатора оптимизује.

Због стандардизације, оптимални кондензатор за ову поставку би био први већи доступан кондензатор, а то је C_{DC}=250 μF. У експерименту коришћени су кондензатори мањег капацитета од оптималног. Па тако кондензатори који су коришћени у експерименту су: C_{DC}=110 μF и C_{DC}=220 μF. Употребом кондензатора C_{DC}=220 μF проверава се да ли мало смањење капацитивности утиче на нормалан рад погона, док се постављањем кондензатора капацитета C_{DC}=110 μF проверава рад са значајно нижом вредности кондензатора од оптималне.



Слика 1. *Експериментална поставка експеримента*



Слика 2. *Модел векторског управљања АМ реализован у „Матлаб-Симулинк“*

3.2. Принцип задавања оптерећења

За реализацију је искоришћен систем који се састоји од индустријског претварача учестаности и програмибилни логички контролер. Претварач учестаности је параметрисан за рад у векторској контроли за рад у моментном режиму рада (са затвореном повратном спрегом по брзини). Блок шема система је приказана на слици 3.

Задатак претварача учестаности је да одржава момент на вратилу машине коју напаја, док је задатак програмибилног контролера да формира референтну вредност тог момента. За одређивање жељеног момента користи се стварна брзина вратила машине (како су и испитивана и оптеретна машина круто спрегнуте то је истовремено и брзина испитиване машине). Брзина се добија помоћу класичног решења употребом инременталног енкодера ① који се са фреквентним претварачем повезује преко предодређених дигиталних улаза (у случају *Danfoss FC302* претварача то су улази 32 и 33). Фреквентни претварач преко унутрашњих алгоритама рачуна вредност брзине и прослеђује је контролеру преко Ethernet комуникационог протокола ②. Вредност референце момента се израчунава унутар логичког контролера и поново коришћењем Ethernet комуникационог протокола „предаје“ фреквентном претварачу ③.

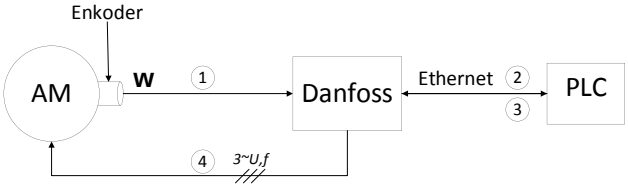
Рачунање референтног момента се остварује коришћењем полинома чији ред је могуће по жељи мењати:

$$m_m = \sum_{i=0}^{n} k_i * \omega^i = k_0 + k_1 * \omega + k_2 * \omega^2 + \cdots + k_n * \omega^n \quad (10)$$

где је:

- k_i - коефицијенти полинома карактеристике момента за различите „степене“ брзине обртања
- i- „степен“ брзине обртања

У конкретном случају је изабрано да се полином (10) дефише до трећег степена, док се до коефицијената полинома долази се на бази података машине која се испитује (5,2 Nm, 1375 обр/мин)



Слика 3. *Блок дијаграм задавања момента оптерећења*

3.3. Експериментални резултати

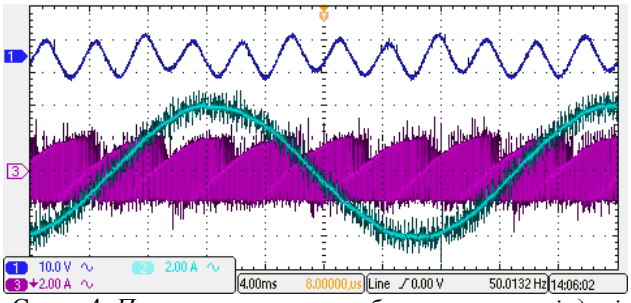
У наставку рада приказани су резулати добијени спровођењем експеримената на описаној поставци при употреби наведених кондензатора при различитим врстама терета.

Као најзначајнији параметри који дефинишу исправност избора кондензатора једносмерног међукола препознати су таласност струје и таласност напона. Таласност струје је параметар који директно утиче на поузданост и живодни век кондензатора јер повећање струје преко мере засигурно доводи до прегревања електролитског кондензатора и превременог отказа. Са друге стране, таласност напона је параметар који директно и индиректно може утицати на перформансе целокупног погона јер дозвољавање превелике таласности може довести до смањења ефикасности у рада али и до немогућности савладавања појединих радних стања.

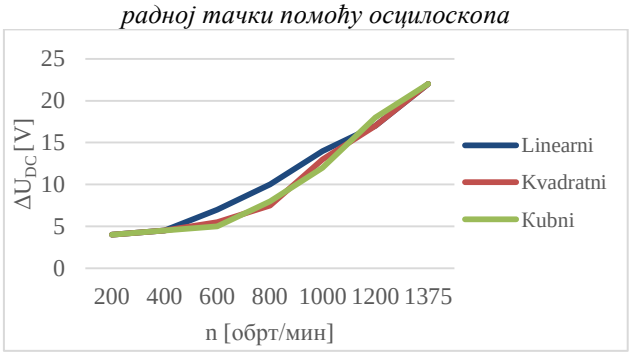
На слици 4 приказан је изглед осцилоскопом снимних параметара за једну радну тачку. Талас плаве боје приказује напон једносмерног међукола, љубичастом бојом приказана је струја једносмерног међукола, а са зеленом бојом приказана је струја на излазу инвертора.

У наставку су приказани резултети спроведених експеримената који су урађени у широком опсегу промене брзине и момент односно за велику број радних тачака у којима се нашао погон. Резултати су приказани за две вредности капацитета кондензатора, 220 μF и 110 μF.

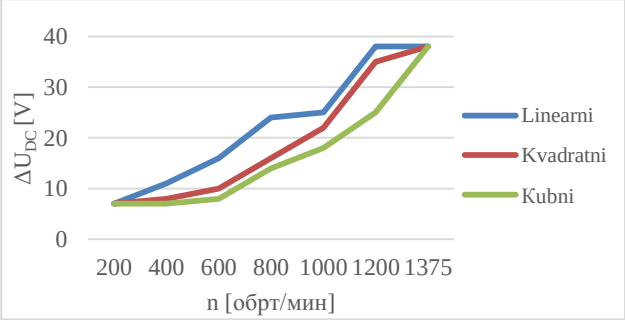
На сликама 5 и 6 приказана је промена вредности таласности напона једносмерног међукола, а на сликама 7 и 8 приказана је промена вредност таласности струје једносмерног међукола при чему се задавање момента оптерећења реализује по принципу дефинисаним са полиномом (10).



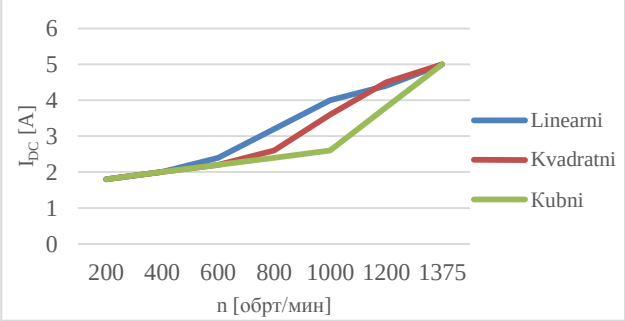
Слика 4. *Приказ мерења потребних величина у једној радној тачки помоћу осцилоскопа*



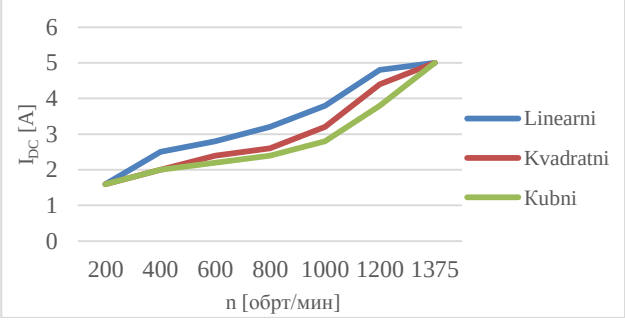
Слика 5. *Вредност таласности напона у једносмерном међуколу при различитој зависности момента од брзине за* $C_{DC} = 220\ \mu F$



Слика 6. *Вредност таласности напона у једносмерном међуколу при различитој зависности момента од брзине за* $C_{DC} = 110\ \mu F$



Слика 7. *Вредност струје у једносмерном међуколу при различитој зависности момента од брзине за* $C_{DC} = 220\ \mu F$



Слика 8. *Вредност струје у једносмерном међуколу при различитој зависности момента од брзине за* $C_{DC} = 110\ \mu F$

Како за испитиване караткеристике важи да повећањем брзине обртања долази до повећања момента оптерећења добијени резултати су очекивани па са повећањем оптерећења долази до повећања таласности напона и таласности струје. Ако се зна да вредност таласности напона мора бити мања од десетог дела средње вредности напона у једносмерном међуколу, у овом случају максимална дозвољена таланост напона је 29V.

Такође, код електролитичких кондензатора важи да струја кондензатора коју може пропустити је 20 mA/μF [2] па на основу тога максимална струја која може протећи кроз кондензатор капацитивности $C_{DC} = 220\ \mu F$ је 4,4A, кроз кондензатор капацитивности $C_{DC} = 110\ \mu F$ је 2,2A. Према томе на основу слика 5 и 7 може се закључити да је опсег рада кондензатор капацитивности $C_{DC} = 220\ \mu F$ је веома велик, да при линеарној зависности момента од брзине опсег рада је од (0% – 85%) номиналне брзине. Исти опсег рада важи и за моменат који зависи од квадрата брзине, док код момента који зависи од куба брзине опсег рада је већи и износи (0%-88%) номиналне брзине. За кондензатор капацитивности $C = 110\ \mu F$ опсег рада је значајно мањи па тако на основу слика 6 и 8 може се приметити да при линеарној зависности момента од брзине опсег рада је од (0% – 15%) номиналне брзине, док је за моменат који зависи од квадрата и куба брзине опсег рада (0% -30%) номиналне брзине.

3. ЗАКЉУЧАК

У раду је приказана анализа зависности вредности капацитета кондензатора једносмерног међукола и карактеристика оптерећења за случај векторски контролисане трофазне асинхроне машине.

Експерименти су спроведени за три различите карактеристике оптерећења, линеарно, квадратно и кубно, и у случају две вредности капацитета електролитичког кондензатора $220\ \mu F$ и $110\ \mu F$, при чему је већа вредност блиска оптималној , а нижа значајно мања од оптимално прорачунате. Закључено је да параметри таласности напона и струје показују очекиване карактеристике и да се у случају смањења капацитета испод оптималне може очекивати превремени отказ кондензатора. Такође, закључено је и то да се у ситуацији када погон може имати значајне промене у режимима рада односно често „померање“ радне тачке, могуће је вршити додатну оптимизацију капацитивности кондензатора са тенденцијом умањења вредности у односу на прорачунату и самим тим утицати на смањење димензија и цене претварача.

4. ЛИТЕРАТУРА

[1] U. Ayhan and A. M. Hava, "Investigation of DC bus current harmonics in two level inverters," National Conference on Electrical, Electronics and Computer Engineering, 2010, pp. 158-162.

[2] P. Gath and M. Lucas, "Designing LC filters for AC-motor drives," IAS '95. Conference Record of the 1995 IEEE Industry Applications Conference Thirtieth IAS Annual Meeting, 1995, pp. 1050-1052 vol.2, doi: 10.1109/IAS.1995.530418

[3] Ahmet M. Hava, Ufuk Ayhan, Vahap Volkan Aban, “A DC Bus Capacitor Design Method for Various Inverter Applications,” IEEE-ECCE 2012 Conference, September 2012, Raleigh, NC, USA

Кратка биографија:



Амар Хајдарпашић рођен је у Пећи 1998. год. Дипломски рад на Факултету техничких наука из области Електротехника и рачунарство – Енергетска електроника и електричне машине одбранио је 2021. год.



Драган Милићевић рођен је у Тузли 1977. Докторирао је на Факултету техничких наука 2004. год., а од 2014 је звању ванредни професор. Област интересовања су енергетска електроника, електромоторни погони и обновљиви извори електричне енергије.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 004.9
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE34Bursac

ПРОГРАМСКИ МОДЕЛ ЗА ГЕНЕРИСАЊЕ ИЗАЗОВА МАКСИМАЛНЕ ИНКЛУЗИВНОСТИ У ВИДЕО ИГРАМА ЖАНРА „ТРКАЧ“

A PROGRAMMING MODEL FOR GENERATING CHALLENGES OF MAXIMUM INCLUSIVENESS IN „RUNNER“ VIDEO GAMES

Василије Бурсаћ, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Кратак садржај – *Иако се тематски могу веома разликовати, све видео игре жанра „Тркач“ (енгл. Runner) одликује идентична механика игре. Имајући ово у виду, направљена је генеричка програмска основу која би се могла искористити као полазна тачка за брзи развој видео игара овог жанра. Овај програмски модел је обогаћен системом за пружање аудио-визуелно-хаптичких повратних информација играчу. Захваљујући овом систему, постигнут је висок степен инклузивности и "увучености" играча у виртуални свет видео игре. У овом раду је описан један такав програмски модел развијен у Јунити (енгл. Unity) погону, као и његове могућности и функционалности.*

Кључне речи: *Програмски модел, Видео игре жанра „Тркач“, Развој видео игара, Имерсивност, Хаптичка повратна спрега*

Abstract – *Although they can be very different thematically, all video games of the „Runner“ genre are characterized by identical game mechanics. With this in mind, a generic programming base was created that could be used as a starting point for the rapid development of video games of this genre. This programming model is enriched with a system for providing audio-visual-haptic feedback to the player. Thanks to this system, a high degree of inclusivity and "immersion" of the player in the virtual world of the video game was achieved. This paper describes one such programming model developed in Unity engine, as well as its capabilities and functionality.*

Keywords: *Programming model, Runner video games, Video game development, Immersiveness, Haptic feedback*

1. УВОД

Видео игре жанра „Тркач“ (енгл. *Runner*) одликује веома једноставна контрола која их чини погодним за играње на различитим уређајима. Захваљујући механици која је заједничка за све игре овог жанра, постоји могућност за развијање генеричке основе, тј. шаблона за развој оваквих игара.

Ово би могло значајно да убрза процес њиховог развоја, али и да омогући дизајнерима игара да прилагоде игру одређеним захтевима без програмерског предзнања и измене постојећег програмског кода.

У овом раду ће бити описан управо један такав програмски модел, развијен помоћу Јунити (енгл. *Unity*) погона за развој рачунарских игара. При изради овог програмског модела, фокус је био на постизању високог степена проширивости, ефикасности и флексибилности употребе. Самим тим, тежило се максималном поштовању конвенција, добрих пракси и принципа за писање чистог и одрживог кода.

Овај програмски модел је функционалан и без икаквих додатних измена, па и он, сам по себи, представља видео игру коју је могуће покретати на различитим платформама. Тренутно је овај програмски модел подржан на рачунарима са Виндоуз (енгл. *Windows*), МекОС (енгл. *MacOs*) и Линукс (енгл. *Linux*) оперативним системима, а могуће га је покретати и у свим модерним интернет претраживачима. Уз веома мале измене у систему и програмској скрипти за контролу и обраду уноса играча, овај програмски модел може бити прилагођен екранима осетљивим на додир, те покретан и на мобилним уређајима са Андроид (енгл. *Android*) и иОС (енгл. *iOS*) оперативним системима.

2. ПРОЦЕДУРАЛНО ГЕНЕРИСАЊЕ СТАЗЕ

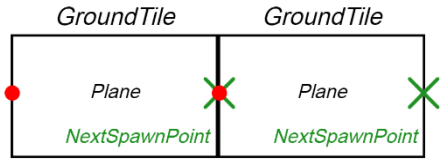
За видео игре овог жанра је карактеристично то што не постоји предефинисан ниво са унапред одређеним препрекама, већ је карактер којим играч управља приморан да трчи током неодређеног временског интервала и избегава препреке. Циљ играча је да достигне што већи број поена и преживи што дуже или да испуни неки задатак и достигне одређени циљ. То значи да играње једне партије игре на одређеном нивоу може да траје дужи временски период, те је неопходно омогућити програмско генерисање подлоге по којој играч трчи.

Да би се ово постигло, направљени су појединачни сегменти који представљају делове подлоге, појединачне препреке и ствари за сакупљање, а од којих ће се затим програмски генерисати стаза. Ови сегменти се чувају као префабриковани објекти (енгл. *Prefabs*) класе *GameObject* и могуће их је подесити и поново употребити колико год пута је то потребно.

НАПОМЕНА:
Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Драган Иветић, ред. проф.

2.1. Сегменти подлоге

Појединачни сегмент подлоге је назван *GroundTile* и он се састоји од два повезана објекта – од равни (енгл. *Plane*) по којој се играч креће и празног објекта који означава где треба да се позиционира следећи сегмент подлоге (назван *NextSpawnPoint*). На слици 1 је црвеним кругом приказан пивот сегмента подлоге, а он је референтна тачка за њено позиционирање. Дакле, када се позиција једног сегмента подлоге позиционира у *NextSpawnPoint* тачку претходног сегмента подлоге, равни по којима играч треба да се креће ће се потпуно поравнати и наставити једна на другу, као на слици 1. На равни које чине сегменте подлоге су текстурисањем постављене слике камене стазе. Ова текстура се једноставно може заменити другом сликом или се на раван могу поставити различити 3Д објекти и на тај начин се може креирати другачији изглед стазе и амбијента.



Слика 1. *Садржај једног сегмента подлоге и међусобно повезивање више оваквих сегмената*

2.2. Препреке и вероватноће њиховог појављивања

На крају сваког сегмента подлоге се налазе по три празна објекта који су равномерно распоређени и истих су димензија, те покривају једнаке делове стазе. Дакле, у свакој траци стазе се налази по један празан објекат. Препреке се такође чувају као префабриковани објекти, те се након генерисања насумично позиционирају у ове празне објекте.

Ради разноврсности, те додатног отежавања игре, омогућено је постојање више различитих типова препрека које ће се појављивати са различитом вероватноћом у зависности од тренутног нивоа и резултата играча. Како би се то омогућило, имплементирана је класа *SpawnableObstacle*. Ова класа садржи префабриковани објекат типа *GameObject* који представља 3Д модел препреке, вероватноћу за појављивање датог објекта, као и горњу и доњу границу вероватноће за појављивање тог објекта.

Скрипта која управља генерисањем стазе (*GroundSpawner*) садржи низ објеката *SpawnableObstacle* класе, што омогућава лако додавање нових типова препрека. Довољно је у Јунити Инспектору (енгл. *Unity Inspector*) у низ превући одговарајуће префабриковане објекте за препреке, као и унети вероватноће њиховог појављивања. За ово није потребно никакво програмерско знање, па дизајнери игре могу једноставно да формирају префабриковане објекте препрека и унесу њихове вероватноће појављивања, преко корисничког интерфејса Јунити едитора.

Тренутно у игри постоје три типа препрека које су направљене у демонстративне сврхе. Ове препреке су креиране од 3Д модела коцке различитих димензија на који је потом постављена текстура у виду слике. Приликом дизајна игре, ову текстуру је могуће заменити другом или се комплетан 3Д модел препреке може заменити другим, а могуће је креирати још неограничено много типова препрека.

2.3. Ствари за сакупљање

Ствари за сакупљање се могу опционо генерисати на сегментима подлоге и број генерисаних ствари за сакупљање по сегменту подлоге је могуће програмски променити. У игри тренутно постоји само један тип ствари за сакупљање, а то су дрвене цепанице.

2.4. Потенцијални проблем и оптимизација

У играма овог жанра се константно креира и уништава велики број објеката. Ово значајно оптерећује хардверске ресурсе уређаја на којима се игра извршава. Ради бољег управљања меморијом врши се њено ослобађање од објеката који се више не користе (енгл. *garbage collection*). Када год Јунити треба да изврши „сакупљање смећа“, он прекида извршавање програмског кода и наставља нормално извршавање тек када је процес ослобађања меморије завршен [1]. Самим тим, број приказаних фрејмова по секунди опада.

Како би се оптимизовало коришћење ресурса и спречио наведени проблем, у овом програмском моделу је примењен образац удруживања објеката (енгл. *object pooling pattern*). Овај пројектни образац уместо сталног креирања и уништавања, користи колекцију већ иницијализованих објеката спремних за коришћење [2]. Након што се престане са коришћењем објекта, он се не уништава, већ се враћа у колекцију. У наставку ће бити описана примена овог обрасца приликом генерисања стазе са препрекама и стварима за сакупљање.

2.5. Генерисање стазе

Генерисање сегмената стазе са препрекама и стварима за сакупљање контролише скрипта *GroundSpawner*. У овој скрипти се за сваки тип објеката који се генеришу налази по једна пулинг колекција објеката за реализацију *object pooling* обрасца. Будући да у игри постоји више типова препрека, праве се појединачне колекције за сваки о тих типова препрека, при чему су све те колекције налазе обједињене у једном речнику. Елементи овог речника су парови кључ-вредност, где је кључ назив префабрикованог објекта одређене препреке, а вредност пулинг колекција префабрикованих објеката тог типа. Речник је веома повољна структура података за имплементацију оваквог система, јер он омогућава константно време приступа елементима, без обзира на број елемената у њему.

При покретању игре, врши се пролазак кроз низ са типовима препрека и формира се поменути речник. Ово нема значајан утицај на перформансе, јер се ради само на почетку, при првом покретању игре, а низ са свим типовима препрека садржи релативно мало елемената. На овај начин је омогућено генеричко руковање са препрекама, без обзира на број њихових различитих типова.

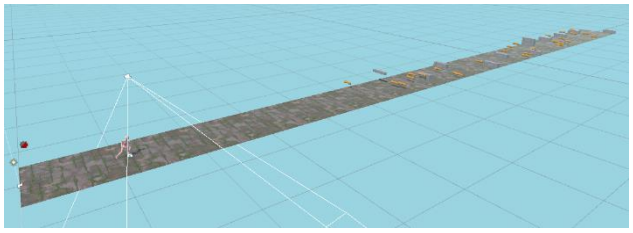
На почетку игре се генерише одређени број сегмената, како корисник не би могао да види генерисање

подлоге испред себе. Поред очигледне естетске предности, ово побољшава и употребљивост, јер ће на овај начин корисник увек моћи да се ментално припреми за препреке које га очекују на наредним сегментима. Из истог разлога, првих неколико сегмената је генерисано без препрека.

Око читавог *GroundTile* објекта се налази *BoxCollider* компонента којој је укључено *IsTrigger* својство. Када играч напусти *BoxCollider* одређеног сегмента подлоге, догађа се следеће:

1. Из пулинг колекције се извлачи нови сегмент подлоге.
2. На основу вероватноћа се одлучује који тип препреке ће бити генерисан. Препрека тог типа се извлачи из одговарајуће пулинг колекције и поставља се на сегмент подлоге.
3. Из пулинг колекције са стварима за сакушљаање се извлачи тражени број објеката и они се постављају на сегмент подлоге.
4. Формирани сегмент подлоге се поставља на крај постојеће стазе.
5. Пар секунди од напуштања одређеног сегмента стазе, тај сегмент стазе, препрека и ствари за сакупљање које су биле на њему се уклањају са сцене и враћају у одговарајуће пулинг колекције.

Оваква имплементација генерисања подлоге омогућава да у сваком тренутку на сцени буде приказан приближно константан број сегмената подлоге, те се приказује само онолико сегмената колико је потребно, као што је приказано на слици 2.



Слика 2. *Дужина стазе у једном тренутку играња*

3. КОНТРОЛА И КРЕТАЊЕ ИГРАЧА

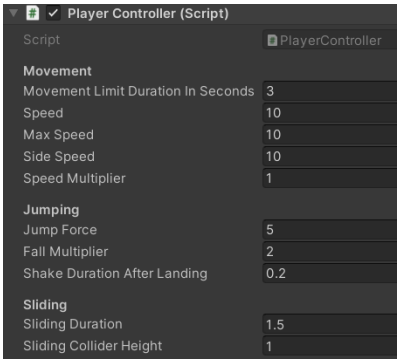
При развоју овог програмског модела коришћен је Јунитијев нови систем за обраду улаза (енгл. *Input System*). Захваљујући томе, мапирање свих контрола на тастатури или контролеру је могуће променити унутар *InputActions* објекта. Преузимање уноса корисника је извршено у скрипти *InputHandler*. Све скрипте које зависе од уноса корисника поседују референцу на ову скрипту, што у великој мери олакшава руковање контролама игре.

Игре развијене на основу овог програмског модела се на тренутно подржаним платформама могу контролисати користећи тастатуру или контролер за видео игре.

Контролер карактера је базиран на физици и налази се у скрипти *PlayerController*. Из тог разлога, читав код задужен за кретање карактера је смештен у *FixedUpdate* функцију. Ова функција се позива у фиксном временском интервалима по којем ради и Јунитијев погон за физику (енгл. *Unity Physics Engine*), што омогућава глатко и физички правилно кретање карактера.

Преузимање уноса корисника се врши у *Update* функцији, јер се она позива сваки фрејм, а не у фиксним интервалима, па не постоји ризик да неки унос корисника не буде регистрован.

Мноштво поља из скрипте *PlayerController* је изложено у инспектору, па се дизајнерима игре нуди широк спектар могућности за модификацију понашања карактера којим играч управља. Нека од тих поља су приказана на слици 3.



Слика 3. *Нека од својстава скрипте PlayerController која су доступна за измену у инспектору*

3.1. Оптимизација кода за кретање

Програмски код за кретање карактера се ослања на множење тродимензионалних вектора са брзинама кретања карактера по осама тродимензионалног координатног система и протеклим временом између два суседна позива *FixedUpdate* функције. Ове операције су комутативне, па је њихов редослед у овом програмском моделу такав да се увек изврши најмањи могући број операција потребних да се постигне одређени резултат. Дакле, прво се измноже сви скалари, па се затим добијени резултат помножи са векторима.

3.2. Модел и анимације карактера

3Д модел карактера и анимације коришћене у игри су преузете са сајта Миксамо (енгл. *Mixamo*) [3]. Будући да се померање 3Д модела врши програмски, било је неопходно да се све анимације карактера извршавају у месту. Због тога су са преузетих анимација обрисани фрејмови на којима је померање 3Д модела по z-оси.

4. КОНТРОЛА МУЗИКЕ И АУДИО ЕФЕКАТА

Контрола звучних ефеката у игри се врши помоћу *AudioManager* скрипте која је постављена на истоимени празан објекат у сцени. У овој скрипти се налазе референце на аудио изворе за репродукцију музике и звучних ефеката, као и имплементације различитих функција за контролу аудио репродукције. Ова скрипта је синглтон (енгл. Singleton), што значи да јој се може глобално приступати и да постоји само једна њена инстанца [4]. На тај начин је у великој мери олакшано коришћење аудио-клипова из различитих делова видео игре.

5. ПОЛОЖАЈИ И КОНТРОЛА КАМЕРЕ

У програмском моделу су имплементирани углови гледања, тј. камере из трећег (слика 4) и првог лица (слика 5) који у потпуности прате кретање играча. Могуће је променити активну камеру притиском на одређени тастер тастатуре или контролера.



Слика 4. *Уклизавање карактера гледано камером из трећег лица*



Слика 5. *Уклизавање карактера гледано камером из првог лица*

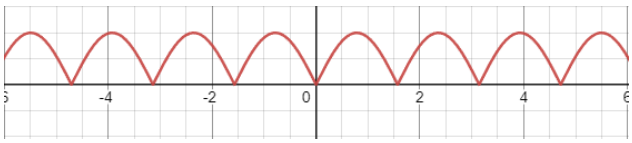
5.1. Потрес камере

У скрипти *CameraController* имплементиране су две функције за потрес камере у циљу повећања имерсивности приликом одређених радњи у игри. Обе функције су засноване на контроли амплитуде и фреквенције Перлиновог шума камере током одређеног временског периода. Прва функција омогућава добијање грубих потреса камере, па је искоришћена приликом ударца у препреку. У другој функцији се врши постепено умањење потреса камере помоћу интерполације вредности амплитуде шума, па је она искоришћена за симулацију суптилнијих потреса приликом доскока и уклизавања.

6. ХАПТИЧКА ПОВРАТНА СПРЕГА

У овом програмском моделу је тренутно имплементирано неколико различитих шаблона вибрације који контролишу вибрационе моторе у дршкама контролера и служе за пружање повратних информација. Неки од имплементираних шаблона су константна вибрација, линеарна вибрација, степенаста вибрација, таласаста вибрација и друге. Ове функције се налазе у скрипти *GamepadVibrationController* и помоћу њихових параметара је могуће фино подешавање одговарајућих шаблона вибрације контролера.

У случају овог програмског модела, вибрација контролера је примењена на неколико места. Константна вибрација различитог интензитета и трајања је примењена приликом доскока и при удару у препреку. Степенаста вибрација је примењена уз тајмер који се приказује пре почетка игре, па играч реко ње добија повратну информацију о преосталом времену до почетка игре чак и ако не гледа директно у екран. Приликом уклизавања примењена је посебна варијација таласасте вибрације, која је описана синусном функцијом приказаном на слици 6. Ова функција се показала веома погодном за симулацију трења и неравнина на подлози који се могу осетити и у стварном свету приликом оваквог вида кретања.



Слика 6. *Синусна функција коришћена за имплементацију варијације таласасте вибрације при уклизавању*

7. ЗАКЉУЧАК

Резултат рада је програмски модел који представља добру полазну тачку за развој видео игара жанра „Тркач“ са високим степеном имерсивности. Добијени програмски модел је проширив и прилагодљив.

Главни циљ у даљем развоју овог програмског модела јесте прилагођавање мобилним уређајима са екраном осетљивим на додир, уз евентуалну имплементацију подршке за контролу помоћу жироскопа.

У будућности се планира увођење нових типова сегмената стазе као што су скретања и раскрснице. Поред тога, постојећи програмски модел се може унапредити системом за генерисање окружења стазе, као и увођењем шејдера (енгл. *Shader*) који би се могао програмски контролисати, како би се створио ефекат закривљености стазе у неком смеру.

8. ЛИТЕРАТУРА

[1] Unity Technologies, „Garbage Collector Overview“, https://docs.unity3d.com/Manual/performance-garbage-collector.html, Званична документација о процесу ослобађања меморије (приступљено у септембру 2022.)

[2] Unity Technologies, „Introduction to Object Pooling“, https://learn.unity.com/tutorial/introduction-to-object-pooling, Званична документација са објашњењем обрасца удруживања објеката (приступљено у септембру 2022.)

[3] Adobe, Mixamo, https://www.mixamo.com/, Веб сајт за преузимање карактера и анимација (приступљено у септембру 2022.)

[4] E. Gamma, R. Helm, R. Johnson, J. Vlissides, “Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software”, Boston, Addison-Wesley, p. 127, October 1994.

Кратка биографија:



Василије Бурсаћ рођен је 1998. године у Новом Саду. Дипломирао је на Факултету техничких наука 2021. године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Електротехнике и рачунарства одбранио је 2022. године.

Зборник радова Факултета техничких наука, Нови Сад

UDK: 621.31
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE35Vojvodic

УПРАВЉАЊЕ ЕНЕРГИЈОМ БАТЕРИЈЕ ЕЛЕКТРИЧНОГ ВОЗИЛА ПРЕКО ДЦ ПУЊАЧА

ELECTRIC VEHICLE BATTERY MENAGEMENT USING A DC CHARGER

Стефан Војводић, Борис Думнић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Кратак садржај – *У раду је описана технологија рада електричних возила повезаног на мрежу. Објашњено је управљање током енергије батерија електричних возила, и наведене су врсте пуњача електричних возила. У софтверском окружењу MATLAB-SIMULINK симулирано је пуњење и пражњење батерије описаном методом.*

Кључне речи: *Батерије, електрична возила, пуњење и пражњење батерија, симулација*

Abstract – *This paper describes the technology of electric vehicles connected to the grid. Energy management of an electric vehicle battery is explained, and types of electric vehicle chargers are specified. In MATLAB-SIMULINK software environment, battery charging and discharging is simulated through the presented method.*

Keywords: *Batteries, electric vehicles, battery charging and discharging, simulation*

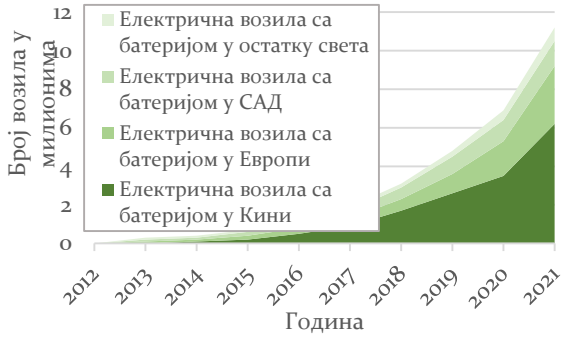
1. УВОД

Саобраћај и транспорт чине значајан удео у потрошњи енергије. Потрошња енергије праћена је и испуштањем штетних гасова у атмосферу. Наведене две појаве су значајне приликом одабира возила. Инжењери су довели моторе са унутрашњим сагоревањем до савршенства. Висока излазна снага, ниска потрошња су најбитније карактеристике возила са моторима са унутрашњим сагоревањем.

Мотори са унутрашњим сагоревањем су у прошлости били значајни због енергије која је ускладиштена у гориву. Енергија која је ускладиштена у запремини бензина од 1 литар је 8,76 kWh. Енергија која је ускладиштена у модерним батеријама у истој запремини се креће између 250 и 620 Wh. Дакле у гориву је ускладиштено чак 14 пута више енергије него у батеријама. Научници упозоравају да се резерве нафте смањују вртоглавом брзином. Иако је у данашње време најпрактичније користити возила са моторима са унутрашњим сагоревањем, у блиској будућности то ће се променити. Ниска ефикасност, пораст цене нафте од почетка 21. века, као и значајно загађење животне средине допринели су да се саобраћај и транспорт крупним корацима електрификују. Технолошки развој батерија, као и енергетске електронике омогућавају убрзан развој електричних возила уз све повољнију цену [1].

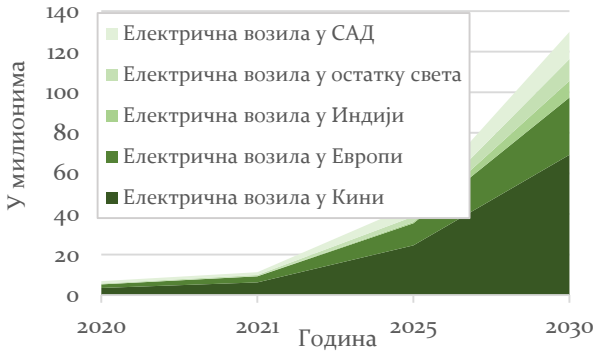
НАПОМЕНА:
Овај рад је проистекао из мастер рада чији ментор је био др Борис Думнић, ванр. проф.

Због тога је све већи удео електричних возила на тржишту. Вожња електричног возила по километру је постала јефтинија од километра вожње возила са мотором са унутрашњим сагоревањем. На слици 1 приказан је тренутни број електричних возила која су регистрована у периоду од 2012. до 2021. године у свету.



Слика 1. *Бројно стање електричних возила у свету* [2]

Технологија производње батерија и полупроводничких компоненти све више напредује. Због наведеног развоја, компоненте постају јефтиније и самим тим електрична приступачнија. Уз смањење резерви горива, електрична возила добијају на популарности. Слика 2 приказује пројектован број електричних возила у блиској будућности у периоду до 2030. године. На слици се види да ће најзначајнији пораст бити у Кини, као светском гиганту у смислу производње електричних возила. Претпоставке указују да ће до 2025. године на путевима бити око 45 милиона електричних возила. До краја текуће деценије, у саобраћају ће се наћи чак 130 милиона електричних возила.



Слика 2. *Очекивано бројно стање електричних возила у свету* [2]

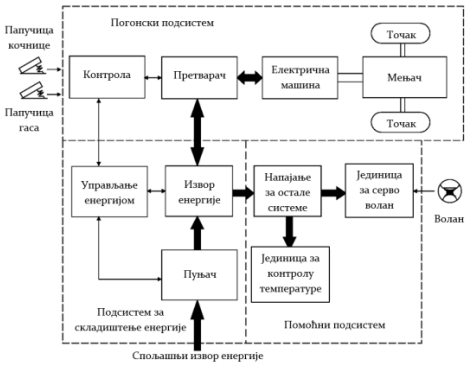
Ако се очекује масовни прелазак на електрична возила, потребно је обезбедити број пуњача који ће задовољити крајње потрошаче. Дакле, повећање броја електричних

возила на путевима треба да буде праћено ширењем мреже пуњача. Како би време допуњавања батерије било сведено на минимум, потребно је обезбедити велике снаге на прикључцима пуњача. Примена двосмерних пуњача електричних возила је значајна због тога што се током процеса пражњења батерије у мрежу одаје енергија из батерије (енгл. *Vehicle to grid*). Давањем енергије у мрежу могуће је растеретити мрежу током највећих оптерећења у току дана. Друго поглавље рада се бави објашњењем топологије, као и најзначајнијих подсистема електричног возила. У трећем поглављу су објашњене три технике пуњења батерија електричних возила. Кроз четврто поглавље је приказана симулација у којој се размењује енергија између батерије електричног возила и мреже на коју је возило прикључено преко ДЦ пуњача.

2. ТОПОЛОГИЈА ЕЛЕКТРИЧНИХ ВОЗИЛА

Почетак развоја електричних возила огледао се у преправци возила заменом мотора са унутрашњим сагоревањем са електричном машином, а резервоара за гориво са складиштем за електричну енергију. Мане преправке су велика маса возила, лоше карактеристике и смањена флексибилност. Данашња електрична возила се праве на шасији која је развијена управо за такву врсту возила и омогућава флексибилност [3].

Електрична возила данашњице се могу поделити на функционалне подсистеме. Ови подсистеми су: помоћни подсистем, погонски подсистем и подсистем за складиштење енергије. На слици 3 су приказани подсистеми електричних возила [3].



Слика 3. *Шематски приказ топологије електричног возила* [3]

2.1. Помоћни подсистем

Помоћни подсистем напаја све јединице које су заједничке за електрична возила и возила са моторима са унутрашњим сагоревањем, попут светала, музичке и навигационе мултимедије, електричне подизаче прозора, електронско закључавање врата. Најважнији делови које напаја наведени подсистем су јединица за серво волан, која олакшава окретање волана током вожње и јединица за контролу температуре унутар кабине возила [4].

2.2. Погонски подсистем

У погонски подсистем се убрајају електрична машина, претварач и контрола, улога електричне машина је покретање возила, претварач је део који напаја електричну машину, док је улога контролног дела да управља претварачем, како би се постигао жељени обртни момент возила. Остали делови су механички и нису од интереса. Код електричних возила, електрична машина треба да има што је могуће већи степен корисног дејства и што дужи животни век. На основу наведена два услова, најпогодније електричне машине за електрична возила су: кавезна асинхрона машина, синхрона машина са сталним магнетима, синхрона релуктантна машина, машина једносмерне струје са сталним магнетима, БЛДЦ машина (енгл. *Brushless direct current*), као и прекидачка релуктантна машина [5]. Друге врсте електричних машина нису од интереса јер захтевају чешће одржавање од наведених. Претварачи енергетске електронике који се користе у електричним возилима такође морају бити ефикасни, односно са малим прекидачким губицима. То је обезбеђено коришћењем ИГБТ-ова као прекидачких елемената [6]. Контрола електричног возила на основу положаја папучица гаса и кочнице шаље одговарајуће сигнале на извор енергије и претварач за напајање електричне машине како би се возила понашало према захтевима возача [4].

2.3. Подсистем за складиштење енергије

У подсистем за складиштење енергије се убрајају пуњач, извор енергије и јединица за управљање енергијом. Извор енергије код електричног возила јесте батерија. У возилима новије генерације, најчешће се налази литијум-јонска батерија. У подсистем за складиштење енергије, такође се убраја и пуњач за електрично возило. Пуњач који се налази унутар возила (енгл. *Onboard charger*) исправља улазни наизменични напон и добијеним једносмерним допуњава батерију електричног возила. Пуњач унутар возила омогућава да се возило прикључи на мрежу преко кућне утичнице било где. Међутим, ограничење ове врсте пуњача јесте маса и габарити. Из тог разлога, пуњач унутар возила не може брзо допунити батерију. Са друге стране пуњач који се налази изван возила нема ограничене габарите, па се струја пуњења значајно може увећати, а време смањити. Јединица за управљање енергијом је веома важан део подсистема за складиштење енергије. Задатак наведене јединице је да даје референце струје у/из батерије како не би дошло до „препуњавања“ или дубоког пражњења батерије, као и да стално прати стање напуњености (енгл. *State of charge*) батерије и (снагу батерије) [4].

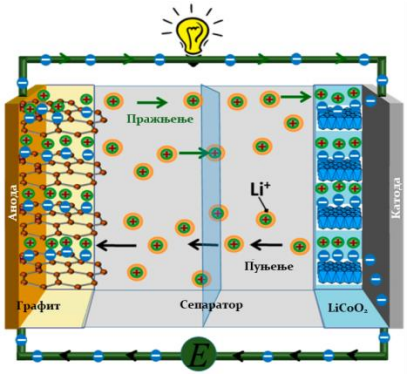
3. ТЕХНИКЕ ПУЊЕЊА И ПРАЖЊЕЊА БАТЕРИЈА ЕЛЕКТРИЧННИХ ВОЗИЛА

Литијум-јонске батерије чине извор енергије код електричних возила. Наведена врста батерија је осетљива на температурне промене унутар саме ћелије. Због тога је потребно дефинисати најпогодније технике пуњења батерија заснованих на литијуму.

Хемијска реакција које се дешава унутар литијум-јонске батерије током процеса пуњења/пражњења је:

$$LiCoO_2 + Li_{a-dx}C \leftrightarrow Li_{1-dx}CoO_2 + Li_aC \quad (1)$$

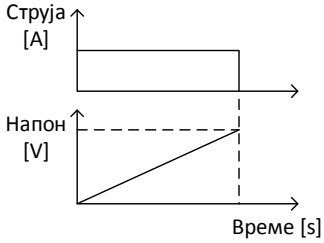
Са аноде (LiC) се отпуштају електрони који теку ка катоди кроз потрошач, као и позитивни јони литијума који теку ка катоди кроз електролит. Наведен је процес пражњења батерије. Процес је реверзибилан. На слици 4 је приказан ток електрона и литијумових јона при пуњењу/пражњењу литијум-јонске батерије.



Слика 4. *Процес пуњења/пражњења батерије* [7]

3.1. Пуњење константом струјом

Метода пуњења батерија константном струјом (ПКС) подразумева да је напонски извор на који је повезана батерија увек вишег напона у односу на батерију. Виши напон омогућава ток струје ка батерији. Напонски извор мора бити контролисан, како би струја стално била исте вредности. Методом пуњења константном струјом, обезбеђено је да се батерија линеарно пуни од 0 до 100% капацитета (стања напуњености енгл. *SOC-state of charge*). Једини параметар који се бира код ове методе је струја пуњења, којом је одређено и време пуњења. Недостатак ове методе је немогућност прецизног одређивања стања напуњености батерије, што може проузроковати „препуњавање“ батерије [8]. На слици 5 приказани су графици струје и напона приликом пуњења батерије методом константне струје.

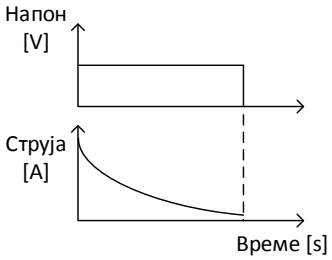


Слика 5. *Метода пуњења константном струјом*

3.2. Пуњење константним напоном

Најједноставнија метода пуњења батерија је пуњење константним напоном (ПКН). Прикључивањем делимично или потпуно испражњене батерије на напон у износу напона пуне батерије допуњава батерију. Код ове методе, при прикључењу батерије на пуњење јавиће се највећа струја пуњења услед највеће разлике између напона извора и напона батерије. Након тога, током процеса пуњења, струја ће се смањивати. Батерија је у потпуности напуњена када струја дође до минималне вредности (блиска нули).

Прва мана ове методе јесте то што се на почетку пуњења из извора повлачи велика струја, што значи да је потребно обезбедити велику снагу, тренутно. Управо велика почетна струја може довести до уништења батерије. Друга мана јесте што је потребно знати напон на који се прикључује батерија. Превисок напон проузроковаће скраћење животног века батерије, а ако је напон пренизак, батерија се неће у потпуности напунити [9]. На слици 6 приказани су графици струје и напона приликом пуњења батерије методом константног напона.



Слика 6. *Метода пуњења константним напоном*

3.3. Хибридно пуњење

Метода хибридног пуњења батерија је најпогоднија метода за пуњење литијум-јонских батерија. Хибридна метода комбинује методе пуњења константним напоном и константном струјом, како би се превазишле мане обе наведене методе. На почетку хибридне методе, примењује се метода пуњења константном струјом. Наведеном методом, батерија се пуни све док се не достигне максимално дозвољени напон батерије. Међутим, у том тренутку батерија није у потпуности напуњена и због тога се прелази на пуњење методом константног напона. Приликом пуњења батерије константним напоном, струја пуњења се смањује, а напуњеност батерије расте са временом. Батерија се сматра потпуно напуњеном када струја пуњења опадне на минималну вредност (блиску нули). Код хибридне методе пуњења батерије је битно правилно одабрати струју односно напон пуњења, али нема проблема са великом снагом на почетку пуњења, нити са несигурношћу око напуњености батерије [10].

4. РЕЗУТАТИ СИМУЛАЦИЈЕ

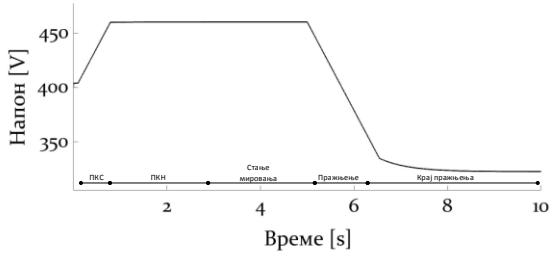
У склопу овог рада, урађена је симулација пуњења батерије хибридном методом, а затим и пражњења батерије. Симулација је вршена у окружењу *MATLAB-Simulink*. За симулацију је изабрана батерија номиналног напона 396 V, максимално дозвољеног напона 462 V, односно минимално дозвољеног напона 330 V (напон на крају пражњења енгл. *EOD-end of discharge voltage*). Пуњење константном струјом се врши све док батерија не достигне напон од 462 V, а након тога се прелази на метод пуњења константним напоном. За симулацију коришћен је претварач на мрежи, а батерија се налази у једносмерном колу. Претварач на мрежи се понаша као струјно контролисан извор и у режиму пуњења и у режиму пражњења батерије. Пуњење батерије подразумева негативан ток струје (од мреже ка батерији), док пражњење подразумева позитиван ток струје (од батерије ка мрежи).

На слици 7 види се да пуњење батерије почиње у тренутку почетка симулације. Исто се може утврдити и посматрањем слике 8, где се види да је струја негативна, што значи да тече из мреже ка батерији. На слици 8 се такође види да је споменуто пуњење константном вредношћу струје у износу од 0,5 A. Када батерија достигне напон од 462 V (у 0,8 s), прелази се на методу пуњења константним напоном. Да би експоненцијално опадање струје било видљиво, део слике је увећан. Када вредност струје опадне на вредност блиску нули, батерија је напуњена. У 5 секунди симулације, батерија почиње да се празни. Минимални дозвољени напон

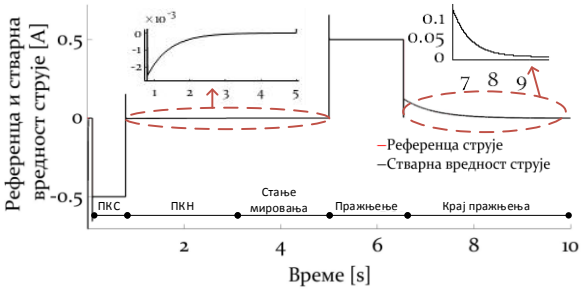
батерије је око 300 V. Када се батерија испразни до наведеног напона, струја

се регулише на нулту вредност, и батерија се више не празни до краја симулације.

На слици 9 дате су струје све три фазе мреже. На слици се види да струје повећавају амплитуду, у истим тренуцима када се струја у/из батерије повећава (било на позитивну или негативну страну). Амплитуда струје са 0,5 A, у 0,8 s опада на 0,08 A. У 5 s, амплитуда струје је поново 0,5 A, што се поклапа са чињеницом да у том тренутку енергија тече из батерије. На слици се такође приказују вредности струје мреже у временском интервалу између 5,18 и 5,38 секунди као и између 6,5 и 6,58 секунди, како би се лакше уочио таласни облик наведених струја. Са слике се види да је таласни облик струја мреже синусоидалан, као и да су струје мреже симетричне.



Слика 7. *Напон батерије током процеса пуњења/пражњења*



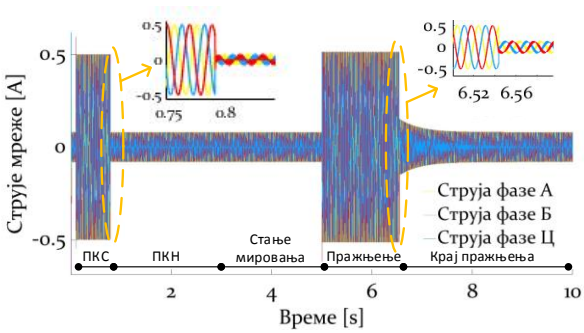
Слика 8. *Референца и стварна вредност струје у/из батерије током процеса пуњења/пражњења*

5. ЗАКЉУЧАК

Електрична возила су све више заступљена у саобраћају. Даљим повећањем броја може доћи до преоптерећења електроенергетског система, који већ ради у највећем могућем обиму. Ако је могуће у мрежу дати енергију из батерије електричних возила, тренуци највеће потражње за електричном енергијом се могу превазићи без бојазни за недостатком електричне енергије. Касније, исто возило се може допунити. Оваквим контролом, могуће је довести електроенергетски систем до стадијума да је потрошња готово константа.

У раду је теоријски описан начин пуњења батерија електричних возила. Хибридна метода пуњења и пражњења батерија представљена је и кроз симулацију у софтверском окружењу *MATLAB-Simulink.*

Теоријске претпоставке везане за пуњење и пражњење батерија потврђене су резултатима симулације.



Слика 9. *Вредности струја мреже*

6. ЛИТЕРАТУРА

[1] Olumide A. Towoju, Felix A. Ishola: „A case for the internal combustion engine powered vehicle“, Energy Reports, Доступно на: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484719309977

[2] IEA (2022), Global EV Outlook 2022, IEA, Paris доступно на: https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022

[3] C.C. Chan & K.T. Chau „Modern electric vehicle technology“, Oxford [England], Oxford University Press, 2001.

[4] Michael H. Westbrook: „The electric car: development and future of battery, hybrid and fuel-cell cars“, Institution of electrical engineers, London

[5] A.E. Fitzgerald, Charles Kingsley, Stephen Umans: „Electric machinery“, 2003.

[6] Веран Васић, Ђура Орос: „Енергетска електроника у погону и индустрији“, 2012.

[7] Madian M, Eychmüller A, Giebeler L. Current Advances in TiO2-Based Nanostructure Electrodes for High Performance Lithium Ion Batteries. Batteries. 2018; 4(1):7. https://doi.org/10.3390/batteries4010007

[8] Бане Попадић „Преглед метода за управљање претварачем енергетске електронике приликом пуњења Li-Ion батерија“, ФТН, 2016.

[9] John Hayes, Abas Goodarzi: „Electric powertrain“, 2018.

[10] James Larminie, John Lowry: „Electric vehicle technology explained“, John Wiley and Sons, 2012.

Кратка биографија:



Стефан Војводић рођен је у Врбасу 1998. године. Дипломски рад на Факултету техничких науке из области Електротехнике и рачунарства – Енергетска електроника и електричне машине одбранио је 2021. године. Исте године је уписао мастер академске студије.
Контакт: vojvodic.stefan@gmail.com



Борис Думнић рођен је 1976. године. Запослен је на Факултету техничких наука, Департману за енергетику, електронику и телекомуникације, Катедри за енергетску електронику и претвараче. Области интересовања су му електричне машине, погони енергетска електроника и обновљиви извори електричне енергије.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 621.38:620.9
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE36Mitrovic

PREGLED STANDARDA I DRUGE REGULATIVE O KVALITETU ELEKTRIČNE ENERGIJE

REVIEW OF STANDARDS AND OTHER REGULATIONS ON THE QUALITY OF ELECTRICAL ENERGY

Nikola Mitrović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – *U ovom radu su detaljno objašnjeni potreba za standardizacijom u oblasti kvaliteta električne energije i njena važnost. Prikazane su određene međunarodne organizacije i udruženja kao i uloga standarda koje one proizvode. Prikazana su međusobna poređenja standarda, kao i primer primene jednog ovakvog standarda iz oblasti kvaliteta električne energije u slučaju trofaznog polumostnog invertora.*

Ključne reči: *Standardi i preporuke, Pravilnici i propisi, Kvalitet električne enerije*

Abstract – *In this paper, the need for standardization in the field of electricity quality and its importance are explained in detail. Certain international organizations and associations are presented, as well as the role of the standards they produce. Mutual comparisons of standards are shown, as well as an example of the application of such a standard in the field of electricity quality in the case of a three-phase half-bridge inverter.*

Keywords: *Standards and recommendations, Rules and regulations, Electric power quality*

1. UVOD

Električna energija treba da zadovoljava određeni kvalitet. U cilju postizanja određenog kvaliteta električne energije, fokus je stavljen na konstantan nadzor samog kvaliteta električne energije. Imajući u vidu ove činjenice, različiti termini i definicije se koriste za kvantifikaciju problema kvaliteta električne energijeu smislu različitih indeksa performansi. Štaviše, razne organizacije i instituti su razvile brojne standarde koji se primenjuju na potrošače, proizvođače i komunalna preduzeća kako bi održali prihvatljiv nivo kvaliteta električne energije [1,2].

Celokupan elektroenergetski sistem proizvodnje, prenosa, distribucije i potrošnje električne energije danas predstavlja jedan od najsloženijih tehničko-ekonomskih sistema. Zbog postojanja različitih elemenata koji su sve češće aktivni elementi, u tim mrežama se javljaju viši harmonici. Pored toga, značajna je pojava različitih poremećaja u isporuci električne energije kao što su padovi, skokovi, propadi i prekidi napona, naponska izobličenja, brze prelazne promene, kao i ostale nepoželjne pojave koje mogu izazvati teže posledice kod posebno osetljivih potrošača. Imajući u vidu ove činjenice, različiti termini i definicije se koriste za kvantifikaciju problema kvaliteta električne energije u smislu različitih indeksa performansi. Štaviše, razne organizacije i instituti su razvile brojne standarde koji se primenjuju na potrošače, proizvođače i komunalna preduzeća kako bi održali prihvatljiv nivo kvaliteta električne energije

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vladimir Katić, red. prof.

2. KVALITET ELEKTRIČNE ENERGIJE

Tema kvaliteta električne energije je po prirodi veoma široka. Pokriva sve aspekte inženjeringa elektroenergetskog sistema, od analiza nivoa prenosa i distribucije do problema krajnjih korisnika. Dakle, kvalitet električne energije je postala briga elektroprivrednih preduzeća, krajnjih korisnika, arhitekata, građevinskih inženjera kao i proizvođača. Problemi kvaliteta električne energije se mogu klasifikovati na sledeći način: tranzijenti, kratkotrajne naponske varijacije, dugotrajne naponske varijacije, neuravnoteženost, izobličenje talasnog oblika napona i struje, fluktuacije napona, fluktuacije struje.

3. ORGANIZACIJE KOJE IZDAJU STANDARDE

Mnogi dokumenti za kontrolu kvaliteta električne energije generisali su različite organizacije i instituti. Ovi dokumenti dolaze u tri nivoa primenljivosti i validnosti: smernice, preporuke i standardi [3,4].

Međunarodne organizacije, koje izdaju standarde (neobavezujuće) su IEC (*International Electrotechnical Commision*), CENELEC (engl. *European Committee for Electrotechnical Standardization*), i ISO (engl. *International Standards Association*).

Međunarodna stručna udruženja, koja postoje i izdaju preporuke ili standarde (neobavezujuće) su: IEEE (engl. *Institute of Electrical and Electronic Engineers – Standard Association*), CIGRE (franc. *Conseil International des Grands Reseaux Electriques*), CIRED (franc. *Congres International des Reseaux Electriques de Distribution*), UNIPEDE *(franc. Union internationale des producteurs et distributeurs d'énergie électrique*), CBEMA/ITIC (*Computer and Business Equipment Manufacturers Association/Information Technology Industry Council*) i dr.

Nacionalne standarde, izdaju nacionalne ili nadnacionalne organizacije za standardizaciju i oni predstavljaju obavezujuće norme, a u svetu su najpoznatiji standardi Evropske Unije - EN (engl. *European Norm*), nemački standardi - DIN (nem. *Deutsches Institut für Normung*), američki standardi – ANSI (engl. *American National*

Standards Institute), australijski standardi – AS (engl. *Australian Standards*), standardi Velike Britanije - BS (engl. *British Standard*), a kod nas srpski standardi – SRPS, koje izdaje Institut za standardizaciju Srbije sa sedištem u Beogradu [5, 6].

4. MEĐUNARODNI STANDARDI

Većina razvijenih industrijskih zemalja sveta, kao i najznačajnije međunarodne organizacije su donele tehničke propise, preporuke ili standarde sa navođenjem graničnih vrednosti osnovnih parametara kvaliteta električne energije od kojih zavisi stabilnost rada elektroenergetskog sistema (efektivna vrednost napona, frekvencija, fazni pomeraj i sl.), kao i pravilan rad raznih električnih potrošača [5-8]. U tabeli 1 dat je pregled nekih najvažnijih iz oblasti kvaliteta električne energije, koje su donela međunarodne, odnosno nadnacionalne organizacije IEC, IEEE i EN [8]. U nastavku će širi osvrt biti dat samo za neke najčešće korišćene standarde.

Tabela 1: *Pregled međunarodnih standarda vezanih za kvalitet električne energije [8]*

Standards	Description
IEEE Standard 519-1992	Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems
IEEE Standard 1159-1995	ommended Practice for Monitoring Electric Power Quality
IEEE Standard 1100-1999	ommended Practice for Powering and Grounding Sensitive Electronic Equipment
IEEE Standard 1250-1995	Guide for Service to Equipment Sensitive to Momentary Voltage Disturbances
IEEE Standard 1366-2012	Electric Power Distribution Reliability Indices
IEC 61000-2-2	npatibility Levels for Low-Frequency onducted Disturbances and Signaling in Public Supply Systems
IEC 61000-2-4	npatibility Levels in Industrial Plants for Low-Frequency Conducted Disturbances
IEC 61000-3-2	its for Harmonic Current Emissions (Equipment Input Current Up to and Including 16 A Per Phase)
IEC 61000-4-15	Flicker Meter - Functional and Design Specifications
EN 50160	Voltage Characteristics of Public Distribution Systems
IEEE 519-1992	Permissible level of waveform distortion
IEEE Std141-1993	ommended Practice for Electrical Power Distribution for Industrial Plants.
IEEE Std142-1991	ommended Practice for Grounding of Industrial & Commercial Power System
IEEE Std241-1990	ommended Practice for Electric Power Systems in Commercial Buildings.
IEEE Std242-2001	ommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems
IEEE Std446-1995	ommended Practice for Emergency and Standby Power Systems for Industrial and Commercial Applications
IEEE Std493-1997	ommended Practice for the Design of Reliable Industrial & Commercial Power Systems
IEEE Std 1100-1999	ommended Practice for Powering and Grounding Electronic Equipment
IEEE Std 1250-1995	E Equipment Disturbances. Sensitive to Guide for Service to Momentary Voltage
IEEE Std 1346-1998	ommended Practice for Evaluating Electric Power System Compatibility with Electronic Process Equipment
IEEE Std518-1982	E Guide for the Installation of Electrical Equipment to Minimize Electrical Noise Inputs to Controllers from External Sources
IEEE C62.21-2003	E Guide for the Application of Surge Voltage Protective Equipment on AC Rotating Machinery 1000 Voltsand Greater
IEEE C62.22.1-1996 (R2003)	E Guide for the Connection of Surge Arrestors to Protect Insulated, Shielded Electric Power Cable Systems
IEEE Sid C62.22.1997	E Guide for the Application of Metal Oxide Surge Arrestors for Alternating Current Systems
IEEE Std C62.41-1991	E Recommended Practice on Surge Voltage in low Voltage AC Power Circuits.
IEEE C62.41.1-2002	E Guide on the 'Surge Environment n Low Voltage (IOOOV and less) AC Power Circuits
IEEE C62.41.2-2002	E Recommended Practice on Characterization of Surges in Low Voltage (lOOOV and less) AC Power Circuits
IEEE Std C62.42-1992	E Guide for the Application of Gas-Tube and Air Gap Arrestor Low Voltage (Equal to or Less than 1000Vrrns or 1200Vdc) Surge Protective Devices

4.1. IEEE Standradi

Problemi kvaliteta elektricne energije se u ovom udruženju razmatraju dugi niz godina i to preko ciljanih projekata i posebnih radnih grupa. Sve oblasti kvaliteta su obuhvaćene, ali je najviše urađeno u oblasti viših harmonika, merenja i praćenja, kao i propada napona (IEEE Standard 519, IEEE Standard 1159) [9, 10]. Međutim, značajni rezultati su i iz oblasti uzemljenja, telekomunikacione opreme, pouzdanosti i dr., koje takođe utiču na kvalitet [5].

4.2. CENELEC - EN 50160

Standard EN 50160 daje definicije i opisuje bitne osobine distributivnog napona na mestu predaje potrošacu u javnim niskonaponskim (NN) i srednjenaponskim (SN) mrežama pri normalnim pogonskim uslovima. Cilj standarda je da se utvrde karakteristike distributivnog napona s obzirom na frekvenciju, velicinu, talasni oblik i simetriju trofaznog napona [5]. Ovaj standard se koristi u svim zemljama Evropske Unije, kao i zemljama kandidatima, a doslovno je preveden i prihvaćen u Srbiji kao SRPS EN 50160 [11].

4.3. IEC Standard serije 61000

IEC 61000 je serija standarda, koja se naziva Elektromagnetna kompatibilnost (EMC). Ona obuhvataju kompletnu problematiku EMC – kondukovane smetnje, smetnje zračenjem, električna i magnetna polja, elektrostatička pražnjenja i impulsne nuklearne elektromagnetne smetnje i izdaje se sukcesivno (do sada još nisu izdati svi planirani standardi, mada su neki doživeli i više izdanja) [12]. Ovi standardi su takođe prihvaćeni u mnogim zemljama kao nacionalni. U Srbiji se koristi niz ovih standarda (na prim. SRPS EN IEC 61000-4-3:2021), kao i odgovarajući iz Evropske Unije [13]

5. MEĐUNARODNE PREPORUKE, PRAVILNICI I PROPISI

Međunarodne organizacije se bave limitiranjem uticaja energetskih pretvarača na okolinu, a posebno pojavom "zagađenja" mreže višim harmonicima. Najvažnije od njih su IEC (Medunarodna elektrotehnička komisija), CENELEC (Evropski komitet za elektrotehnicku standardizaciju). Isto se naglašava važnost i drugih organizacija, a to su: IEEE (Institut inženjera elektrotehnike i elektronike) i CIGRE (Medunarodna konferencija za velike električne mreže) [5-7].

6. DOMAĆI STANDARDI I PREPORUKE

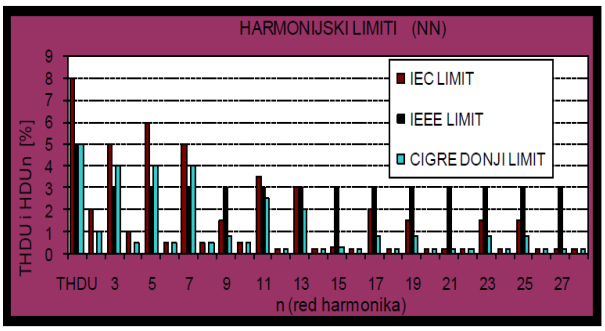
U Srbiji se koristi standard SRPS EN 50160, koji je usaglašen sa evropskim standardom EN 50160. On u stvari predstavlja doslovni prevod ovog standarda na srpski jezik i na taj način se vrši harmonizacija srpske standardizacije sa evropskom. Ovaj standard daje glavne karakteristike napona na priključcima za napajanje potrošača na javne niskonaponske i srednjenaponske sisteme distribucije električne energije u uslovima normalnog rada. Ovaj standard daje granice ili vrednosti u kojima bilo koji potrošač može očekivati da budu karakteristike napona i ne opisuje tipičnu situaciju priključenja potrošača na javnu mrežu za napajanje [11].

7. MEĐUSOBNO POREĐENJE

U ovom poglavlju dato je poređenje različitih standarda, gde se posmatraju harmonici napona, harmonici struje i varijacije napona.

7.1. Harmonici napona

Kao mera kvaliteta koristi se standard IEEE-519. Ostali standardi koji se upoređuju su IEC i CIGRE preporuke. CIGRE daje dva nivoa graničnih vrednosti, a to su gornji i donji. Postoje i gornji limiti i u IEC-u koji su dati u standard IEC 61000-2-2 i viši su od limita koji su zadati u standardz IEEE-519. Ovi limiti se retko dostižu u mreži, s tim da donose više negativnih efekata, ako se te vrednosti premaše. Donji limiti CIGRE-a imaju manju verovatnoću negativnih efekata i nešto viši od limita koji su zadati u standardu IEEE-519 za harmonike od reda n≤7, ali su strožiji za harmonike većih redova.



Sl.1. *Poređenje IEC, IEEE-519 i CIGRE (donjeg) limita za NN mrežu [5]*

7.2. Harmonici struje

Kao mera kvalitete kod harmonika struja ponovo se koristi standard IEEE-519 koji se poredi sa standardom IEC 61000-3-2 [5, 14]. Kod IEC 61000-3-2 treba napomenuti da se merenje strujnih harmonika vrši na linijskom provodniku, a ne na neutralnom. Međutim, za jednofazne aplikacije to se može uraditi na neutralnom provodniku, ali ne i u trofaznim aplikacijama [14].

7.3. Varijacije napona

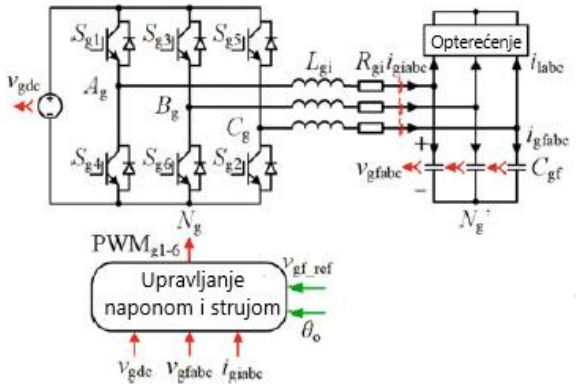
Kod standarda IEC 61000-4-30 pad napona je definisan kao kratko smanjenje efektivnog napona od 10% ili više ispod preporučenog opsega u periodu od 1/2 ciklusa do 1 min. Uzrok tome je iznenadna velika promena opterećenja kroz impedansu izvora, kao što je pokretanje motora ili događaji kratkog spoja. Rast napona kod standard IEC 61000-4-30 definisan je kao definisano kao trenutno povećanje efektivne vrednosti (R.M.S., engl. *Root Mean Square*) napona za 10% ili više iznad preporučenog opsega napona opreme za period od 1/2 ciklusa do 1 min. Povećanja, poskoci napona su manje uobičajena od padova, propada napona i obično su povezana sa uslovima kvara u sistemu ili rasterećenja velikih potrošača.

8. PRIMER REALIZACIJE

U ovoj glavi će biti detaljno objašnjeno aktivno rešenje, tj. jedan invertor koji je simuliran u Matlab/Simulink okruženju i njegovi odzivi će biti detaljno pojašnjeni. Koristiće se standard IEEE-519 za harmonike napona i struje.

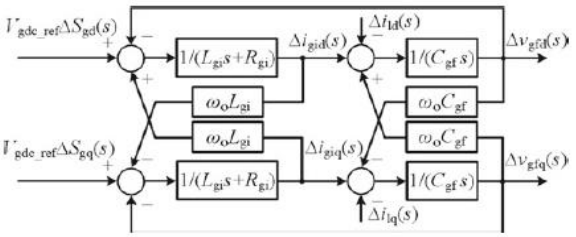
8.1. Fundamentalni principi

Uređaj za neprekidno (besprekidno) napajanje - UPS (engl. *Uninterruptable Power Supplies*) obezbeđuju visokokvalitetno napajanje čak i kada su električne mreže isključene. Generalno, UPS-ovi imaju ulogu i kod poboljšanja problema kvaliteta napona, uključujući odstupanja amplitude napona, harmonike napona i/ili neravnoteže napona [15]. Ovde se koristi jedan trofazni mostni invertor čija je šema i način upravljanja prikazana na slici 2.



Sl.2. *Šema upravljanja trofaznog polumostnog invertora sa opterećenjem*

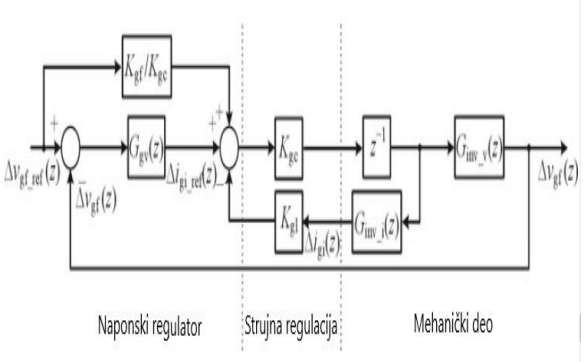
Model postrojenja UPS sistema je prikazan na slici 3., gde su termini unakrsnog spajanja uvedeni transformacijama okvira. Takvi termini unakrsne sprege će uticati na stabilnost sistema.



Sl.3. *Model postrojenja UPS-a*

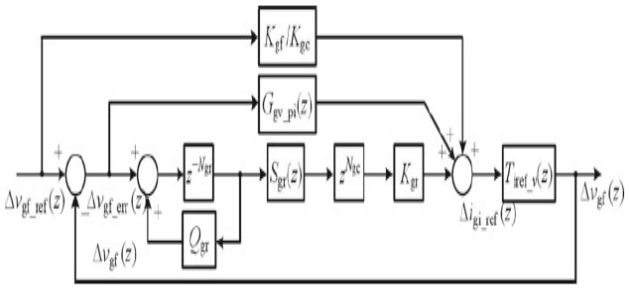
8.2. Simulacija modela

Strujni regulator ima za cilj da ograniči struje pretvarača i preoblikuje sisteme, posebno za prigušivanje LC rezonancija, tako da se regulator napona može bolje dizajnirati.



Sl.4. *Blok dijagram strujne regulacije u z-domenu*

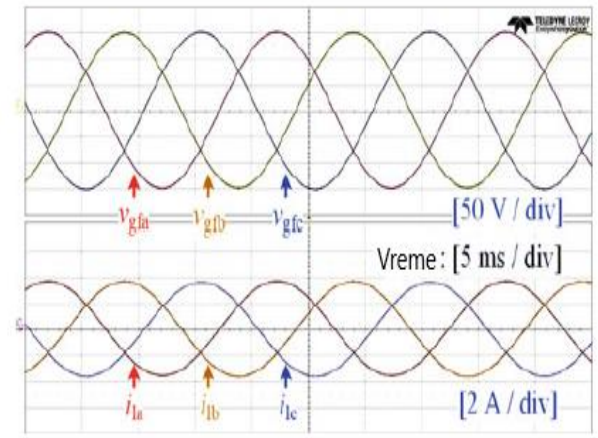
U tom smislu, trebalo bi da se uzme slučaj prenosne funkcije sa trenutne reference ΔI_{gi_ref} na napon kondenzatora Δv_{gi}. Na slici 5. prikazana je detaljna blok šema naponskog regulatora kod ovakvog rešavanja problema kvaliteta energije. Kontroler napona ima za cilj da eliminiše greške praćenja napona i odbaci smetnje. S obzirom da je referenca napona konstanta u d-osi i nula na k-osi, PI kontroler je dovoljan za praćenje napona bez ikakve greške. Ovaj model sadrži i osnovnu jedinicu kašnjenja perioda z^{Ngr}, konstantu oko jedan Kgr, niskopropusni filter Sgr(z) koji je ograničen na 500 Hz prema standardu IEEE 519, jedinicu fazne kompenzacije z^{Ngc} i proporcionalno pojačanje Kgr [15].



Sl.5. *Detaljna blok šema naponskog regulatora*

8.3. Rezultati simulacije

Na slici 6. prikazani su odzivi struje i napona linearnog rezistivnog opterećenja, gde se primećuje da su odzivi sinusoidalnog oblika, što je bilo i očekivano. THD ovde iznosi 1.39%, što je u skladu sa standardom IEEE-519, gde ograničenje iznosi 3% [15].



Sl.6. *Odzivi napona linearnog rezistivnog opterećenja*

9. ZAKLJUČAK

Za ograničenje i pravilan rad u distributivnim i elektroenergetskim sistemima postoje različite organizacije i udruženja koja izdaju standarde za poboljšanje kvaliteta električne energije, kao što su IEC, IEEE, CENELEC, CIGRE, ISO, CEE itd. Njihovi standardi postavljaju ograničenja za određene probleme koje pogoršavaju kvalitet električne energije. Rešenja za probleme kvaliteta električne energije ukratko su klasifikovana na pasivna i aktivna rešenja. Pasivna rešenja koriste pasivne komponente za poboljšanje kvaliteta električne energije. Alternativno, aktivna rešenja uključuju energetske elektronske uređaje ili opremu. U energetskim sistemima sa više elektronike, aktivna rešenja igraju sve važniju ulogu u kondicioniranju kvaliteta električne energije.

10. LITERATURA

[1] D.A. Paice, „Power Electronic Converter Harmonics", IEEE Press, Piscataway, USA, 1996

[2] J. Arrillaga, B.C. Smith, N.R. Watson, A.R. Wood, "Power System Harmonic Analysis," John Wiley and Sons, Chichester, U.K., 1997

[3] M.A.S. Masoum, E.F. Fuchs, "Power Quality in Power Systems and Electrical Machines", 2nd Edition, Elsevier Science, Amsterdam, 2015.

[4] G.T. Heydt, "Electric Power Quality", Star in a Circle Publications, 1991.

[5] V. Katić, "Kvalitet električne energije – viši harmonici", Monografija, Univerzitet u Novom Sadu - Fakultet tehničkih nauka, Br. 6, Novi Sad, 2002

[6] V. Katić, A. Tokić, T. Konjić, "Kvalitet električne energije", TEMPUS-CEFES, FTN, Novi Sad, 2007

[7] V.Katić, "Network Harmonic Pollution - A Review and Discussion of International Standards and Recommendations", IEEE International Power Electronic Congress - CIEP'94, Puebla (Mexico), 21-25 Aug. 1994, pp.145-151,

[8] V.A. Deshmukh, "A general review of power quality standards and terminologies", Journal of University of Shanghai for Science and Technology, Vol. 23, Issue 9, Sep.2021, pp.864-901.

[9] IEEE Std 1159-2019: "Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality", IEEE, New York, 2019.

[10] IEEE Standard 519-1992: "IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems", IEEE, New York, 1993.

[11] SRPS EN 50160 2012 / A2:2020, "Karakteristike napona napajanja elektične energije javnom distributivnom mrežom", Institut za standardizaciju Srbije, Beograd, 2020.

[12] http://www.iec.com

[13] ***, „Spisak srpskh standarda iz oblasti elektromagnetske kompatibilnosti", Sl. glasnik RS, br. 37, 2019.

[14] M.N.Z. Abidin, "IEC 61000-3-2 Harmonics Standards Overview", Schaffner EMC Inc., Edsion, NJ, USA

[15] J. Fang, "More-Electronics Power Systems: Power Quality and Stability", Springer, Germany, 2021

Kratka biografija:



Nikola Mitrović rođen je u Loznici 1992. god. Osnovne studije završio je na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu 2020. godine iz oblasti Elektrotehnika i računarstvo, smer Elektroenergetski sistemi. Master rad, na istom fakultetu odbranio je septembra 2022. god.

Kontakt:
nikolamitrovicftn@gmail.com

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 621.38:620.9
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE37Sarajlic

NAPREDNE METODE KONTROLE AC/DC PRETVARAČA ZA POBOLJŠANJE RADA DC MIKRO MREŽA

ADVANCED CONTROL TECHNIQUES OF THE AC/DC CONVERTERS FOR DC MICRO GRIDS OPERATION IMPROVEMENT

Sonja Sarajlić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija*
Miguel Jimenez Carrizosa, *Politehnički univerzitet, Madrid, Španija*
Vladimir Katić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija*

Oblast – ELEKTROTEHNIKAIRAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – *Rad se bavi upoređivanjem linearnog i nelinearnog načina kontrole konvertora u DC mikromreži prema kriterijumima brzine dostizanja referentnog signala i magnitude oscilacija oko njega.*

Ključne reči:*elektroenergetski pretvarači, mikro mreže, linearna kontrola, nelinearna kontrola*

Abstract – *In this paper, performance of linear and nonlinear mode control of VSC converter in a DC microgrid was evaluated and compared based on the speed of reaching the reference signal and the magnitudes of oscilations around it.*

Keywords:*power converters, micro grids, linear control, nonlinear control*

1. UVOD

Mikro mreže su relativno mali, kontrolisani delovi distributivnog elektro-energetskog sistema (EES), koje se sastoje od jednog ili više izvora električne energije (distribuirani generatori) povezanih sa krajnjim korisnicima (lokalnim potrošačima), kao i prekidača za direktnu vezu sa javnom EES. Pametne mikro mreže koriste digitalne informacije, kontrolu i sisteme pametnog merenja za optimizaciju. Mogu funkcionisati nezavisno (obične ograničeno vreme) ili u sklopu javne distributivne mreže [1].

U poslednje vreme javljaju se predlozi za formiranje jednosmernih (DC) mikro mreža, koje nude prednosti kao što su manji broj pretvarača energije, veća efikasnost sistema i lakša integracija obnovljivih izvora energije i baterijskih elektro-energetskih skladišta (BESS) [2-4]. Ovi sistemi bi mogli da rade zajedno (paralelno) sa AC mikro mrežama u formi hibridnih AC-DC mreža ili samostalno, najčešće kao u vidu nano-mreža (kućne DC instalacije) sa mogućnošću povezivanja na AC mreže.

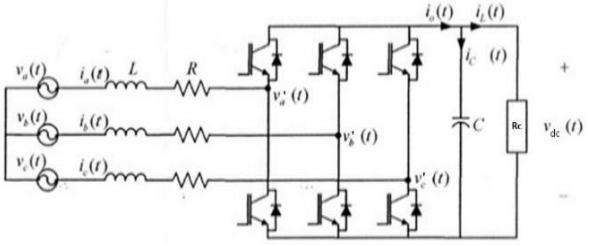
Međutim, da bi se ostvario rad DC mikro mreže, njeno povezivanje sa glavnom AC mrežom i omogućila dvosmerna razmena energije, potrebno je obezbediti odgovarajuće pretvaračke sklopove, upravljačke algoritme, a i module za sinhronizaciju [3-5]. Pokazalo se da upotreba energetskih pretvarača, koja prati dinamiku između izvora, distributivnog sistema i opterećenja smanjuje veličinu, težinu i troškove energetskih sistema, istovremeno povećavajući efikasnost, sigurnost i pouzdanost [4,5].

Naponski AC/DC pretvarač (eng. *Voltage Source Converter*, VSC) je vrsta energetskih elektronskih pretvarača, koji se može koristiti u DC mikro mrežama za njihovo povezivanje na glavnu mrežu. VSC se upravlja (kontroliše) korišćenjem linearnih i nelinearnih metoda. U ovom radu su testirane obe metode, a zatim je njihov učinak procenjen i upoređen.

2. NAPONSKI AC/DC PRETVARAČ

Za povezivanje AC i DC delova hibridne mikro mreže obično se koristi naponski AC/DC pretvarač (VSC) sa poluprovodničkim tranzistorskim prekidačima (najčešće IGBT), koji daju dva stepena slobode, tj. kod kojih se mogu kontrolisati i uključenje i isključivanje. Ovakvi pretvarači imaju konstantan izlazni (DC) napon, što se obezbeđuje DC filterskim kondenzatorom. Šematski prikaz pretvarača sa AC mrežom na ulazu (predstavljenom idealnim AC izvorom i impedansom) i DC mrežom na izlazu (u vidu potrošačke impedanse) prikazan je na slici 1.

Za upravljanje se koristi metod sinusne impulsno-širinske modulacije (eng. *Sinusoidal Pulse Width Modulation*, SPWM), a pretvarač je modelovan primenom Parkove ili *dq* (*direct quadrature*)transformacije, koja se koristi za transformisanje koordinata iz trofaznog statičnog koordinatnog sistema u *dq* rotirajući koordinatni sistem [6].



Sl.4. *Blok dijagram celog sistema u sistemu relativnih jedinica*

3. LINEARNA KONTROLA

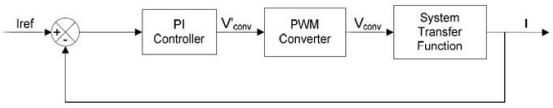
Zbog različite dinamike struje usled impedanse mreže i DC napona na kondenzatoru, upravljanje je podeljeno na dve petlje: unutrašnju (kontrola struje) i spoljašnju (kontrola napona). Unutrašnja strujna petlja kontroliše

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vladimir Katić, red.prof.

struju između DC veze i AC mreže. Njenu referencu obezbeđuje spoljašnja naponska petlja. Mogu se koristiti dve vrste upravljanja – PQ i VQ. Da bi se kontrolisala aktivna i reaktivna snaga (PQ upravljanje), potrebna je samo unutrašnja strujna petlja, dok je za kontrolu napona i reaktivne snage (VQ upravljanje) potrebna i spoljašnja naponska petlja.

3.1. Unutrašnja strujna petlja

Unutrašnja strujna petlja (kontrola), sastoji se od PI kontrolera, PWM konvertora i prenosne funkcije sistema. Na slici 2 prikazana je opšta blok šema ove petlje.



Sl.2. *Opšta blok šema unutrašnje strujne kontrole*

Prilikom dizajniranja pretpostavljase konstantan U_{dc} napon, zbog znatno sporije dinamike DC naponaod d i q komponenti struje (i_d i i_q). Funkcija prenosa otvorene petlje (G_{ol}) sistema data je sa:

$$G_{ol}(s) = K_{p,pu}\left(\frac{1+T_i s}{T_i s}\right)\frac{1}{1+T_a s}\frac{-1}{R_{pu}\,(1+s\tau_{pu})} \qquad (1)$$

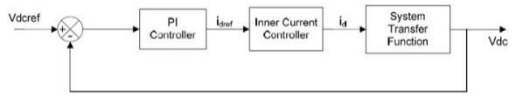
gde su $K_{p,pu}, T_i, L_{pu}$ i R_{pu} proporcionalno pojačanje, integralna vremenska konstanta, induktivnost i otpornost energetskog sistema u sistemu r.j. (*p.u.*), dok je $\tau_{pu} = L_{pu}/\,R_{pu}$.
Podešavanje kontrolera se vrši korišćenjem *modulus optimum* kriterijuma podešavanja [6]. Ovaj kriterijum je pogodan zbog svoje jednostavnosti i brzog odgovora, što je zahtev za unutrašnju strujnu petlju kod kaskadne kontrole. Podešavanja strujnog kontrolera pomoću *modulus optimum* kriterijuma data su sa:

$$K_p = \frac{\tau_{pu} R_{pu}}{2\,T_a} \qquad (2)$$

$$T_i = \tau_{pu} \qquad (3)$$

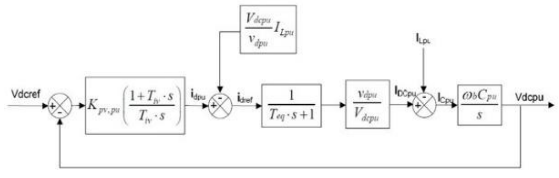
3.2. Spoljašnjanaponska petlja

Da bi se odredili parametri DC veze naponskog kontrolera, potrebno je odrediti prenosnu funkciju između referentne vrednosti struje i DC napona. Opšta blok šema spoljašnje naponske petlje (kontrole)dataje na slici 3.



Sl.3. *Opšta blok šema spoljašnje naponske kontrole*

Referencu spoljašnje petlje obezbeđuje strujni kontroler koji je pojednostavljen tako da ima ekvivalentnu funkciju prvog reda. Blok dijagram pojednostavljenog kompletnog sistema naponske kontrole u sistemu r.j. je prikazan na slici 4.



Sl.4. *Blok šema sistema u sistemu relativnih jedinica*

Glavni ciljevi dizajna spoljašnje petlje su optimalna regulacija i stabilnost, te je najbolje da ona bude podešena prema kriterijumu simetričnog optimuma [6]. Prema datom kriterijumu, parametri podešavanja spoljašnjeg kontrolera su:

$$T_{iv} = a^2 T_{eq} \qquad (4)$$

$$K_{pv,pu} = \frac{T_c}{K\sqrt{T_{iv}T_{eq}}} = \frac{T_c}{aKT_{eq}} \qquad (5)$$

gde je T_{iv} vremenska konstanta kontrolera a $K_{pv,pu}$ njegovo pojačanje. Koristeći ove parametre prenosna funkcija otvorene petlje postaje:

$$G_{v,OL}(s) = \frac{1}{a^3 {T_{eq}}^2 s^2}\left(\frac{1+a^2 T_{eq} s}{1+T_{eq} s}\right) \qquad (6)$$

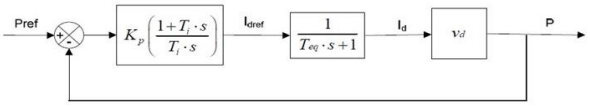
Sledi da je prenosna funkcija zatvorene petlje:

$$G_{v,CL}(s) = \frac{1+\,a^2 T_{eq} s}{1+a^2 T_{eq} s + a^3 {T_{eq}}^2 s^2 + a^3 {T_{eq}}^3 s^3} \qquad (7)$$

Vrednost koeficijenta a bira se na osnovu željenog odziva. Manje vrednosti a daju manju faznu marginu i veće oscilacije, dok povećanje vrednosti a dovodi do boljeg prigušenja, ali sporijeg odgovora.

3.3. Kontroleri aktivne i reaktivne snage

Kontrolna petlja aktivne snage je prikazana na slici 5. Blok dijagram je izveden uzimajući u obzir aproksimaciju prvog reda unutrašnjeg strujnog regulatora. PI kontroleri u ovom slučaju mogu biti podešeni prema kriterijumu simetričnog optimuma, kao što je prethodno urađeno za DC naponski kontroler.



Sl.5. *Blok šema kontrolne petlje aktivne snage u sistemu relativnih jedinica*

4. NELINEARNA KONTROLA

AC/DC pretvarači imaju nelinearnu i vremenski promenljivu prirodu, a linearni modeli su aproksimativni i zavise od radne tačke. Stoga, klasični linearni kontroleri ne mogu da održe željenu stabilnost i performanse u širokom spektru radnih uslova. Pogodnije je koristiti nelinearni tip kontrole. U ovom radu testirana je nelinearna kontrola u kliznom režimu, a da bi se odredilo da li je sistem stabilan korišćena je Ljapunova teorema.

4.1. Kontrola u kliznom režimu

Kontrola u kliznom režimu (eng. *Sliding Mode Control, SMC*) je tip nelinearne kontrole, koji se koristi da bi se poboljšale dinamičke i statičke performanse sistema [7]. Poznata po odličnom dinamičkom odgovoru i robusnosti na poremećaje i nesigurnosti. U ovoj metodi kontrolni se signal koristi se za vođenje radnih tačaka sistema putanjom na površinu, poznatoj kao klizna površina ili hiper ravan. Sve tačke trajektorije se forsiraju u blizinu ove površine u konačnom vremenu i nakon toga ka tački ravnoteže sistema. Zakon upravljanja je dizajniran da održava kontrolne promenljive na kliznoj površini. Kontrolne varijable nelinearne kontrole su sledeće:

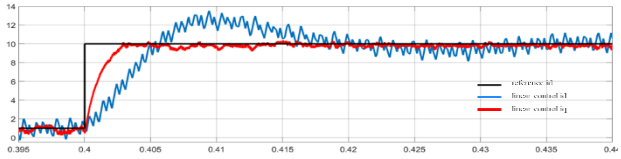
$$M_d{}' = \frac{\alpha L e_d + \beta L sign(e_d) - R i_d + U_d}{U_{dc}} \qquad (8)$$

$$M_q{}' = \frac{\alpha L e_q + \beta L sign(e_q) - R i_q + U_q}{U_{dc}} \quad (9)$$

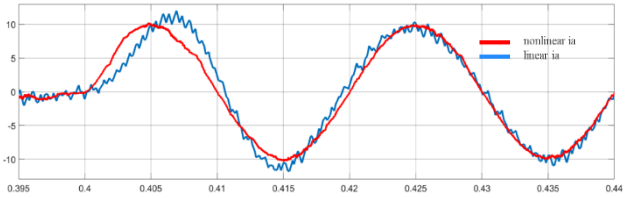
gde su e_d i e_q greške struja i_d i i_q, a α i β parametri podešavanja gde je $\dot{i_d} = -\alpha e_d - \beta sign(e_d)$.

5. POREĐENJE RADA LINEARNE I NELINEARNE KONTROLE

U sledećem koraku je upoređen performans linearne i nelinearne kontrole.Odgovori oba tipa kontrole na step poremećaj predstavljeni su na slikama 6 i 7.



Sl.6. *Poređenje oba tipa kontrole za* $i_{dref} = 10\ A$



Sl.7. *Poređenje oba tipa kontrole -* i_a

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti sledeće:

- Linearna kontrola ima veće šanse da dostigne referencu nametnutu sistemu
- Potrebno je kraće vreme da se dostigne referenca ako se koristi nelinearna kontrola
- Nelinearna kontrola proizvodi manje oscilacije oko referentnog signala

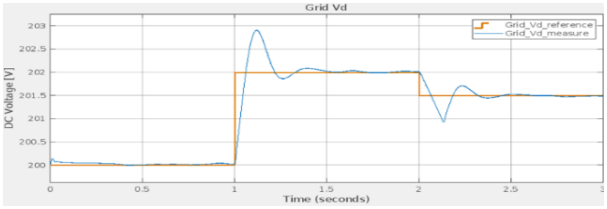
6. RAD LINEARNE I NELINEARNE KONTROLE U DC MIKRO MREŽI

Kako bi se uporedile performanse oba tipa kontrole u DC mikro mreži, kreiran je model jedne takve mreže koji se sastoji od izvora napona (veze sa mrežom), izvora obnovljive energije, baterije i opterećenja. Za svaki čvor je definisan referentni signal koji odgovara tipičnom ponašanju datog elementa u mreži.

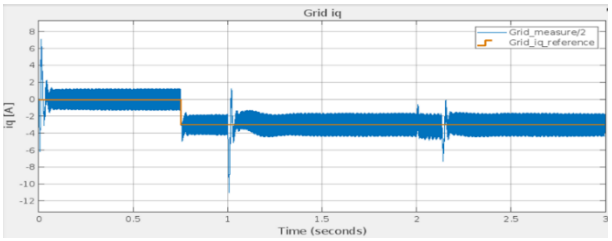
Prvo su posmatrani rezultati linearne kontrole. Ponašanje V_d i i_q u naponskom čvoru je prikazano na slikama 8. i 9. Sistem uspeva da dostigne referencu i_d napona, i to čini tako što prvo pređe datu vrednost, te se zatim stabilizuje i ustaljuje na referentnoj vrednosti.Slično ponašanje se primećuje i kod struje i_q, gde sistem takođe prvo prelazi referentnu vrednost, te nastavlja da osciluje oko nje nakon što je dostigne.

Ponašanje i_d i i_q u čvoru solarne elektrane je prikazano na slikama 10 i 11, gde se može primetiti slično ponašanje kao u slučaju praćenja struje i_q naponskog čvora. Na sličan način se ponašaju i_d i i_q struje opterećenja i baterije (slike 12-15).

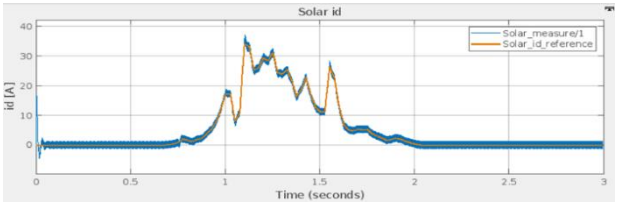
Zatim je posmatran rad nelinearne kontrole u istoj mreži, za iste referentne vrednosti. Sistem je pratio referencu solarne elektrane kao na slici 16. Kod obe struje (i_d i i_q) se može se primetiti da sistem sa nelinearnom kontrolom ima kraće vreme dostizanja reference, kao i da u tom procesu ne dostiže tako visoke vrednosti kao kada se koristi linearna kontrola. Takođe se da primetiti da su oscilacije oko referentne vrednosti manje.



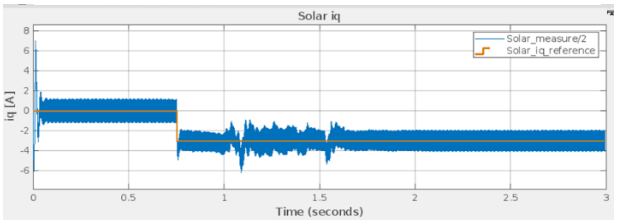
Sl.8. *Napon mreže* V_d



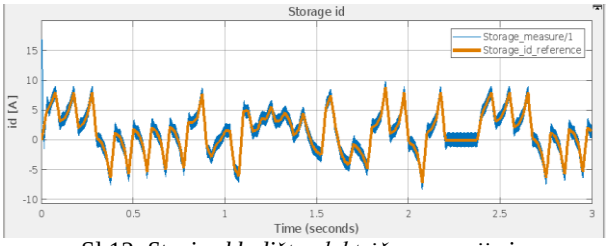
Sl.9. *Struja mreže iq*



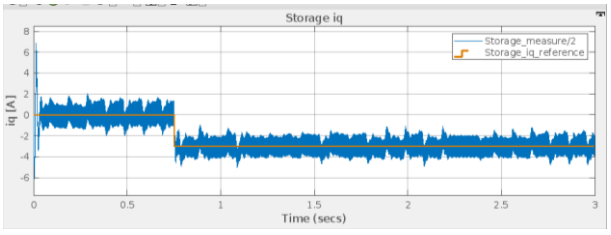
Sl.10. *Struja solarne elektrane* i_d



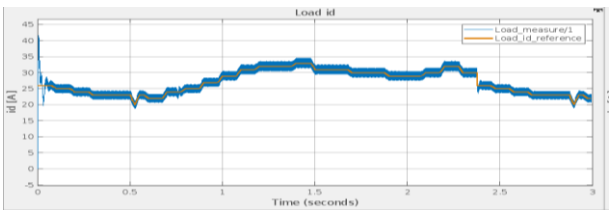
Sl.11. *Struja solarne elektrane* i_q



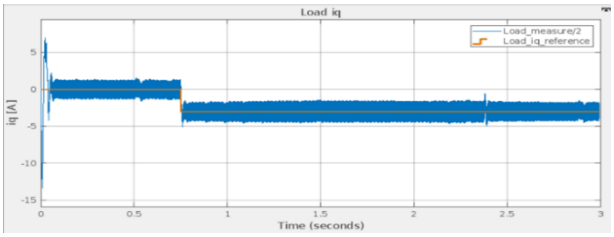
Sl.12. *Struja skladišta električne energije* i_d



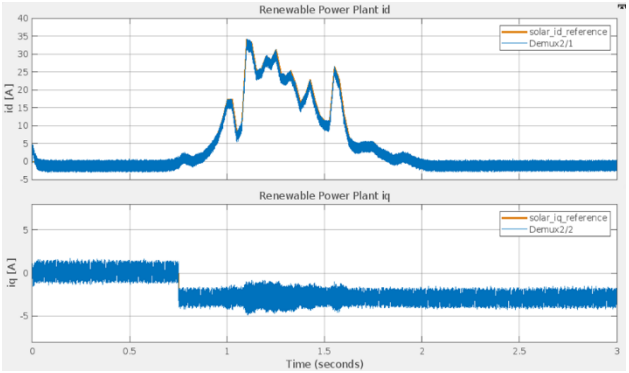
Sl.13. *Struja skladišta električne energije* i_q



Sl.14. *Struja opterećenja* i_d

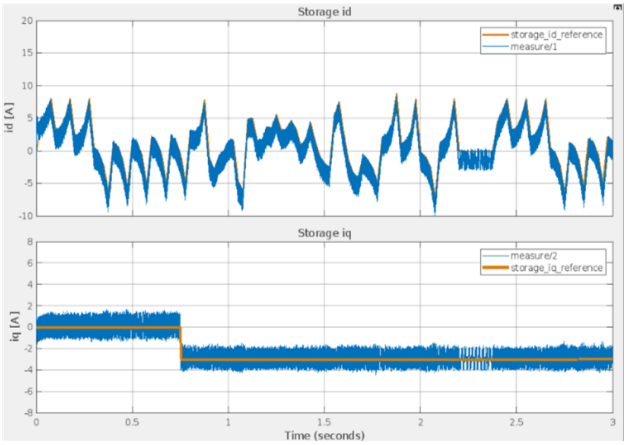


Sl.15. *Struja opterećenja* i_q

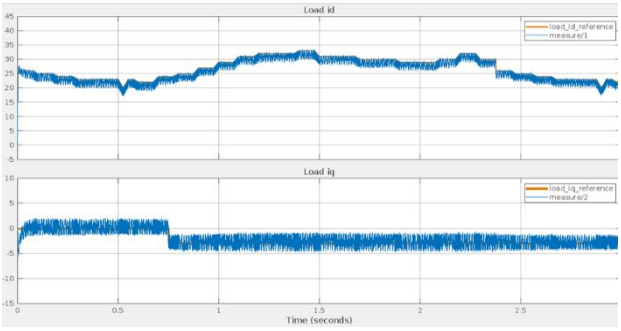


Sl.16. *Struje solarne elektrane* i_d *i* i_q

Rezultati u čvoru sa baterijomi čvoru sa opterećenjem su su prikazani na slikama 17 i 18, gde se takođe mogu primetiti prethodno navedene poželjnije karakterstike nelinearne kontrole.



Sl.17. *Struje skladišta električne energije* i_d *i* i_q



Sl.18. *Struje opterećenja* i_d *i* i_q

7. ZAKLJUČAK

Za kontrolu snage i stabilnosti u DC mikro mrežama, mogu se koristiti i linearne i nelinearne metode. Korišćenje linearnih vremenski nepromenljivih modela je manje složeno dizajnirati, što ih inicijalno čini atraktivnijim za upotrebu. Međutim, AC/DC pretvarači imaju nelinearnu i vremenski promenljivu prirodu, a linearni modeli su približni i zavise od radne tačke. Iz tog razloga je uvedena nelinearna kontrola.

U radu su testirana oba načina upravljanja, a zatim su procenjene i upoređene njihove performanse kako u izolovanim sistemima, tako i u modelu DC mikro mreže. Upoređivanjem njihovih rezultata može se zaključiti da nelinearna kontrola nadmašuje linearnu, jer ima brži odziv, ima manji prebačaj (*overshoot*) i zato što proizvodi manje oscilacije oko referentnog signala kada ga dostigne.

8. LITERATURA

[1] https://www.c2es.org/content/microgrids/

[2] ***, „DC & Hybrid Microgrids“, Edited by S.Saponara, L Mihet-Popa, R. Saletti, Applied Sciences, MDPI, Basel, 2020.

[3] M. Popadić, V. Katić, „Mogućnost korišćenja jednosmernog sistema u savremenim električnim mrežama“, Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, God. 31, Br.11, 2016, pp.2063-2066.

[4] E. Unamuno, J.A. Barrena, „Hybrid ac/dc microgrids - Part I: Review and classification of topologies”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol.52, Dec. 2015, pp.1251-1259.

[5] S. Mihajlović, V. Katić, O. Cornea, “Modelovanje energetskih pretvarača u mikromrežama”, Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, God. 34, Br.11, 2019, pp.1985-1988.

[6] C. Bajracharya, M. Molina, J.A. Suul, T.M. Undeland, “Understanding of tuning techniques of converter controllers for VSC-HVDC”, Nordic Workshop on Power and Industrial Electronics, June 2008

[7] T. He, D. D. C. Lu, L. Li, J. Zhang, L. Zheng, J. Zhu, "Model Predictive Sliding Mode Control for Three-Phase AC/DC Converters," IEEE Trans. on Power Electronics, Vol.33, No.10, Dec. 2017, pp.8982-8993

Kratka biografija:



Sonja Sarajlić rođena je u Kraljevu 1994. god. Fakultet tehničkih nauka, studijski program Energetika, elektronika i telekomunikacije zavrsila je 2017. god. Master studije je nastavila na smeru Distribuirani elektro-energetski resursi, gde je odbranila master rad 2022. god.
kontakt: sonjasarajlic94@gmail.com



Miguel Jimenez Carrizosa doktorirao je na Univerzitetu Paris-Sud XI (Francuska) 2015. god. Trenutno je predavač na Višoj tehničkoj školi rudarskih i energetskih inženjera i istraživač u Centru za industrijsku elektroniku Politehničkog univerziteta u Madridu. Oblasti istraživanja uključuju HVDC sisteme, kontrolu pretvarača napajanja i pametne mreže.



Vladimir Katić je rođen 1954. godine u Novom Sadu, gde je diplomirao na FTN 1978. god. Magistrirao je i doktorirao na Univerzitetu u Beogradu 1981. god. i 1991. god., respektivno Od 2002. god. je redovni profesor Univerziteta u Novom Sadu. Oblasti interesovanja su energetska elektronika, obnovljivi izvori električne energije, električna vozila i kvalitet električne energije

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 004.9
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE38Anisic

REACT NATIVE BAZIRAN KORISNIČKI INTERFEJS ZA EVALUACIJU SLIKE NA ANDROID MOBILNIM UREĐAJIMA

REACT NATIVE BASED USER INTERFACE FOR IMAGE EVALUATION ON ANDROID MOBILE DEVICES

Helena Anišić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – *U ovom radu će prvo biti predstavljeno prethodno istraživanje na temu evaluacije slike na mobilnim uređajima, a zatim osnove Android operativnog sistema i osnove React Native okvira za razvoj. Pošto je akcenat rada na korisničkom interfejsu, biće predstavljene i smernice za izradu Android korisničkih interfejsa – Material Design i Android smernice za kvalitet. Na kraju rada opisan je konkretan dizajn i implementacija React Native baziranog korisničkog interfejsa za evaluaciju slike na Android mobilnim uređajima.*

Ključne reči: *evaluacija slike, React Native, mobilni uređaj, Android, Material Design*

Abstract – *This paper will firstly present previous research on the topic of image evaluation on mobile devices, then the basics of the Android operating system and the basics of the React Native framework for development. Since the emphasis of the work is on the user interface, the Android user interface design guidelines - Material Design and Android quality guidelines will also be presented. At the end of the paper, the specific design and implementation of a React Native-based user interface for image evaluation on Android mobile devices will be described.*

Keywords: *image evaluation, React Native, mobile device, Android, Material Design*

1. UVOD

Evaluacija slike je proces u kojem korisnik nakon pregleda i analize slike odgovara na postavljeno pitanje u vezi prikazane slike [1]. Ovim procesom se detaljno bavio diplomski rad pod nazivom „Analiza i dizajn korisničke interakcije za softverska rešenja koja se bave evaluacijom slike na mobilnim uređajima“. Istraživanje koje je izvršeno u diplomskom radu uzeto je kao osnova za dalje istraživanje u okviru ovog rada, čiji je glavni zadatak implementacija rešenja na osnovu prototipa korisničkog interfejsa opisanog u diplomskom radu.

Za ciljanu platformu za razvoj rešenja odabran je *Android* operativni sistem za mobilne uređaje, dok je za konkretnu implementaciju odabran *React Native* razvojni okvir koji omogućava višeplatformski razvoj sa nejtiv (eng. *native*) sposobnostima [2]. Kako bi korisnički interfejs bio autentičan za *Android* uređaje u procesu dizajna primenjene su *Material Design* smernice i smernice za održavanje kvaliteta *Android* aplikacija.

Predstavljeno rešenje u vidu dizajna i implementacije korisničkog interfejsa za evaluaciju slike na *Android* mobilnim uređajima nudi optimizaciju u odnosu na prototip na kome se bazira. Pored toga je dato rešenje estetski privlačno, upotrebljivo i autentično za *Android* uređaje. Implementirano rešenje predstavlja unapređenje u odnosu na postojeća softverska rešenja na tržištu koja su analizirana u okviru diplomskog rada. Rešenje takođe pokazuje da je uz upotrebu *React Native* okvira, jedan ovakav korisnički interfejs moguće realizovati sa lakoćom, samo pomoću znanja o *front-end* programiranju veb aplikacija.

2. PRETHODNO ISTRAŽIVANJE

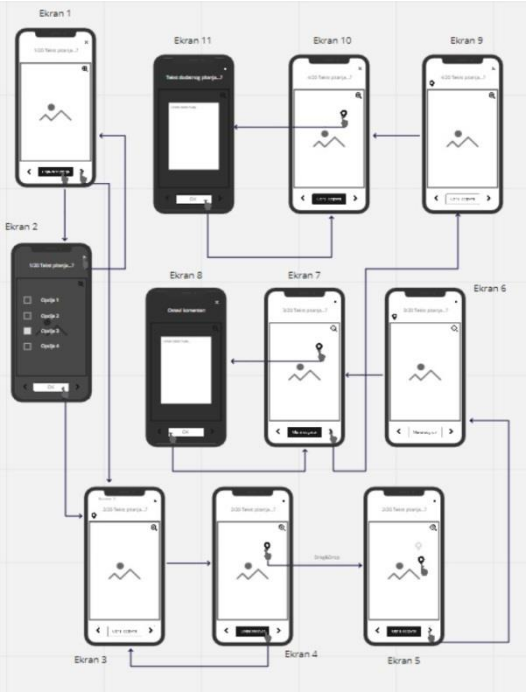
Diplomski rad na temu „Analiza i dizajn korisničke interakcije za softverska rešenja koja se bave evaluacijom slike na mobilnim uređajima“ istraživao je oblasti koje koriste evaluaciju slike, kao i razloge zašto je poželjno evaluirati slike na mobilnim uređajima. Najveća prednost mobilnih uređaja u svrhu evaluacije slike jeste njihova prenosivost, dok je najveća mana veličina ekrana. Iz ovog razloga je važno da softver koji služi za evaluaciju slike nudi dobar dizajn korisničkog interfejsa kako bi veličina postojećeg ekrana mobilnog uređaja bila maksimalno iskorišćena u svrhu kvalitetnije evaluacije slike [1].

Analizom postojećih softverskih rešenja na tržištu zaključeno je su njihovi najveći nedostaci loš odnos veličine slike i ekrana, kao i opcija zumiranja. Takođe su uočene funkcionalnosti koje neki alati implementiraju, a koje bi mogle biti korisne. Pre svega to bi bilo obeležavanje dela slike, izmena pozicije markera, dodavanje komentara za obeleženi deo slike i odgovaranje na dodatno pitanje u vezi obeleženog dela slike. Na osnovu te analize formirana je lista zahteva sa funkcionalnostima i korisničkim pričama [1].

Na osnovu liste zahteva dizajniran je prototip predloga rešenja i dizajn toka interakcije (slika 1). Ovaj predlog imao je za cilj da unapredi postojeća rešenja, te je poseban akcenat bio na veličini slike, opciji zumiranja, kao i mogućnosti da se na pitanja odgovara na dva načina, unošenjem odgovora (ili odabirom odgovora iz liste ponuđenih odgovora) ili obeležavanjem dela slike.

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragan Dinu, vanr. prof.

Takođe je u predlogu rešenja prikazana i funkcionalnost odgovaranja na dodatno pitanje i ostavljanje komentara za deo slike koji je obeležen [1].



Slika 1. Dijagram toka interakcije predloženog softverskog rešenja za evaluaciju slike na mobilnim uređajima

3. RAZVOJ SOFTVERSKOG REŠENJA ZA ANDROID MOBILNE UREĐAJE

Ovo poglavlje posvećeno je teorijskim osnovama na kojima se zasniva razvoj softverskih rešenja za *Android* mobilne uređaje. To pre svega podrazumeva osnove *Android* operativnog sistema i osnove *React Native* razvojnog okvira.

3.1. Android operativni sistem

Android je operativni sistem otvorenog izvornog koda (eng. *open-source*) u vlasništvu *Google*-a. Zasnovan je na modifikovanom *Linux* jezgru (eng. *kernel*) i dizajniran prevashodno za mobilne uređaje poput pametnih telefona i tableta sa ekranima osetljivim na dodir.

Google je odgovoran za razvoj *Android* operativnog sistema zajedno sa OHA (eng. *Open Handset Alliance*) konzorcijumom. Prvi pametni telefon sa *Android*-om prodat je 2008. godine, a od 2022. godine skoro 71,86% mobilnog tržišta koristi uređaje sa *Android* operativnim sistemom, dok prodavnica aplikacija za *Android* mobilne uređaje nudi preko 2,5 miliona aplikacija svojim korisnicima [2].

Android operativni sistem predstavlja stek (eng. *stack*) softverskih komponenti, a njegova arhitektura se sastoji iz četiri sloja: *Linux* jezgra, biblioteka i *Android runtime*-a, okvira za aplikacije i samih aplikacija [2].

3.2. React Native

Na *React.j*s konferenciji 2015. godine kompanija *Meta* (nekadašnji *Facebook*) je predstavila svoj novi okvir pod nazivom *React Native*, sa idejom da napravi revoluciju u načinu na koji se kreiraju mobilne aplikacije [2].

React Native tehnologija je zasnovana na *React*-u, *JavaScript* biblioteci otvorenog izvornog koda koju je razvila kompanija *Meta* i objavila 2013. godine. *React* je vrlo brzo postao najpopularniji okvir za *front-end* programiranje, a od 2013. upotrebom *React Native*-a ljubitelji *React*-a mogu bez problema da razvijaju mobilne aplikacije bez da uče novi programski jezik ili okvir [2].

Glavna svrha *React Native*-a je jednostavna, programeru nije potrebno dodatno znanje ili dodatno vreme da bi napravio dve mobilne aplikacije, jednu za *iOS* operativni sistem, a drugu za *Android*. Različite platforme imaju različiti izgled, osećaj i mogućnosti, te ne može postojati aplikacija koja je homogena na svim operativnim sistemima. Međutim, pošto se grafički interfejs razlikuje, razvoj bi mogao da se zasniva na istom jeziku, ali da se grafika prikazuje različito u zavisnosti od ciljane platforme, te da komponente budu prave nejtiv. *Meta* ovaj pristup naziva „nauči jednom, piši bilo gde“ [2].

React Native se zasniva na *React*-ovoj najpoznatijoj karakteristici - virtuelnom DOM-u. Virtuelni DOM omogućava da *React*-ov kod umesto da se prikazuje u DOM-u pretraživača, pozove ili *Objective-C* API (eng. *Application Programming Interface*) kako bi se prikazale *iOS* komponente ili *Java* API kako bi se prikazale *Android* komponente. Ovaj način funkcionisanja moguć je zbog mosta koji daje *React Native*-u interfejs u nejtiv elemente korisničkog interfejsa platforme domaćina, tako da *markup* koji se definiše može da se prevede ili u *Android* specifičnu komponentu ili *iOS* u zavisnosti od platforme [2].

Kod *React Native-a*, kao i kod *React*-a komponente su osnovni gradivni elementi. Kreiranje komponenti može da se uradi bilo pomoću običnog *JavaScript*-a ili korišćenjem JSX-a (eng. *JavaScript XML*). Kada je u pitanju kreiranje komponenti u *React Native*-u postoje određene razlike u odnosu na *React*. Kod *React*-a se prikazuju HTML elementi kao što su * *,*<p>*, **,*<a>*, itd. Kod *React Native*-a ovi elementi su zamenjeni komponentama koje su specifične za određenu platformu. Najosnovnija višeplatformska komponenta je *<View>*. Ovo je jednostavna i fleksibilna komponenta, analogna * * elementu HTML-a [2].

4. SMERNICE ZA IZRADU ANDROID KORISNIČKOG INTERFEJSA

Smernice za dizajn predstavljaju skup preporuka za pružanje pozitivnog korisničkog iskustva prilikom interakcije sa korisničkim interfejsom. Postoje opšte smernice za dizajn i smernice definisane od strane određenih kompanija koje su namenjene tome da svaka aplikacija date kompanije bude prepoznatljiva. Ovo poglavlje posvećeno je smernicama za dizajn korisničkog interfejsa namenjenog *Android* mobilnim uređajima, odnosno *Material Design*-u i *Android* smernicama za kvalitet.

4.1. Material Design

Material Design je dizajn jezik, orijentisan ka *Android* uređajima, osmišljen od strane *Google*-a 2014. godine [3]. *Material Design* na svakih nekoliko godina dobija novu, redizajniranu, verziju koja rešava mane prethodne, te na taj način iz godine u godinu *Material Design* prerasta u

sveobuhvatni i sistemski skup filozofija dizajna [4]. Cilj *Material Design*-a je da se isporučuje visokokvalitetni korisnički interfejs konzistentan na svim platformama, dajući korisnicima kontrolu nad jasno naznačenim komponentama prijatnog izgleda koje se ponašaju kao predmeti iz stvarnog sveta [3].

Skeumorfizam kod *Material Design*-a se ne ogleda u prikazivanju predmeta relevantnih za kulturu (npr. korpe za otpatke), već u primeni osnovnih zakona prirode iz fizičkog sveta, uglavnom u vezi sa osvetljenjem i kretanjem. Ideja je da se oponašanjem fizičkog sveta smanjuju kognitivna opterećenja korisnika pridavanjem veće pažnje na raspored elemenata, vizuelni jezik i biblioteku obrazaca, maksimizirajući predvidljivost i eliminišući dvosmislenost [3].

Material Design se zasniva na metafori za fizički materijal. Materijal je inspirisan proučavanjem papira i mastila i može se smatrati nečim poput pametnog papira. Kao i papir, ima površine i ivice koje reflektuju svetlost i bacaju senke, ali za razliku od papira, materijal ima svojstva koja pravi papir nema, kao što je sposobnost da se kreće, menja svoj oblik i veličinu, i da se spaja sa drugim materijalom [4].

4.2. Android smernice za kvalitet

Pored *Material Design* smernica, postoje i smernice na *Android* veb stranici koje služe za održavanje kvaliteta *Android* aplikacija. Postoji nekoliko grupa smernica, a u nastavku su navedene smernice koje se odnose na vizuelni doživljaj aplikacije i koje su relevantne za realizovani korisnički interfejs:

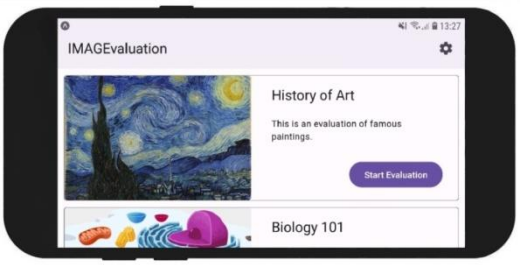
- Aplikacija podržava standardnu navigaciju sa dugmetom za nazad.
- Aplikacija podržava i orijentaciju u vidu pejzaža i portreta.
- Aplikacija podržava noćni režim rada.
- Dodirna meta je najmanje 48dp [5].

5. REŠENJE

Dizajn i implementacija korisničkog interfejsa za evaluaciju slike na *Android* mobilnim uređajima podrazumeva nadogradnju na prototipove definisane u diplomskom radu primenom dizajn smernica *Material Design*-a, kao i *Android* smernica za kvalitet.

Implementacija je bazirana na *React Native* okviru, a komponente korisničkog interfejsa su realizovane pomoću *React Native Paper* biblioteke koja pruža kolekciju prilagodljivih komponenti za *React Native* prateći *Material Design* smernice [6]. Implementacija datog korisničkog interfejsa sastoji se iz sledećih celina: početni ekran, ekran za podešavanja, ekran za evaluaciju slike, dijalog za odgovaranje na pitanje, ekran za evaluciju slike sa obeležavanjem dela slike i ekran za evaluciju slike sa obeležavanjem dela slike uz odgovaranje na dodatno pitanje ili ostavljanje komentara.

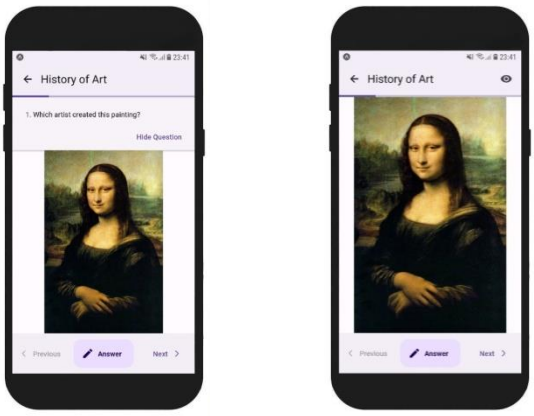
Početni ekran je prvi ekran koja se prikazuje korisniku nakon što se aplikacija pokrene. Početni ekran obuhvata naziv aplikacije i ikonicu zupčanika u okviru gornje trake aplikacije, kao i moguće grupe evaluacija slike u centralnom delu ekrana. Na slici 2 prikazan je početni ekran u pejzažnoj orijentaciji.



Slika 2. Prikaz početnog ekrana u pejzažnoj orijentaciji

Ekran za podešavanja se otvara klikom na ikonicu zupčanika u gornjem desnom uglu početnog ekrana. Ekran za podešavanja omogućava izmenu režima rada aplikacije u noćni, kao i uvid u osnovne informacije o aplikaciji.

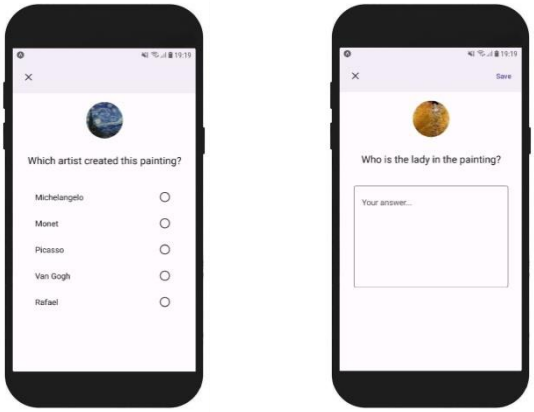
Ekran za evaluaciju slike prikazuje se klikom na *Start Evaluation* dugme u okviru jedne od ponuđenih kartica na početnoj strani. Ekran za evaluaciju slike podrazumeva gornju traku aplikacije sa strelicom za povratak na početnu stranicu, ispod koje se nalazi *Progress bar* za praćenje napretka u okviru grupe slika koje se evaluiraju. Ispod *Progess bar*-a nalazi se tekst pitanja za evaluaciju. Tekst pitanja se može skloniti klikom na dugme *Hide question*, čime se prikazuje ikonica oka u gornjem desnom uglu trake aplikacije. Klikom na oko, pitanje se ponovo prikazuje, a ikonica oka nestaje. Slika koja se evaluira se nalazi u centru ekrana. Skalirana je uniformno tako da održava odnos širine i visine, ali i da zauzima maksimalnu površinu ekrana bez isecanja slike. Na slici 3 (levo) prikazan je ekran za evaluaciju slike pre sklanjanja teksta pitanja, dok je na slici 3 (desno) prikazan ekran za evaluaciju slike nakon sklanjanja pitanja, čime je slika dodatno skalirana. Na dnu ekrana za evaluaciju slike nalazi se donja traka aplikacije sa strelicama za prelazak na prethodno i naredno pitanje kao i dugme u sredini koje je definisano ikonicom olovke i tekstom *Answer* i služi za otvaranje dijaloga za odgovaranje na pitanje.



Slika 3. Prikaz ekrana za evaluaciju slike pre skaliranja slike (levo) i nakon skaliranja slike (desno)

Dijalog za odgovaranje na pitanje prikazan je na slici 4 i postoji u dve opcije, sa listom ponuđenih odgovora (levo) i sa tekstualnim poljem za unos odgovora (desno). Klikom na *iks* u gornjem levom uglu, korisnik može da napusti dijalog. Ukoliko je korisniku prikazano tekstualno polje za unos odgovora, potrebno je da korisnik pritisne dugme *Save* kako bi mu se odgovor sačuvao. Ponovnim klikom na dugme *Answer* na ekranu za evaluaciju slike

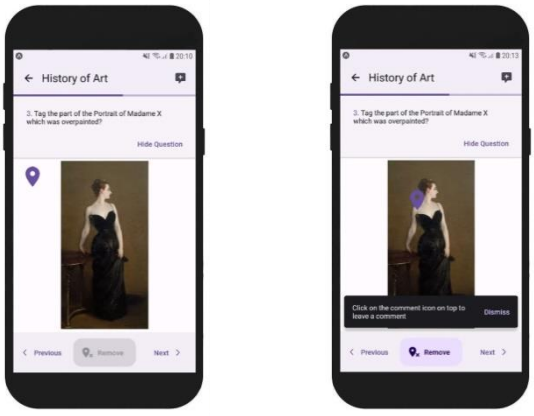
korisniku se prikazuje isti dijalog sa unetim odgovorom i mogućnošću da izmeni svoj odgovor.



Slika 4. Prikaz dijaloga sa postavljenim pitanjem i listom ponuđenih odgova (levo) i tekstualnim poljem za unos odgovora (desno)

Ekran za evaluaciju slike obeležavanjem dela slike naslanje se na osnovni ekran za evaluaciju slike uz dodatak markera koji služi za obeležavanje dela slike. Marker može da se premešta *drag&drop*-om ili klikom na neki deo slike. Pored markera razlika postoji i u centralnom dugmetu koji umesto dugmeta za odgovaranje na pitanje postaje dugme za uklanjanje markera, sa propratnom ikonicom i tekstom *Remove*.

Pored osnovne vrste pitanja sa obeležavanjem dela slike, postoje i pitanja kod kojih nakon obeležavanja dela slike korisnik može da odgovori na dodatno pitanje u vezi obeleženog dela slike ili da ostavi komentar na obeleženi deo slike. Kako bi korisnik uvideo tu dodatnu mogućnost, nakon što korisnik prvi put spusti marker na neki deo slike prikazuje mu se *Snackbar* koji ga informiše o postojanju ikonice na vrhu koja mu omogućava ili ostavljanje komentara ili odgovaranje na dodatno pitanje (slika 5). U isto vreme sa prikazivanjem *Snackbar*-a ikonica koja omogućava odgovaranje na dodatno pitanje ili ostavljanje komentara započinje kratku animaciju u kojoj ikonica nestaje i pojavljuje se, kako bi privukla na sebe pažnju korisnika. Odgovaranje na dodatno pitanje ili ostavljanje komentara podrazumeva prikazivanje istog dijaloga kao što je prikazano na slici 4 sa razlikom u tome da umesto teksta pitanja, kod dijaloga za ostavljanje komentara piše: *Leave your comment here*.



Slika 5. Prikaz ekrana za evaluaciju slike obeležavanjem dela slike uz ostavljanje komentara pre pomeranja markera (levo) i nakon prvog pomeranja markera (desno)

6. ZAKLJUČAK

Mobilni uređaji nude korisnicima moć računara na dohvat ruke. S druge strane, najveći problem ovih uređaja je veličina njihovog ekrana. Iz tog razloga, dizajn korisničkog interfejsa predstavlja izazov, pogotovo kada je u pitanju razvoj rešenja kao što je softver za evaluaciju slike.

U okviru prethodnog istraživanja definisan je prototip manje verodostojnosti za evaluaciju slike, dok je u okviru ovog istraživanja bilo potrebno realizovati korisnički interfejs za *Android* mobilne uređaje na osnovu prototipa. Najveći izazov je bio kako uspešno prilagoditi dati prototip *Android* mobilnim uređajim. Istraživanjem i primenom *Material Design* smernica dizajniran je korisnički interfejs koji estetski privlačan, upotrebljiv i autentičan za *Android* uređaje, dok je istraživanjem *Android* smernica za kvalitet obezbeđeno da interfejs ispunjava sve potrebne elemente za kvalitetan vizuelni doživljaj. Pored toga, rešenje je uspešno realizovana samo pomoću *React Native* okvira, čime je zaključeno da je korisnički interfejs ovog tipa moguće razviti samo pomoću znanja o *front-end* programiranju veb aplikacija.

Dalje istraživanje u ovoj oblasti podrazumevalo bi evaluaciju implementiranog rešenja na stvarnim korisnicima i poređenje dobijenih rezultata sa postojećim rešenjem u ovom radu, zatim, implementaciju dodatnih funkcionalnosti poput obeležavanja više od jednog dela slika i selektovanja određenih regija slike.

7. LITERATURA

[1] Helena Anišić, „Analiza i dizajn korisničke interakcije za softverska rešenja koja se bave evaluacijom slike na mobilnim uređajima“, 2021.

[2] William Danielsson, „React Native application development“, 2016. url: https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:998793/FULLTEXT02 [Poslednji pristup: 10.9.2022.]

[3] Material Design, url: https://www.interaction-design.org/literature/topics/material-design [Poslednji pristup: 10.9.2022.]

[4] Kyle Mew, „Learning Material Design“, 2015.

[5] Core app quality, url: https://developer.android.com/docs/quality-guidelines/core-app-quality [Poslednji pristup: 8.9.2022.]

[6] React Native Paper, url: https://callstack.github.io/react-native-paper/introducing-v5-with-material-you.html [Poslednji pristup: 9.9.2022.]

Kratka biografija:



Helena Anišić rođena je u Subotici 17. juna 1998. godine. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, studijski program Računarstvo i automatika upisala je 2017. godine. Nakon završenih osnovnih studija, 2021. godine, upisala je master akademske studije iz iste oblasti.

kontakt: helena.anisic@gmail.com

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 621.38/.39
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE39Radovanovic

REALIZACIJA I TESTIRANJE PRENOSA PODATAKA PUTEM LTE-M I NB-IOT 4G SERVISA

IMPLEMENTATION AND EVALUATION OF DATA TRANSFERS OVER THE LTE-M AND NB-IOT 4G SERVICES

Boris Radovanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – *U ovom radu je izložena analiza performansi prenosa podataka korišćenjem FTP protokola putem LTE-M i NB-IoT 4G servisa. Komunikacija je realizovana pomoću Quectel BG96 modula. Za podatke su korišćene slike u JPEG formatu, dobijene kamerom na klijentskom hardveru. Programska podrška na klijentu je realizovana u programskom jeziku C na Espressif ESP32-WROVER-E modulu, dok je programska podrška na serveru realizovana pomoću Python skripte.*

Ključne reči: *LTE-M, NB-IoT, FTP, BG-96 modul*

Abstract – *This paper presents performance evaluation of FTP data transfer implementations over the LTE-M and NB-IoT 4G services by using Quectel BG96 module. The images in JPEG format, taken using camera module on the client's hardware, are used as the input for the transfer. On the client side, software is written in C and executed on ESP32-WROVER-E module, while on the server side, software is written in Python..*

Keywords: *LTE-M, NB-IoT, FTP, BG-96 module*

1. UVOD

IoT (eng. *Internet of Things*) danas predstavlja termin koji se sve češće sreće u svakodnevnom životu ljudi zahvaljujući, kako sve većem napretku IoT tehnologija, tako i brojnim primenama za koje se one koriste. Kao posledica ovog razvoja, prisutan je sve veći broj uređaja koji su međusobno umreženi. Samo u 2021. godini je bilo prisutno preko 10 milijardi IoT uređaja, a prema procenama, ovaj broj bi mogao preći 25 milijardi do 2030. godine [1].

Većina IoT uređaja je jednostavne arhitekture, skromnih performansi, koji obavljaju određenu funkcionalnost. Samim time, tehnologije koje se razvijaju radi njihovog umrežavanja moraju, pored skalabilnosti, posedovati i protokole koji će omogućiti što efikasniju komunikaciju sa skromnim resursima, uz minimalan utrošak energije. Jedne od tih tehnologija jesu NB-IoT i LTE-M mobilne tehnologije. Obe ove tehnologije su deo LTE standarda, odnosno četvrte generacije (4G) mobilnih tehnologija, ali su takođe podržane i u petoj generaciji (5G). Na teritoriji Republike Srbije je trenutno komercijalno dostupan samo NB-IoT, dok je LTE-M još u fazi testiranja.

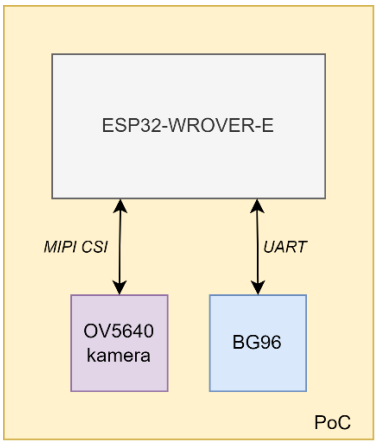
NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Ivan Mezei, vanr. prof.

Generalno, jedan od glavnih ciljeva IoT tehnologija jeste minimizacija potrošnje energije, što se često postiže smanjivanjem protoka podataka u komunikaciji. NB-IoT je tehnologija koja obezbeđuje izuzetno malu potrošnju energije, ali je zato maksimalna brzina prenosa za ovu tehnologiju (LTE Cat NB1) 26kbit/s za *downlink* i 66kbit/s za *uplink*. Sa druge strane, LTE-M tehnologija takođe obezbeđuje relativno nisku potrošnju energije, ali i brži prenos podataka. Zbog toga, ukoliko potrošnja energije nije od presudnog značaja, za prenos veće količine podataka, kao i kontinuiranog slanja podataka, poželjnije je koristiti LTE-M, što će se pokazati i kroz rezultate ovog rada.

U narednom, drugom, poglavlju ovog rada opisane su korišćene tehnologije za realizaciju sistema, nakon čega su, u trećem poglavlju, predstavljeni realizacija i rezultati testiranja sistema.

2. KORIŠĆENI HARDVERSKI MODULI

Hardver klijentske strane, za realizaciju klijent-server komunikacije, čini PoC PCB pločica projektovana i realizovana na Katedri za elektroniku (Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad). Njene ključne komponente su Espressif ESP32-WROVER-E modul [2] i Quectel BG96 modul [3]. Struktura klijenta je prikazana na slici 1.



Slika 1. *Struktura klijenta*

2.1. ESP32-WROVER-E modul

ESP32-WROVER-E modul predstavlja procesorsku jedinicu klijentske strane. Ovaj modul predstavlja SoC (eng. *System on Chip*) koji na sebi, pored dvojezgarnog (ili jednojezgarnog, zavisno od modela) Xtensa LX6 mikroprocesora, sadrži čip za WiFi i Bluetooth

komunikaciju, kao i 4MB fleš memorije. Pored izvršavanja osnovnih funkcionalnosti programske podrške na klijentskoj strani, ključna uloga ovog modula u realizovanom sistemu jeste komunikacija sa BG96 modulom, putem serijske komunikacije.

2.2. BG96 modul

BG96 modul omogućava uspostavljanje komunikacije između klijenta i servera. Ovaj modul, koji na sebi sadrži ARM A7 procesor sa 3MB Flash i 3MB RAM memorije, podržava LTE Cat M1, Cat NB1 tehnologije, kao i EGPRS. Maksimalna brzina prenosa podataka koju može da dostigne u idealnim uslovima, kako za *downlink* (od servera ka modulu), tako i za *uplink* (od modula ka serveru), je 375Kbps.

Konfiguracija i kontrola BG96 modula se ostvaruje pomoću AT komandi. U realizovanom sistemu, ove komande šalje ESP32 modul putem serijske komunikacije, kako bi konfigurisao BG96 modul za željenu tehnologiju komunikacije, kao i za konfiguraciju parametara za FTP protokol i slanje podataka. U nastavku su izložena 4 tipa AT komandi, kao i njihov odgovarajući format za BG96 modul [4] (<x> predstavlja komandu):

- *test* komanda – vraća listu parametara i opsege vrednosti određene funkcionalnosti koja je podešena odgovarajućim *write* tipom komande ili internim procesom

  AT+<x>=?

- *read* komanda – vraća trenutno postavljenu vrednost odgovarajućeg parametra (ili parametara)

  AT+<x>?

- *write* komanda – postavlja željenu vrednost prosleđenog parametra od strane korisnika

  AT+<x>=<…>

- *execute* komanda – vraća vrednost parametara na koje utiču samo interni procesi i stanja modula

  AT+<x>

Ukoliko nije drugačije konfigurisano od strane korisnika, podrazumevana brzina prenosa podataka na serijskom portu BG96 modula je 115200 bit/s. Samim time mikrokontroler, odnosno uređaj koji šalje AT komande BG96 modulu putem serijske komunikacije, mora imati adekvatno podešenu brzinu prenosa na svom portu. Ukoliko je potrebno promeniti brzinu prenosa podataka na serijskom portu BG96 modula, to se može učiniti *AT+IPR* komandom na sledeći način:

AT+IPR=<baud_rate>

gde *baud_rate* predstavlja neku od vrednosti koje podržava modul, što se može videti detaljnije u tehničkoj dokumentaciji [4].

Prilikom korišćenja BG96 modula, najvažnije AT komande su komande koje služe za pretraživanje, konfiguraciju i registraciju modula na mobilne mreže. Jedna od tih komandi jeste *AT+COPS* komanda, koja je korišćena u realizovanom sistemu za odabir tehnologije mobilnog operatera koju će BG96 modul koristiti. Ova komanda prima više parametara [4], od kojih je za selekciju tehnologije najbitniji <*Act*>, čijom vrednošću se vrši odabir tehnologije: GSM (vrednost 0), LTE Cat M1 (vrednost 8) i LTE Cat NB1 (vrednost 9).

S obzirom da je za prenos podataka odabran FTP protokol, neophodne su i AT komande za realizaciju ovog protokola na modulu. Osnovne AT komande koje se mogu koristiti u tu svrhu su sledeće:

AT+QFTPCFG – služi za konfiguraciju parametara protokola, poput korisničkog imena, lozinke, tipa podataka (binarni ili ASCII), pasivnog ili aktivnog režima itd.

AT+QFTPOPEN – služi za uspostavljanje konekcije sa FTP serverom. Kao parametri ove komande se prosleđuju IP adresa i port servera.

AT+QFTPCLOSE – služi za prekid konekcije sa FTP serverom.

AT+QFTPSTAT – služi za ispis statusa FTP servera.

AT+QFTPCWD – služi za određivanje trenutnog radnog direktorijuma na FTP serveru.

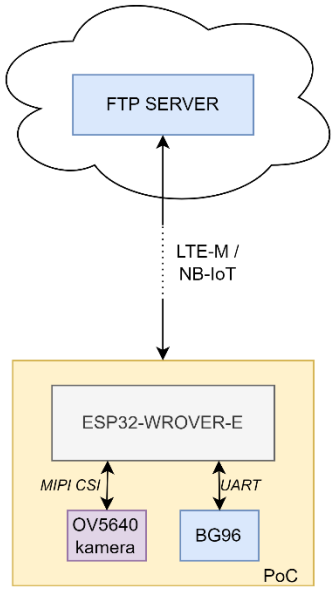
AT+QFTPPUT – služi za slanje fajla od modula ka FTP serveru (*upload*).

AT+QFTPGET – služi za preuzimanje fajla sa FTP servera (*download*).

Pored prethodnih komandi, BG96 modul podržava još dodatnih komandi za rad sa fajlovima i direktorijumima, o čemu se može videti više u tehničkoj dokumentaciji [5].

3. REALIZACIJA I REZULTATI TESTIRANJA

Struktura realizovanog sistema, odnosno klijent-server arhitekture, je prikazana na slici 2.



Slika 2. *Struktura klijent-server arhitekture*

FTP server je realizovan na Linux operativnom sistemu pomoću Python programskog jezika, korišćenjem *pyftpdlib* biblioteke. Korišćenjem date biblioteke je moguće realizovati i ispis toka komunikacije sa klijentima, čime je moguće dobiti detaljan uvid u sam tok prenosa podataka. Ova funkcionalnost je korišćena za merenje vremena transfera podataka prilikom testiranja.

3.1. Okruženje za testiranje

Prenos podataka je testiran u urbanom području na dve lokacije korišćenjem usluga *A1* operatera. Ove lokacije su odabrane u odnosu na poziciju bazne stanice sa koje su emitovani signali za LTE-M i NB-IoT tehnologije. Prva lokacija (dalje u tekstu lokacija A) se nalazi u neposrednoj blizini bazne stanice, na vazdušnoj udaljenosti od 100m, bez prepreka između antene stanice i antene klijenta. Za drugu lokaciju (dalje u tekstu lokacija B) je uzeta veća vazdušna udaljenost od bazne stanice, koja iznosi 530m, pri čemu je zbog urbane sredine prisutan veliki broj objekata koji blokiraju signale između antene stanice i antene klijenta.

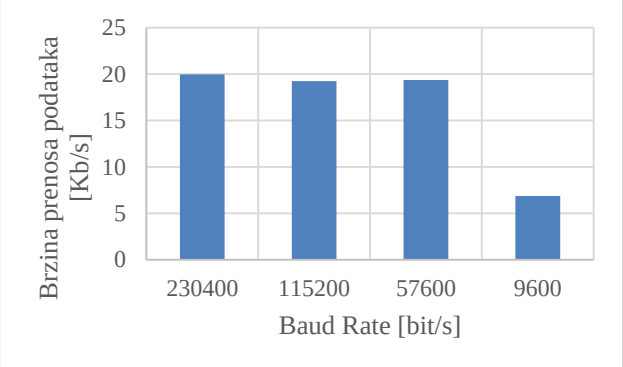
Za podatke za prenos su korišćene slike dobijene OV5640 kamerom na klijentskom hardveru. Rezolucija korišćenih slika je 1980×1020 piksela. Slike su formirane u JPEG formatu, veličine oko 30KB, bez dodatne obrade na ESP32 modulu.

Kako bi se postigle maksimalne performanse, prenos podataka je testiran slanjem slika koje su prethodno sačuvane u internoj memoriji BG96 modula. Pored toga, prenos podataka, odnosno slike, je testiran i u situaciji kada BG96 modul dobija sliku putem serijske komunikacije pre samog slanja, odnosno bez prethodnog čuvanja u internu memoriju, što predstavlja slučaj kada je potrebno realizovati kontinuirano slanje novih slika, tj. *streaming*. Kako bi se proverio uticaj brzine prenosa podataka putem serijske komunikacije, pored podrazumevane brzine za BG96 modul od 115200 bit/s, testiranje je dodatno sprovedeno i na nekim od drugih brzina koje BG96 modul podržava.

3.2. Rezultati testiranja

Rezultati merenja se odnose samo na prenos podata od klijenta ka serveru. Brzina prenosa podataka je utvrđena na osnovu veličine slike i izmerenog vremena od početka transfera slike do završetka njenog slanja. U svakom od razmatranih slučajeva je sproveden veći broj transfera slike na osnovu čega je uzeta prosečna vrednost dobijenih brzina.

Na slici 3 je prikazana brzina prenosa podataka za NB-IoT tehnologiju u zavisnosti od brzine prenosa podataka serijske komunikacije ESP32 i BG96 modula, na lokaciji koja je udaljenija od bazne stanice.

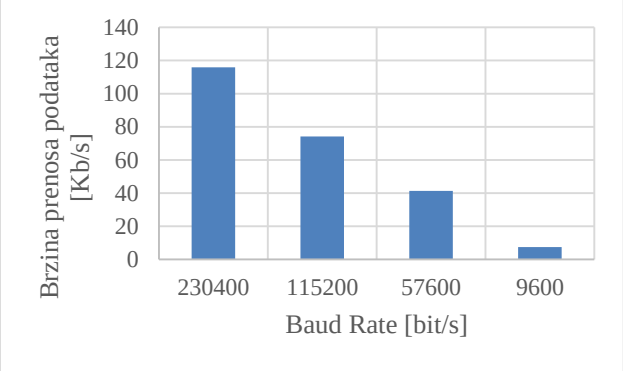


Slika 3. *Rezultati testiranja NB-IoT tehnologije na lokaciji A*

Sa slike 3 se može videti da brzina prenosa putem NB-IoT (LTE Cat NB1) tehnologije dostiže saturaciju na oko 20 Kb/s, bez obzira na korišćen *baud rate* serijske komunikacije. Promena u brzini prenosa se dešava tek pri najnižoj brzini serijske komunikacije, što je i za očekivati.

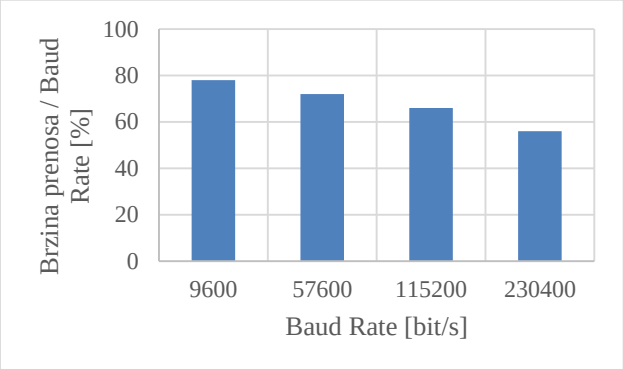
Za slučaj lokacije B se dobijaju isti rezultati kao prethodno prikazani na slici 3, odnosno brzina prenosa podataka ponovo dostiže saturaciju na oko 20 Kb/s. S obzirom da je *baud rate* serijske komunikacije značajno veće vrednosti od postignute brzine prenosa podataka do servera, prethodni rezultati navode na zaključak da pri korišćenju LTE Cat NB1 tehnologije na BG96 modulu, maksimalna brzina prenosa podataka koja se može postići je oko 20 Kb/s.

Na slici 4 je prikazana brzina prenosa podataka za LTE-M tehnologiju u zavisnosti od brzine prenosa podataka serijske komunikacije ESP32 i BG96 modula, na lokaciji u neposrednoj blizini bazne stanice.



Slika 4. *Rezultati testiranja LTE-M tehnologije na lokaciji B*

Sa slike 4 se može videti da *baud rate* serijske komunikacije ima značajno veći uticaj na brzinu prenosa podataka ka serveru za slučaj LTE-M tehnologije. Razlog za to su značajno veće brzine koje LTE Cat M1 postiže u odnosu na LTE Cat NB1. Ovaj efekat je prisutan i prilikom korišćenja LTE Cat NB1 tehnologije, ali tek pri najnižim brzinama serijske komunikacije. Iako po dobijenim rezultatima ne deluje da za LTE Cat M1 tehnologiju brzina prenosa dostiže saturaciju, ukoliko se uporedi *baud rate* i dostignute brzine prenosa može se primetiti da ovaj odnos opada sa povećanjem brzine serijske komunikacije. Ovo je ilustrovano na slici 5.



Slika 5. *Odnos brzine prenosa podatka i brzine serijske komunikacije (LTE-M)*

Na primeru brzine serijske komunikacije od 230400 bit/s se može videti da brzina prenosa podataka ka serveru dostiže svega polovinu te vrednosti. Dodatni problem je

što prilikom podešavanja još većih vrednosti brzine serijske komunikacije (na primer 460800bit/s), BG96 modul ne postiže precizne vrednosti, odnosno kao podešena brzina serijske komunikacije se ne dobije ona koja je zadata AT komandom.

S obzirom da *baud rate* nije bilo moguće dalje uvećavati, kako bi se utvrdila maksimalna brzina prenosa podataka sprovedeno je i testiranje u kojem se podaci, koji se šalju ka serveru, nalaze u internoj memoriji BG96 modula. Ovim se poništava uticaj koji *baud rate* serijske komunikacije može imati na brzinu prenosa podataka ka serveru, pošto u ovom slučaju sliku nije potrebno prosleđivati BG96 modulu serijskom komunikacijom pre samog slanja.

Primenom ove metode testiranja, maksimalna izmerena brzina prenosa podataka ka serveru iznosi 127Kb/s, što predstavlja neznatno veću maksimalnu brzinu u odnosu na slučajeve u kojima BG96 modul dobija podatke za slanje putem serijske komunikacije. Ono što je takođe primećeno prilikom testiranja jeste da maksimalna brzina prenosa podataka varira sa veličinom slike koja se šalje, pa je tako sa veličinom slike od 159,62KB izmerena maksimalna brzina prenosa od 160Kb/s, što je ujedno i najveća izmerena brzina za sve slučajeve.

Na lokaciji koja je udaljenija od bazne stanice i na kojoj su prethodno izneti rezultati za NB-IoT tehnologiju, signal za LTE-M tehnologiju je izuzetno slabog intenziteta i veoma nestabilan. Zbog toga nije bilo moguće sprovesti testiranja ove tehnologije i na toj lokaciji. Što se tiče NB-IoT tehnologije, signal na toj lokaciji je jačine oko -90dBm na RSSI skali, u zavisnosti od položaja. Na lokaciji u neposrednoj blizini bazne stanice, obe tehnologije dostižu jačinu signala i do -20dBm po RSSI skali.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu je prikazana realizacija klijent-server arhitekture za transfer podataka putem NB-IoT i LTE-M tehnologija, korišćenjem Quectel BG96 modula. Sa realizovanim sistemom su sprovedeni testovi kako bi se utvrdile performanse koje se postižu sa ove dve tehnologije.

Na osnovu izloženih rezultata se može zaključiti, kao što je u uvodnom delu rada najavljeno, da je brzina prenosa LTE-M tehnologije znatno veća u odnosu na brzinu prenosa koja se može ostvariti sa NB-IoT tehnologijom. Samim time, ukoliko je brzina prenosa podataka veći prioritet u odnosu na minimalnu potrošnju energije, prilikom projektovanja odgovarajućeg sistema LTE-M predstavlja prikladniji izbor.

Ono što je bitno napomenuti jeste da, iako po specifikaciji BG96 modul podržava brzine prenosa do 375 Kb/s, a takođe i LTE Cat M1 podržava znatno veće brzine, reda stotina Mbps, prethodno iznetim merenjima je pokazano da u praksi, za korišćeni BG96 modul, ova tehnologija postiže slabije performanse od svojih maksimalnih.

Međutim, ovaj zaključak bi se morao znatno detaljnije ispitati kako bi se uklonila svaka sumnja u same metode testiranja.

Jedan od načina ispitivanja dobijenih rezultata bi bio da se prethodno izneta realizacija sistema i testiranja sprovedu sa nekim drugim modulom za komunikaciju putem ove tehnologije. Takođe, morale bi se analizirati i performanse same bazne stanice kako bi se utvrdilo da li postoji degradacija performansi koju ne unosi klijentska strana komunikacije. Pored toga, testiranja bi se mogla sprovesti u različitim periodima dana, kao i različitim danima, kako bi se analizirao eventualni uticaj interferencija komunikacionih signala, s obzirom da se testovi ne sprovode u laboratorijskim uslovima. Testiranje bi se takođe moglo sprovesti sa znatno većim brojem slika, ali i na većem broju različitih lokacija.

5. LITERATURA

[1] https://dataprot.net/statistics/iot-statistics/ (pristupljeno u septembru 2022.)

[2]] ESPRESSIF ESP32-WROVER-E datasheet: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wrover-e_esp32-wrover-ie_datasheet_en.pdf (pristupljeno u septembru 2022.)

[3] Quectel BG96 datasheet: https://www.quectel.com/wp-content/uploads/2021/03/Quectel_BG96_LPWA_Specification_V1.8.pdf (pristupljeno u septembru 2022.)

[4] Quectel BG96 AT commands: https://docs.particle.io/assets/pdfs/Quectel_BG96_AT_Commands_Manual_V2.1.pdf (pristupljeno u septembru 2022.)

[5] Quectel BG96 FTP(S) AT commands: https://sixfab.com/wp-content/uploads/2021/05/Quectel_BG96_FTPS_AT_Commands_Manual_V1.1.pdf (pristupljeno u septembru 2022.)

Kratka biografija:



Boris Radovanović rođen je u Novom Sadu 1998. god. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Embeded sistemi i algoritmi odbranio je 2021.god.
kontakt: boris.radovanovic@uns.ac.rs

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 004.3
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE40Pap

SFP MODULI I NJIHOVA ULOGA U MERNO-INFORMACIONIM SISTEMIMA

SFP MODULES AND ITS APPLICATION IN MESUREMENT AND INFORMATION SYSTEMS

Tomislav Pap, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – *Ovaj rad sadrži uvid u fizičku realizaciju SFP komunikacionog protokola i njegove primene u merno-informacionim sistemima. Opisane su osnovne strukture protokola. Prikazano je hardversko rešenje na FPGA uređaju. Sagledana su moguća unapređenja u dizajnu.*

Ključne reči: *SFP, FPGA, merenje, sistem na čipu, IP*

Abstract – *This paper contains implementation of SFP communication protocol and its application in measurement and information systems. Basic structures of the protocol are described. Hardware solution on FPGA device is given. Possible improvements are perceived.*

Keywords: *SFP, FPGA, measurements, System on Chip, IP*

1. UVOD

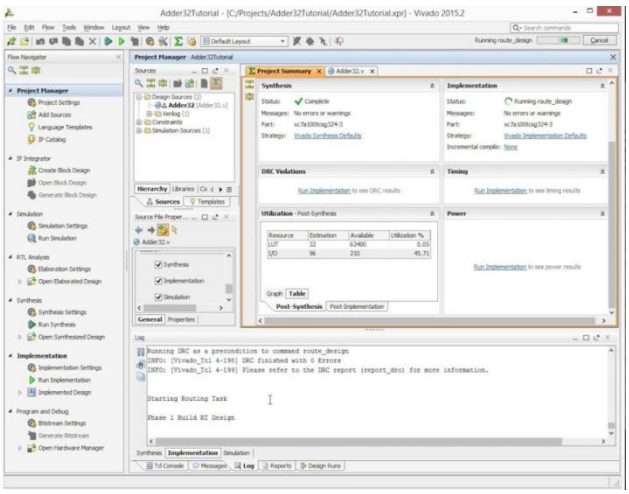
Danas, u 21. veku uz veliko napredovanje tehnologije, možemo reći da ne postoji oblast privrede i nauke koja može da funkcioniše bez neke vrste merenja. Merenje predstavlja određivanje (detektovanje) neke veličine ili objekta. Ta veličina se iskazuje numerički (brojnom vrednošću) i jedinicom određene merne veličine po SI međunarodnom sistemu jedinica. U *embedded* sistemima gde njihova funkcija predstavlja i jedan deo merenja ili transporta mernih veličina, neophodno je velika količina memorije, a nekada i dodanih paralelnih jedinica za obradu mernih podataka. Jedan dobar primer koji spaja dve takve jedinice za obradu mernih podataka jeste i SFPmodul koji je reaalizovan kao IP jezgro na FPGA ploči.

SFP modul se koristi kao industrijski standard širom sveta od strane velikih proizvođača već gotovo 20 godina u mnogim mrežnim rešenjima [1] kao što su: SONET, Gigabitni eternet, optički kablovi, PON itd. SFP modul, kao mali modularni predajnik, zamenio je svuda GBIC modul, jer njegova veličina omogućava da se implementira u jako maloj fizičkoj zapremini i uspostavi komunikacija između svičeva i bitnih serverskih konekcija. Kako je SFP modul *hot-pluggable* to mu omogućava da se lako prilagodi postojećim mrežnim protokolima bez nužnog redizajniranja cele kablovske infrastrukture. Tema ovog rada su SFP moduli i njihova uloga u merno-informacionim sistemima gde se realizuje gigabitna komunikacija između dve FPGA jedinice. Realizovan je otvoreni SFP protokol sa namerom za moguće dalje nadogradnje u budućnosti.

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Platon Sovilj, red. prof.

2. RAZVOJNI ALATI

Po prirodi zadatka, hardverska realazacija je kompliko-vanija od softverske realizacije pa se kao odgovarajuće rešenje nameće da se prvo željena funkcionalnost istestira u softveru, pa nakon toga da se implementira u hardveru. Kako je ovu funkcionalnost dosta teže opisati u softveru, jer se sama funkcionalnost i performanse protokola zasni-vaju na hardveru, odmah je započeta hardverska realiza-cija, gde je podrška u vidu simulacije sistema bila podr-žana alatom za simulaciju kompanije Xilinx. Za hardver-sku realizaciju dizajna neophodni su alati kao što su Xilinx ISE, Xiling SDK i Xilinx Vivado 2015.2 (Slika 1).



Slika 1 - Xilinx Vivado 2015.2

Xilinx Vivado 2015.2 je alat koji se koristi za razvoj i simulaciju hardverskog dizajna. Pomoću njega, moguće je zapakovati dizajn hardvera u IP i povezati ga sa drugim IP-evima, testirati dizajn gledajući signale koji se generišu u simulaciji, kao i generisati *bit stream* pomoću koga se programira FPGA. Može se koristiti grafičko okruženje ili napisati tcl skripta.

Vivado Xilinx može da se koristi sa grafičkim interfesjom, ali mnogo češće se upotebljava kao terminal/konzolni intefejs, gde se kao krajnji proizvod dobija grafički interfejs, na kome su prikazani signali svakog modula u dizajnu i povezanost celog sistema. Preglednost krajnjeg proizvoda je lakša u grafičkom interfejsu, ali njegov razvoj, ponovljivost, modularnost i

automatizacija je naprednija, brža i sa dosta više opcija u konzoli. Potrebno je vreme savladati konzolni intefejs, odnosno alat za pisanje skripti koja se izvšava u konzoli pod xilinxovom podrškom (Xilinx Batch mod), kao alat zvani TCL (eng. terminal console interface).

Svaka komanda u Xilinx Vivadu, ima svoju odgovarajuću komandu u tcl jeziku. U suštini, ceo Vivado je napisan u tcl jeziku, pa zbog toga i postoji takva paralela. Pomoću Vivada, već postojeći projekat je moguće sačuvati u tcl skript obliku.

TCL je jezik za pisanje skripti koji je inkorporiran u spektar alata Xilinx familije. TCL jezik dozvoljava interkativne upite ka alatima za dizajn sa ciljem kako bi automatizovao neke procese. Pomoću njega moguće je vršiti upite prema "bazi podataka" samog dizajna, trenutnog stanja projekta i njegovih podešavanja. Na primer, moguće je vršiti upit rezultat specifične vremenske analize, na osnovu kojih se dalje kreiraju dodatna ograničenja/limiti pomoću kojih se dizajn lakše implementira na FPGA ploču [2].

VHDL je jezik za opis hardvera koji se koristi u automatizaciji elektronskog dizajna za opisivanje digitalnih sistema i mešovitih-sistema kao što su FPGA. VHDL je definisan IEEE standardima i najpopularnije standardizacija je IEEE VHDL- 93. Svi programski jezici se izvršavaju sekvnecijalno, dok u VHDL slučaju svaka instanca koda se izvršava paralelno jer zaista tako i funkcioniše hardver u realnosti.

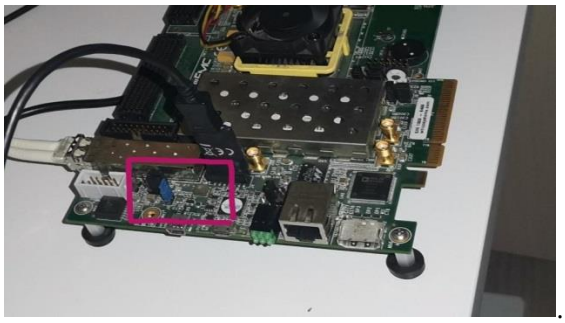
Iako jezik za opis hardvera, kao takav potrebno je imati alat za kontrolu verzije izvornog koda. Alat za kontrolu verzije koda (eng. SCM – Source code management) je način za praćenje promena u kodu, tako da ako nešto pođe po zlu, imamo mogućnost da uporedimo različite verzije koda, i da se vratimo na bilo koju prethodno sačuvanu verziju koda koju želimo. Prilikom razvoja protokola, bio je jako koristan za strateški razvoj deo po deo celog protokola. Takođe kada neki delovi VHDL koda nisu bili u stanju da zadovolje kriterijume implementacije, lako je bilo se vratiti na prethodnu verziju gde je sve radilo kako treba. Prilikom napredovanja protokola i praćenje verzija koda, stekao se efikasan uvid u to koliko svaka dodatna opcija protokola i deo koda zauzimaju dodatne FPGA logike, što je kasnije bilo korisno za analizu rezultata implementacije i detekciju mogućih unapređenja.

2. FIZIČKA REALIZACIJA SFP MODULA

FPGA uređaji imaju svestrane mogućnosti i funkcionalnosti visokih performansi. Fizička realizacija koja može da se mapira na njihove logičke gradivne jedinice je ograničena i treba pažljivo projektovati željenu funkcionalnost. U slučaju složenih embeded sistema, često se javlja potreba za pribavljanjem određenih promenljivih iz spoljašnje memorije ili nekog drugog podsistema. Razlog može biti obrada podataka neke spoljašnje jedinice ili komunikacija sa drugim uređajem.

Prilikom realizacije komunikacije sa spoljašnjim jedinicama ili memorijom, često se koriste standardizovani protokoli kao što su AXI, I2C ili SPI. Svim ovim protokolima je limitirajući faktor brzina, te je za brzu komunikaciju, reda velične Gb/s, mnogo praktičnije koristiti SFP protokol.

SFP je hardverski modularni slot koji služi za komunikaciju dveju FPGA plroča ili nekim drugim uređajima. SFP slot se direktno mapira na spoljašnje pinove FPGA ploče, a sama funkcionalnost se projektuje na hardveru, jer softverska realizacija zbog prirode SFP protokola, odnosno zbog njegove brzine nije moguća u softveru. Dobar primer SFP protokola je kod kompanije Tajfun HIL, gde je SFP protokol na uređaju HIL404, bidirekcioni, otvoren protokol, koji omogućava veliki protok (do 5 Gbps), malu latenciju prilikom razmene podataka između uređaja. Ovaka protokol je pogodan jer ne zavisi direktno od proizvođača, može da razmeni do milion poruka u nekoj tipičnoj aplikaciji i pouzdan je jer ima ugrađenu sinhronizaciju SFP protokol je razvijen na



Slika 2 - VC707 ploča sa položajem džampera za SFP komunikaciju

Xilinx Virtex-7 FPGA VC707 ploči koja ima na sebi SFP port modul i nakon mapiranja pinova, potrebno je još uraditi i nameštanje džampera u odgovarajući položaj, jer uobičajeno nije na toj poziciji zbog uštede potrošnje energije i dodatnih drajvera u softveru potrebnih da bi SFP radio. Položaj džampera treba namestiti kao na slici 2.

Kako je SFP široka, i kako se konfiguracija SFP protokola razlikuje od slučaja do slučaja, moguće ga je pripremiti za buduću komunikaciju putem softverske inicijalizacije pre samog uspostavljanja linka protokola. Da bi se realizovao SFP protokol, neophodne su SFP sonde (koji su prikazane na slici 3 (a)), kao i optički kabl (slika 3 (b)).

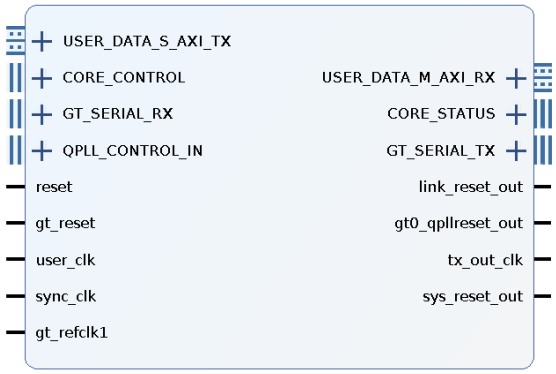


Slika 3 - *SFP sonda (a) i optički kabl (b)*

3. GLAVNI ASPEKTI FIZIČKE REALIZACIJE

Projektovanje kompletnog embeded sistema je težak zadatak i postoje aspekti koje bi trebalo sagledati prilikom kreiranja i projektovanja dizajna na platformi kao što je FPGA, što znatno olakšava razvoj sistema u kasnijim fazama. Postojeći programabilni hardverski deo FPGA uređaja je struktuiran i njegove karakteristike su dobro poznate alatu za projekovanje digitalnih sistema. Uzimajući to u obzir, postoji velika prednost u

projektovanju sistema, ako neki delovi sistema mogu da se iskoriste iz prethodnih projekata ili ako se trenutni delovi projektuju na takav način, da bi funkcionalno mogli da se iskoriste na nekom drugom projektu. Time se stiče ušteda vremena za projektovanje i verifikaciju. Kao takav kriterijum, Aurora IP jezgro je generisano na taj način da se ima na umu ponovno korišćenje istog u nekim drugim projektima. Interakcija sa Aurora IP-om (Aurora interfejs je prikazan na slici 4) zahteva dosta poznavanje modula [3].



Slika 4 - Aurora 8B/10B interfejs

Unutrašnja struktura jezgra je komplikovana i treba obratiti pažnju na parametre koji se konfigurišu. Kao krajnji ishod, kreiran je top modul, koji obuhvata unutar sebe ceo sadržaj Aurora IP-a pod nazivom hssl_ctrl_1l. Njegov interfejs je jednostavniji za krajnjeg korisnika i sadrži parametre sa logičnijim nazivima za konfiguraciju Aurora jezgra. Kako je sve konfigurisano za jednu liniju protokola podataka, ovaj modul je moguće više puta instancirati, čime se dobija mogućnost proširenja u budućnosti.

Svaki protokol, pa tako i SFP protokol je podložan promenama i unapređenjima te je stoga veoma bitno imati na umu parametrizaciju interfejsa protokola. U zavisnosti od standarda neke kompanije, ili karakteristike uređaja potrebno je imati mogućnost da se izmene neki parametri kako bi mogda da se ostvari željena komunikacija između uređaja. SFP protokol ima mogućnost komunikacije, odnosno sprezanje više proča istovremeno. Ulazni i_unit_id signal služi kako bi se postavio ID (identifikacioni broj) uređaja, da bi se na osnovu toga moglo detektovati u pristigloj poruci da li je poruka namenja baš za taj uređaj ili neki drugi koji je u spregnutoj komunikaciji. Isti ID broj se lepi na heder poruke koja se šalje kako bi drugi uređaji mogli da identifikuju poruku.

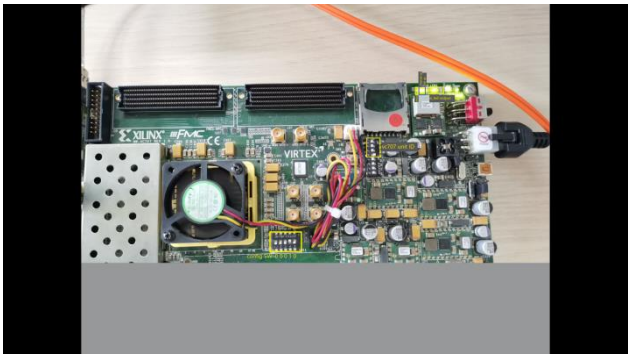
Konfiguracija ID broja je direktno mapirana na prekidače FPGA uređaja. Kako različiti FPGA uređaji imaju raličiti broj dostupnih prekidača, ostavljena je mogućnost i_unit_id širine da bude konfigurabilna. Slična logika se može primeniti i na izlazni signal o_led. O_led signal služi za signalizaciju inžinjeru da li se komunikacija odigrava dobro i na njega postoji mogućnost mapiranja različitih unutrašnjih signala za dalje debagovanje. U zavisnosti od dostupnosti LED dioda na FPGA uređaju, moguće je veći ili manji broj debagovanja unutrašnjih signala.

Zbog zahteva fižičke realizacije SFP protokola, softverski deo FPGA uređaja nije bio detaljno razmatran kao deo razvoja protokola, ali uzeta je činjenica u obzira za buduće proširenje i konfigurisanje protokola preko softverskog dela.

U zavisnosti od nivoa apstrakcije embeded sistema, zavisi i njegova dinamika i teškoća razvoja, kao i krajnje performanse. Razmotrivši sve prednost i mane, kao finalna odluka uzeta je da se SFP protokol razvija na RTL (eng. register transfer level) nivou apstrakcije. Zbog RTL nivoa razvoja, konfigurisanje zaglavlja poruke SFP protokola je intuitivna za dizajnera. Postoji mogućnost menjanje širine bita kao i preuređivanje redosleda podataka u zaglavlju, a to su: unit_id, destination_id, podatak i rezervisani biti koju su napravljeni da se celo zaglavlje smesti u tridesetdvobitnu vrednost, a mogu reprezentovati i neku dodatnu informaciju poruke ukoliko ima potrebe za tim.

Da bi SFP protokol ima ispravnu komunikaciju, moraju se ispoštovati zahtevi Aurora IP jezgra na čemu se i bazira ceo protokol. To znači, da je neophodna stalna sinhronizovana komunikacija između uređaja i da ne sme da se desi da ne dođe do odgovara na poslatu/primljenu poruku unutar komunikacije. Kako bi se to realizovalo u samom dizajnu digitalnog sistema se koriste FSM (eng. finit-state machine) mašine.

Jedna FSM mašina služi za pakovanje podataka za slanje. Ona garantuje ispravnost poruke i da će poruka biti poslata tek kada postoji aktivan link između uređaja. Druga FSM mašina pakuje podatke i šalje ispravan broj paketa u zavisnosti od zaglavlja poruke. Kako je ceo protokol zamišljen kao otvorena instanca komunikacije putem SFP linka sa tajfun HIL uređajima, ceo protokol je projektovan tako da dizajner ima celu kontrolu nad suštinom stvari koje se šalju, a to su zaglavlje i podaci poruke. Kao takav, lak je izbor za dodatne nadogradnje koje specifično odgovaraju određenim uređajima i izmene protokola koje bi karakterisali uzajamnu komunikaciju između ploča. Ceo digitalni sistem je razvijen na Xilinx Virtex-7 FPGA VC707 ploči (slika 5).



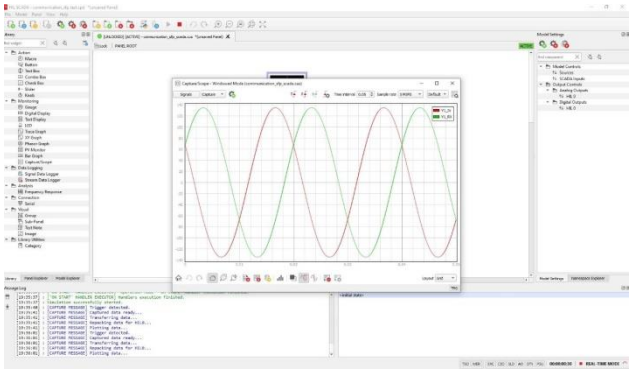
Slika 5 - Xilinx Virtex-7 FPGA VC707 ploča

4. ZAKLJUČAK

Ovaj protokol je trenutno limitiran Aurora IP jezgrom 8B/10B mogućnostima, što bi značilo komunikaciju do 5 GBs protoka podataka. Sa druge strane, Aurora IP je nezavisna od proizvođača, te se ovaj protokol lako implementira na bilo koji FPGA uređaj koji podržava SFP

komunikaciju. U jednoj tipičnoj aplikaciji, ovaj protokol je sjajan jer pruža širok protok podataka i zadovoljava velik opseg korisnika.

Brzina prenosa podataka je do jednog miliona primljenih ili poslatih poruka u jednoj sekundi. Uzevši sve to u obzir, u uređajima najnovije generacije, latencija je manja od 1 mikrosekunde (slika 6). Cela komunikacija je pouzdana jer je potkrepljena sa sinhronizacijom i mehanizmom zaštite od prekida toka komunikacije što je veoma bitno kod nekih mernih sistema gde je zaštita od greške usled prekida u realnom vremenu od velikog značaja.



Slika 6 – *Analiza slanja i primanja promenljivih*

Svi zahtevi koji su na početku zadati i predviđeni je ovaj digitalni dizajn ispunio, ali ostaje prostora za unapređenje jer su ostavljeni rezervisani biti u zaglavlju poruke, koji nisu iskorišćeni. Takođe, kako je ovo otvoren protokol, on nije dovoljno fleksibilan, što se utvrdilo tek pri samom kraju izrade istog. Tehnički je limitiran na Aurora IP 8B/10B jezgro, i nije pružena veća generalizacija problema u smislu da je ovo Aurora jezgro lako zameniti sa nekim drugim te ostaje kao tegoba za ubuduće ako se bude želelo prelaziti na još bržu podržanu komunikaciju kao što je 10 ili 20 Gbs. Ostaje prostora pre svega za unapređenje u protočnoj obradi podataka, kako bi bilo lakše za alate, koji služe za implementaciju dizajna, kao i mogućnost boljeg iskorišćenja dodatnog kanala za komunikaciju. Kako je ova realizacija isključivo u hardverskom delu, prepoznata je potreba da se deo prebaci i u sofver, pre svega zbog lakše konfiguracije protokola, a i dobijanju u nekim delovima na performansama.

5. LITERATURA

[1] https://community.fs.com/blog/sfp-module-what-is-it-and-how-to-choose-it.html

[2] https://docs.xilinx.com/v/u/2019.2-English/ug835-vivado-tcl-commands

[3] https://docs.xilinx.com/v/u/2019.2-English/ug939-vivado-designing-with-ip-tutorial

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 004.9
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE42Trifunovic

PRIMENA TEHNIKA OBFUSKACIJE IZVORNOG KODA NAD PROGRAMSKIM JEZIKOM *SOLIDITY*

APPLICATION OF SOURCE CODE OBFUSCATION TECHNIQUES IN THE *SOLIDITY* PROGRAMMING LANGUAGE

Petar Trifunović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – *U ovom radu će biti predstavljene mogućnosti primene tehnika obfuskcaije nad izvornim kodom napisanom u Solidity programskom jeziku. Rad uključuje i opis implementacije ovih tehnika izvršene u programskom jeziku Go.*

Ključne reči: *obfuskacija, neprozirni iskazi, blokčejn, pametni ugovori*

Abstract – *This work will present the possibilities of applying obfuscation techniques over source code written in the Solidity programming language. The work also includes a description of the implementation of these techniques written in the Go programming language.*

Keywords: *obfuscation, opaque predicates, blockchain, smart contracts*

1. UVOD

Metode obfuskacije[1] primenjuju se nad kodovima pisanim u mnogim programskim jezicima u svrhu povećanja bezbednosti i skrivanja semantike koda. Stariji i popularniji jezici su u ovom smislu u prednosti u odnosu na novije, s obzirom na to da je više vremena utrošeno na njihovu detaljnu analizu. Dodatno, jezici u čijem procesu prevođenja postoji jasno definisana varijanta međukoda pružaju dodatne naprednije mogućnosti obfuskacije, pa je vremenom za takve jezike stvoreno mnoštvo obfuskacionih alata. Dobri primeri su međukodovi *.NET* i *Java* programskih jezika (*Common Intermediate Language* za *.NET*, *Java Bytecode* za *Java*-u).

Sa druge strane, blokčejn tehnologije se još uvek mogu smatrati relativno mladim, kao i programski jezici specijalizovani za pisanje pametnih ugovora. Za ove jezike uglavnom ne postoje razvijeni alati za obfuskaciju. Uz to, specijalizovani jezici za pametne ugovore odlika su javnih blokčejnova sa učlanjivanjem bez dozvole [2] (*Ethereum, Avalanche, Cardano...*), a ono što karakteriše ovakve tipove blokčejn tehnologija jeste nepoverenje između učesnika. U takvom sistemu, svako prikrivanje detalja, pa i obfuskacija koda, može samo povećati nepoverenje, tako da se potpuno dostupan izvorni kod u neizmenjenoj formi može smatrati za nešto poželjno, ako ne i očekivano. Ipak, nepostojanje alata za povećanje tajnosti semantike koda može otežati testiranje. Iako je moguće pisati i testirati pametne ugovore bez da se sam izvorni kod učini javno dostupnim u bilo kom trenutku, ovakvo nešto zahteva dodatni napor programera i korišćenje nestandardnih tehnika (uspostavljanje privatne varijante blokčejn mreže, javno baratanje isključivo kodovima niskog nivoa...). Zbog toga postoji smislen razlog za ulaganje napora za kreiranje obfuskacionih alata za jezike za rad sa blokčejnom. Takođe, dobar obfuskator bi mogao da se iskoristi da deo, ili čitavu implementaciju logike neke blokčejn aplikacije, čije su funkcionalnosti javno dostupne, sakrije od njenih korisnika iz bilo kog razloga[3].

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dušan Gajić, vanr. prof.

[1] *Zamagljivanje* u bukvalnom prevodu sa engleskog jezika

[2] U nastavku teksta će se termini *blokčejn* i *blokčejn tehnologije* odnositi upravo na javne blokčejnove sa učlanjivanjem bez dozvole

2. FORMATIRANJE I PISANJE TEKSTA

Blokčejn je posebna vrsta distribuiranog sistema. Tačnije, blokčejn predstavlja jednu od mogućih implementacija tehnologije po imenu distribuirana glavna knjiga (eng. *Distributed Ledger Technology*, u nastavku *DLT*). Pametni ugovori su odlika blokčejn tehnologija i povećavaju mogućnost upotrebe istih. U nastavku je dat pregled pojmova najvažnijih za razumevanje blokčejna.

2.1. Distribuirani sistemi

Distribuirani sistem predstavlja skup nezavisnih računarskih elemenata koji korisniku deluju kao jedan koherentan sistem [1]. Često, distribuirani sistem podrazumeva i fizičku distribuiranost procesa učesnika, tako da se oni izvršavaju na geografski udaljenim mašinama.

2.2. Distribuirana glavna knjiga

Distribuirana glavna knjiga predstavlja jedan tip distribuiranog sistema specifičan po tome što pretpostavlja da nema bilo kakvog vida poverenja između učesnika. DLT je vid distribuirane baze podataka čiju kopiju poseduje svaki učesnik sistema i koja se sinhronizovano ažurira uspostavljanjem konsenzusa bez učešća centralizovanog arbitra [2]. Koncept sistema u

[3] U ovom slučaju, korisnici bi morali da imaju potpuno poverenje u rad aplikacije, za šta su pogodnije privatne blokčejn varijante.

kome više zasebnih učesnika mora da radi sinhronizovano uz određenu vrstu dogovora uveli su prvi put Lamport et al. [3] i dali osnovu za tehnologiju kakva je DLT.

2.3. Blokčejn

DLT predstavlja samo apstraktan koncept i zahteva konkretizaciju kako bi se dobio funkcionalan sistem. Jedna takva konkretna implementacija distribuirane glavne knjige jeste blokčejn. 1991. i 1993. godine prvi put se pojavljuju ideje o kreiranju blokova podataka međusobno povezanih u lanac korišćenjem tehnika kriptografije [4, 5]. Godine 2008. anonimni autor pod pseudonimom Satoši Nakamoto objavljuje predlog funkcionalne blokčejn mreže – *Bitcoin* [6], a 2009. objavljuje implementaciju na osnovu predloga i pušta zvaničnu *Bitcoin* mrežu u upotrebu.

Blokčejn sistem predstavlja implementaciju DLT-a u kojoj se stanje sistema beleži u vidu kriptografski povezanih blokova. Svaki blok sastoji se od skupa transakcija od kojih svaka predstavlja atomičnu promenu stanja sistema. Učesnici u mreži određenim protokolom postižu konsenzus oko toga koji blok treba sledeći uključiti u lanac. Kada se blok prihvati i bude uključen u lanac sve transakcije u njemu postaju trajno zabeležene u sistemu, jer se njihovo izbacivaje iz sistema ne može izvršiti bez ogromnog i neisplativog utroška resursa.

Ovo je važna karakteristika blokčejna – učesnici nemaju poverenja jedni u druge, ali imaju poverenja u ispravan rad sistema. Oni moraju da nešto ulože (računarske resurse, „novac“ u vidu važeće blokčejn valute...) kako bi se izvršilo ažuriranje stanja. Ukoliko njihov predlog ažuriranja nije zlonameran i bude prihvaćen od strane drugih članova mreže, biće nagrađeni zbog činjenice da su nešto uložili kako bi stanje sistema napredovalo. Ako je ažuriranje zlonamerno, ogromne su šanse da će im ulog propasti, tako da nema smisla ni pokušavati ovako nešto. Ovakav princip rada ohrabruje učesnike da imaju poverenja u rad blokčejna. Opisane karakteristike blokčejna predstavljaju sažetak opisa *Bitcoin*-a iz rada Satošija Nakamota [6], ali su prihvaćene i implementirane i u mnogim blokčejn sistemima nastalim nakon *Bitcoin*-a.

3. PAMETNI UGOVORI

Koncept pametnih ugovora uveo je Nik Sabo u članku iz 1996. godine [7]. Pametni ugovor jeste naprednija verzija standardnih ugovora koji su se donedavno pretežno svodili na potpisivanje papira na kome je izlistano šta uključene strane obećavaju da će ispuniti. Takvi standardni ugovori zahtevaju i učešće još jednog člana koji najčešće ima zakonsku moć da primora potpisnike ugovora na ispunjenje obećanja, kao i moć da ih kazni u slučaju neispunjenja istih. Pametni ugovor je računarski podržan transakcioni protokol koji izvršava uslove iz ugovora; njihov cilj jeste da osigura ispunjavanje obećanja iz ugovora, da svede na miminum odstupanja od ugovora, bila ona namerna ili slučajna, kao i da smanji potrebu za učešćem centralizovanog posrednika [7].

Sa pojavom blokčejna pametni ugovori dobijaju izuzetno važnu praktičnu primenu. Blokčejn kao koncept u potpunosti ima smila i bez pametnih ugovora, ali bez njih bi bio ograničen na rad sa transakcijama vrlo jednostavne logike. Na primer, *Bitcoin* je prvenstveno namenjen za razmenu sredstava izraženih u *BTC*-u, odnosno u *Bitcoin*-ovoj kriptovaluti [8]. Bez mogućnosti pisanja pametnih ugovora [4], ne bi bilo moguće definisati uslove koje primalac mora da ispuni da bi dokazao da su poslata sredstva namenjena baš njemu, pa bi bilo koji učesnik mogao da „presretne“ i ukrade poslatu sumu. *Ethereum* je blokčejn sistem koji predstavlja svojevrsnu platformu za kreiranje distribuiranih aplikacija napisanih pomoću pametnih ugovora, tako da u *Ethereum*-u i drugim kompatibilnim blokčejnovima pametni ugovori igraju ogromnu ulogu i predstavljaju srž sistema.

3.1. Jezici za pisanje pametnih ugovora

Pametni ugovori u blokčejn sistemima nude mogućnost definisanja proizvoljne logike koja se treba izvršiti u mreži kako bi uslovi ugovora bili ispunjeni. Ovakva definicija praktično poistovećuje pametan ugovor sa kodom računarskog programa, s obzirom na to da i programski kod predstavlja specifikaciju koraka koje računar treba da izvrši kako bi sproveo u delo neki algoritam. Zbog toga se i logika pametnog ugovora predstavlja putem koda napisanog u nekom programskom jeziku. Od 2009. godine pojavili su se razni jezici namenjeni za pisanje pametnih ugovora za konkretne blokčejn sisteme.

Svaki čvor blokčejna učestvuje u validaciji predloženih transakcija. U procesu validacije čvorovi izvršavaju kod pametnog ugovora vezanog za konkretnu trasakciju. Pametan ugovor u ovakvom sistemu pisan u kodu nekog od standardnih programskih jezika koji koriste memorijske i procesorske resurse samog čvora bio bi pogodno tlo za razne vrste napada, kao što su narušavanje memorijskog prostora računara, upošljavanje procesora predugim ili beskonačnim petljama itd. Blokčejn sistemi se protiv ovih problema bore na sledeće načine:

a) **Korišćenje jezika koji nisu Tjuring-kompletni.** Programski jezik je Tjuring-kompletan ukoliko sve što se može na bilo koji način izračunati može biti izračunato i putem koda pisanog u tom jeziku [9]. Ovakav jezik bi iz pomenutih razloga bio problem u blokčejn sistemu. Zato se mogu koristiti posebni jezici koji nisu Tjuring-kompletni za pisanje pametnih ugovora. Ovakav pristup smanjuje opasnosti, ali ograničava mogućnosti pametnih ugovora.

b) **Izvršavanje koda pametnih ugovora u specijalnim virtuelnim okruženjima.** Ovakav pristup povećava bezbednost s obzirom na to da izoluje okruženje u kome se izvršava pametan ugovor od ostatka mašine, nalik na virtuelnu mašinu. Virtuelno okruženje bi moglo da spreči narušavanje memorije i procesora čvora, ali i dalje postoje konstrukcije koje bi narušile rad blokčejn sistema. Na primer, beskonačna petlja bi „ukočila“ virtuelno okruženje.

[4] Mogućnosti pametnih ugovora u *Bitcoin*-u su veoma jednostavne, dok je njihova prava moć zaživela sa pojavom *Ethereum* blokčejna.

c) **Naplata izvršavanja pametnog ugovora.** Ovako je moguće sprečiti učesnike od pisanja ugovora koji zahtevaju previše procesorkse moći, jer bi cena izvršavanja bila prevelika.

Bitcoin Script je jezik kreiran za pisanje jednostavnih pametnih ugovora za *Bitcoin* blokčejn i od navedenih koristi tehniku a). Ovaj jezik podržava pisanje jednostavne logike u pametnim ugovorima, ali postoje pokušaji unapređenja i proširenja njegovih mogućnosti.

Ethereum [10] je blokčejn sistem koji predstavlja platformu za razvoj decentralizovanih aplikacija pomoću pametnih ugovora. Termin pametnog ugovora se danas pretežno i vezuje za *Ethereum*, (u predlogu rada *Bitcoin*-a ovaj termin nije ni pomenut). *Ethereum* koristi navedene tehnike b) i c). Kod koji se piše u bilo kom specijalizovanom jeziku višeg nivoa biva preveden u kod *Ethereum* virtuelne mašine (eng. *Ethereum Virtual Machine Code*, u nastavku *EVM* kod) [10]. Ona obezbeđuje da izvršavanje ne zađe u kontekst i memoriju računara na kome je *EVM* kod pokrenut. Ovaj kod niskog nivoa je Tjuring-kompletan, pa se protiv problema kao što su beskonačne petlje bori korišćenjem koncepta gasa. Za svaku transakciju neophodno je da pošiljalac navede koliko maksimalno je spreman da plati izvršenje (izraženo u *ETH*, kriptovaluti *Ethereum* blokčejna). To je suma koju učesnik mreže mora da priloži uz svaku transakciju. Ta suma naziva se gas. Ukoliko transakcija zahteva manju ili jednaku količinu gasa od priložene, moći će da se izvrši. Ukoliko zahteva više, transakcija će biti prekinuta. Ovo sprečava kočenje mreže beskonačnim petljama, jer bi takva petlja zahevala beskonačno mnogo gasa [10].

4. *SOLIDITY* PROGRAMSKI JEZIK

Solidity je objektno orijentisan jezik visokog nivoa namenjen za implementiranje pametnih ugovora [11]. Idejni tvorac jezika je Gavin Vud. Inspirisan je jezicima *C++*, *Python* i *JavaScript* [11]. *Solititiy* ne uvodi previše sintakse koja nije već poznata od ranije u drugim jezicima. Osnovni entitet u *Solidity* jeziku jeste ugovor (eng. *contract*), što je koncept nalik na klasu u standardnim objektno orijentisanim jezicima – ima atribute, metode, modifikatore pristupa. Dokumentacija nudi i opis sintakse i leksičkih pravila ovog jezika [11]. *Solidity* se koristi za razvoj pre svega na na *Ethereum*-u, ali i na drugim kompatiblnim blokčejnovima.

5. METODE OBFUSKACIJE PROGRAMSKOG KODA

Obfuskacija koda predstavlja način na koji se programski kod prevodi iz originalne u (logički) ekvivalentnu varijantu, ali manje razumljivu [12]. Šta je *manje razumljivo* određeno je time nad kojom varijantom koda se obfuskacija vrši. Ukoliko se radi o izvornom kodu, kod je manje razumljiv ukoliko je ljudskom oku teže protumačiti ga. Ako se vrši obfuskacija međukoda ili asemblerskog koda, potrebno je da kod bude manje razumljiv alatima za obrnuti inženjering (eng. *reverse engineering*), odnosno da bude teže rekreirati reprezentaciju koda u jezicima visokog nivoa.

Ovaj rad bavi se obfuskacijom izvornog koda. U nastavku je dat pregled tehnika obfuskacije iskorišćenih u predloženom rešenju. Većina ovih tehnika je pobrojana i opisana i u. [12].

5.1. Promena imena promenljivih

Nazivi promenljivih često nose mnogo informacija o značenju pojedinih delova koda. Zbog toga je dobro izmeniti ove nazive u kodu. Ovo se može uraditi na nekoliko načina – pretvoriti imena u nasumične nizove karaktera; pretvoriti imena u konkretne, ali besmislene nizove karaktera; izvršiti konkretan algoritam nad postojećim imenima (heširanje) kako bi se dobila nova.

5.2. Brisanje komentara

Komentari mogu sadržati značajne informacije o semantici koda, pa ih je uvek dobro eliminisati.

5.3. Izmena numeričkih konstanti

Kod postaje vizuelno mnogo kompleksiniji ukoliko se numeričke vrednosti zamene aritmetičkim izrazima. Ipak, jednostavne aritmetičke izraze je kompajler u stanju da u toku parsiranja izvornog koda prevede u numeričku konstantu ekvivalentnu tom izrazu. *Jednostavnim* se mogu smatrati izrazi pisani u jednoj liniji, odnosno u jednoj instrukciji izvornog koda, koji koriste trivijalne aritmetičke operacije. Na primer, izraz (1) bio bi optimizovan od strane kompajlera i aritmetički izraz bio bi preveden u konstantu 12. Razlaganjem ove dodele na više instrukcija optimizacija bi se mogla zaobići.

$$a = 4 * 3 \qquad (1)$$

5.4. Direktno umetanje tela funkcije

Direktno umetanje tela funkcije na mesto njenog poziva (eng. *function inlining*) čini kod dužim, vizuelno kompleksnijim i poništava inicijalnu namenu izdvajanja koda u funkcije. Umetanje tela podrazumeva detekciju poziva funkcija, zamenu parametarskih promenljivih u telu funkcije konkretnim argumentima i rešavanje eventualnih konflikata u nazivima promenljivih.

5.5. Neprozirni iskazi

Neprozirni iskazi (eng. *opaque predicates*) prvi put su pomenuti u radu Kolberga et al. [13]. Iskazi u programskom jeziku se odnose na izraze čija je rezultujuća vrednost *boolean* tipa, odnosno može imati vrednost *true* i *false*.

Vrednost neprozirnih iskaza je poznata onome ko vrši obfuskaciju koda, ali treba da onome ko pokušava da rastumači bude teško da zaključi koju vrednost će iskaz imati pri izvršavanju. Iskazi mogu biti nezavisni od konteksta izvršenja i da pri svakom pokretanju programa imaju istu vrednost, ili da budu zavisni od konteksta. Iskazi zavisni od konteksta pogodni su za kreiranje dinamičkih neprozirnih iskaza, čija se vrednost ne može zaključiti pre pokretanja programa. Za funkcionisanje ovakvih iskaza potrebno je izvršiti kombinaciju nekoliko njih. Princip rada dinamičkih iskaza detaljnije je objašnjen u [14].

6. REŠENJE

Rešenje predloženo u ovom radu predstavlja implementaciju obfuskacionih metoda navedenih u prethodnom poglavlju nad pametnim ugovorima pisanim u *Solidity* programskom jeziku. Implementacija rešenja data je u programskom jeziku *Go*. U svrhu implementacije korišćen je zvaničan *Solidity* kompajler [11]. On pruža mogućnost generisanja apstraktnog sintaksnog stabla odnosno *JSON* fajla koji pruža važne informacije o elementima kompajliranog ugovora. Rešenje analizira ovaj fajl i izvlači detalje relevantne za primenu pomenutih obfuskacionih metoda, kao što su imena promenljivih i imena funkcija, njihove pozicije u fajlu izvornog koda, detalji o izvršenim pozivima funkcija, argumenti prosleđeni funkcijama itd. Za izvlačenje dodatnih informacija korišćeni su regularni izrazi. Samo rešenje predstavljeno je u vidu konzolne *Go* aplikacije koja neizostavno uključuje obfuskaciju imena promenljivih, komentara i numeričkih konstanti. Na korisniku aplikacije je izbor između umetanja tela funkcija na mesto njihovog poziva, i neprozorinih iskaza.

Manipulacija kodom vrši se u više faza i struktura fajla izvornog koda se menja, za razliku od *JSON* fajla. Stoga je uvedena struktura podataka koja predstavlja kombinaciju crveno-crnog stabla i dvostruko spregnute lančane liste. Namenjena je za praćenje promena nastalih u izvornom kodu. Ona omogućava da se brzom pretragom dobije informacija o tome gde se određena linija koda nalazi u izmenjenom izvornom kodu, a omogućava i brzo ažuriranje radi beleženja novonastalih izmena.

7. ZAKLJUČAK

S obzirom na sličnost sa standardnim objektno orijentisanim jezicima, činjenica da je *Solidity* jezik specifične namene ne unosi mnogo neočekivanih komplikacija u pokušaje manipulacije njegovim kodom. Ipak, koliko god zadržavala logiku originala, nijedna manipulacija izvornim kodom nije besplatna. Gotovo je sigurno da će *Solidity* kod nad kojim se primene tehnike obfuskacije zahtevati veću količinu gasa nego original. Ovaj rad pokazuje da je moguće izmeniti kod i time njegovu semantiku sakriti do određene mere. Svakako, treba razmotriti da li je cena obfuskacije, bilo da je ona finansijska ili se ogleda u potrošnji resursa računara, manja od „zarade“ dobijene tim izmenama.

8. LITERATURA

[1] M. Van Steen, A.S. Tanenbaum, „A brief introduction to distributed systems“, *Computing* 98, pp. 967-1009, 2016.

[2] R. Ugarte, J. Luis, „Distributed Ledger Technology (DLT): Introduction“, Banco de Espana Article 19/18, October 2018.

[3] L. Lamport, R. Shostak, M.Pease, „The Byzantine Generals Problem“, *Transactions on Programming Languages and Systems*, volume 4, issue 3, July 1982.

[4] S. Haber, W.S. Stornetta, „How to Time-stamp a Digital Document“, *Journal of Cryptography*, volume 3, pp. 99-111, 1991.

[5] D. Bayer, W.S. Stornetta, S. Haber, „Improving the Efficiency and Reliability of Digital Time-Stamping“ u *Sequences II: Methods in Communication, Security and Computer Science*, New York: Springer-Verlag, 1993, pp. 329-334

[6] S. Nakamoto, „Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system“, https://bitcoin.org/bitcoin.pdf , 2008.

[7] N. Szabo, „Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets“, 1996. [Online]. Dostupno na: **https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart_contracts_2.html** (pristupljeno u septembru 2022.)

[8] J. Frankenfield, „What is Cryptocurrency?“, May 2022. [Online]. Dostupno na: **https://www.investopedia.com/terms/c/cryptocurrency.asp** (pristupljeno u septembru 2022.)

[9] S. Kepser, „A Simple Proof of the Turing-completeness of XSLT and XQuery“, u *Proc. Extreme Markup Languages*, Quebec, 2004.

[10] V. Buterin, „Ethereum Whitepaper“, 2013. [Online]. Dostupno na: **https://ethereum.org/en/whitepaper/** (pristupljeno u septembru 2022.)

[11] [Online]. Dostupno na: **https://docs.soliditylang.org/en/v0.8.17/** (pristupljeno u septembru 2022.)

[12] C. Collberg, C. Thomborson, D. Low, „A Taxonomy of Obfuscating Transformations“, 1997.

[13] C. Collberg, C. Thomborson, D. Low, „Manufacturing cheap, resilient, and stealthy opaque constructs“, *Proceedings of the 25th ACM SIGPLAN-SIGACT symposium on Principles of programming languages - POPL '98*, 1998.

[14] D. Xu, J. Ming, D. Wu, „Generalized Dynamic Opaque Predicates: A New Control Flow Obfuscation Method“, *Lecture Notes in Computer Science*, Springer, pp. 323-342

Kratka biografija:



Petar Trifunović rođen je u Nišu 1998. god. Diplomski rad na Elektronskom fakultetu u Nišu iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Računarstvo i informatika odbranio je 2021. god.

kontakt: peki.trifunovic@gmail.com

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 621.38:620.9
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE43Djordjevic

MOGUĆNOSTI PRIMENE ENERGETSKIH ELEKTRONSKIH TRANSFORMATORA

POSSIBILITY OF APPLICATION OF POWER ELECTRONIC TRANSFORMERS

Nikola Đorđević, Vladimir A. Katić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – *U radu su predstavljeni konvencionalni i elektronski transformatori i izvršeno je njihovo poređenje, i predstavljena je njihova analiza prema zapremini, težini i ceni. Nakon predstavljanja osnovnih topologija elektronskih transformatora i prikazanih modela za svaku kategoriju topologije, opisana je primena elektronskih transformatora u obnovljim izvorima energije, vučnim sistemima i punjačima električnih automobile. Na kraju su predstavljeni problemi i izazovi budućeg razvoja elektronskih transformatora.*

Ključne reči: *Transformatori, Konvencionalni transformatori, Elektronski transformatori*

Abstract *–Conventional and electronic transformers are presented in the paper and their comparison is made and their analysis according to volume, weight and price is presented. After presenting the basic topologies of electronic transformers and presented models for each category of topology, the application of electronic transformers in RES, traction systems and electric car chargers is described. Finally, the problems and challenges of the future development of electronic transformers are presented.*

Keywords: *Transformers, Conventional transformers, Electronic transformers*

1. UVOD

Tehnologija energetskih transformatora poznata je još od početka razvoja elektrotehnike. Bazira se na osnovnim postavkama elektrotehnike, odnosno zakonu elektromagnetne indukcije i danas predstavlja jednu od najpouzdanijih komponenti elektroenergetkog sistema [1].

Razvoj ovih transformatora sve više ide u pravcu njihove digitalizacije. Uvode se razni elektronski i komunikacioni sklopovi, senzori, merni i nadzorni sistemi (SCADA), automatski regulatori i dr. U praksi, oni se u novije vreme nazivaju *elektronskim transformatorima*, mada ne rade na elektronskim principima.

Pored toga, ovaj termin je raširen i za visoko-frekventne transformatore male snage, koji se nalaze primenu u DC/DC pretvaračima, osvetljenju, i dr. Time se pravi zbrka, jer ugrađena digitalna oprema ili mesto primene ne utiču na princip rada samog transformatora.

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Vladimir Katić.

Termin energetski elektronski transformator, EET (engl. *Power Electronic Transformer, PET*), ili elektronski energetski transformator (engl. *Electronic Power Transformer, EPT*), ili solid-stejt transformator (engl. *Solid State Transformer, SST*), koji je tema ovog rada, podrazumeva principijelno drugačiji tip transformatora [2-4]. Radi se o potpuno novoj konstrukciji, koja treba da zameni energetske sklopove transformatora, uređajima energetske elektronike, odnosno odgovarajućim energetskim elektronskim pretvaračima. Time se u suštini menja karakter transformatora, čiji rad se sada zasniva na elektronskim principima uz značajnu primenu najmodernijih digitalnih upravljačkih komponenti (mikroprocesora) i algoritama. Cilj je da se unaprede performanse klasičnog transformatora, smanje gabariti, eliminiše njegov štetni uticaj po okolinu, omogući direktna daljinska kontrola i upravljanje, te unesu druga poboljšanja.

Današnji energetski transformatori nalaze se i u prenosnom i u distributivnom delu elektroenergetskog sistema. Međutim, savremene elektronske komponente, koje su osnova svih energetskih elektronskih pretvarača, imaju ograničena naponska i strujna naprezanja, pa je time limitirana i oblast moguće primene EET i to na distributivnu mrežu.

U ovom preglednom radu biće ukratko predstavljen koncept EET, kao i neke moguće oblasti primene u savremenim distributivnim mrežama.

2. KONCEPT KONVENCIONALNOG TRANSFORMATORA

Konvencionalni transformator je električni uređaj, koji transformiše energiju iz jednog kola u drugo posredstvom magnetne sprege, bez ikakvih pokretnih delova. Transformator se sastoji od dva (ili više) spregnuta namotaja ili jednog namotaja sa više izvoda i u većini slučajeva, magnetnog jezgra koje koncentriše magnetni fluks. Brojne su prednosti ovakvog rešenja: jednostavna struktura, visoka pouzdanost i efikasnost, dug vek trajanja, jednostano priključenje na električnu mrežu, relativno niska cena i dr.

Ipak, uprkos širokoj upotrebi, ovaj transformator ima i odgovarajuće nedostatke, koji su vezani za njegove velike gabarite i težinu, za ugrožavanje životne sredine usled primene mineralnog transformatorskog ulja, koje je kancerogeno, kao i generisanja elektromagnetnih smetnji u neposrednoj okolini, te pojave zujanja i buke i dr. Sve ovo dalo je istraživačima motivaciju da se traga za naprednijim rešenjima, a jedno od najprespektivnijih je EET [2-5]:

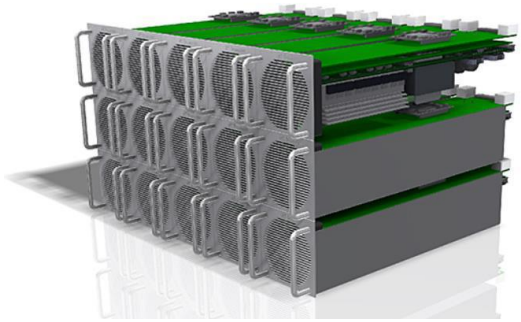
3. TEHNOLOGIJA ELEKTRONSKOG TRANSFORMATORA

Poslednjih godina, složenost električne mreže je porasla zbog povećane upotrebe obnovljivih izvora energije i drugih distribuiranih izvora proizvodnje. Zbog te složenosti, nove tehnologije su potrebne zbog bolje kontrole i pouzdanijeg rada mreže.

3.1. Koncept EET

EET su energetski transformatori napravljeni od elemenata energetske elektronike, što znači da nemaju klasične namote kao konvencionalni transformatori te omogućavaju povezivanje mreža različitih karakteristika [5,6]. Elektronski transformator je zapravo konverter AC/AC, vrsta pretvarača električne energije, koji zamenjuje konvencionalni transformator. Može biti manji i efikasniji od konvencionalnog transformatora, jer radi na visokoj frekvenciji.

Da bi se obezbedila mogućnost podizanja/spuštanja izlaznog napona i galvansko odvajanje, u njih se ugrađuju i visoko-frekventni transformatori. Naprednim metodama upravljanja, mogu se obezbediti dodatne karakteristike vezane za pernos aktivne i reaktivne energije, popravku faktora snage, eliminaciju viših harmonica i dr. Na slici 1 predstavljen je fizički izgled distributivnog 10/0,4 kV EET-a razvijen od strane istraživača sa ETH iz Ciriha, gde je uočljiva kompaktna struktura i modularna arhitektura [7].



Sl. 1. *EET 10/0,4 kV razvijen od strane ETH Cirih [7]*

3.2. Prednosti i mane EET

EET imaju više prednosti u odnosu na nisko-frekventne konvencionalne transformatore, koje se ogledaju u smanjenoj zapremini i težini (zahvaljujući primeni visoko-frekventnog transformatora), mogućnosti korekcije faktora snage, visokoj upravljivosti, trenutnoj regulaciji napona, izolovanju kvarova, lakoj dijagnostici, odsustvu buke i kancerogenog transformatorskog ulja, niskom nivou zračenja i dr.

Ipak, uprkos ovim prednostima, postoje određeni nedostaci za koje se očekuje da će biti rešeni daljim razvojem tehnologije i napretkom nauke. Neki od ovih problema vezani su za visoke troškove, nižu očekivanu pouzdanost, kao i dostignutu efikasnost. U laboratorijskim istraživanjima ona iznosi od 90% do 98,1%, ali u praktičnom radu može biti nešto manja. U tabeli 1 dato je poređenje konvencionalnog (indukcionog) transformatora i EET. Vidi se da je EET u mnogim aspektima bolji, ali i da postoje nekoliko oblasti u kojima je potrebno iznaći neka izrazitija poboljšanja.

Tabela 1. *Poređenje konvencionalnog transformatora i EET*

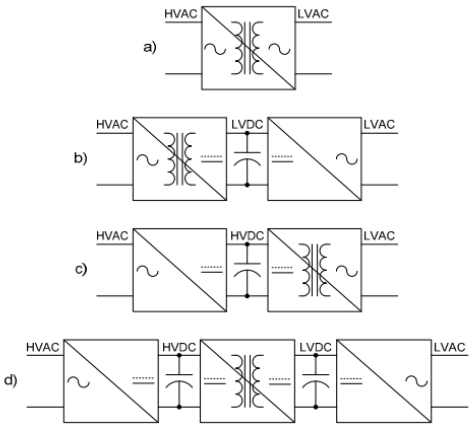
	Konvencionalni transformator	EET
Veličina (gabariti)	Velikog gabarita	Smanjenog gabarita i kompaktan
Težina	Velika težina	Znatno manja težina
Uticaj na životnu sredinu	Uljni transformator zagađuje	Nema zagađenja
Cena	Relativno jeftin	Skup, oko 5x skuplji
Efikasnost	Visoka efikasnost (98 %-99,5 %)	Niža efikasnost (90 % - 98,1 %)
Harmonici	Pik zbog zasićenja jezgra, harmonici struje	Harmonici su smanjeni pravilnim kontrolisanjem
Regulacuja napona	Ima problem sa regulacijom	Trenutna regulacija napona
Faktor snage	Nizak	Skoro jedinični zbog AC-DC konverzije
Izlazni napon	Zavisi od faze opterećenja distributivnog transformatora	Ostaje konstantan zbog pravilno kontrolisanog pretvarača
Struja	Velika struja pokretanja (udarna struja)	Regulisana

4. TIPOVI STRUKTURE I TOPOLOGIJE ELEKTRONSKIH TRANSFORMATORA

Topologije elektronskog transformatora se mogu široko klasifikovati u četiri kategorije:

a) Jednostepena topologija bez jednosmerne veze
b) Dvostepena topologija sa jednosmernom vezom na niskonaponskoj strani
c) Dvostepena topologija sa jednosmernom vezom na visokonaponskoj
d) Trostepena topologija sa jednosmernom vezom i na visokonaponskoj i niskonaponskoj strain.

Na slici 2 dat je pregled nekoliko najznačajnijih topologija EET-a.



Sl. 2. *Topologije EET-a [5]*

5. PRIMENA EET

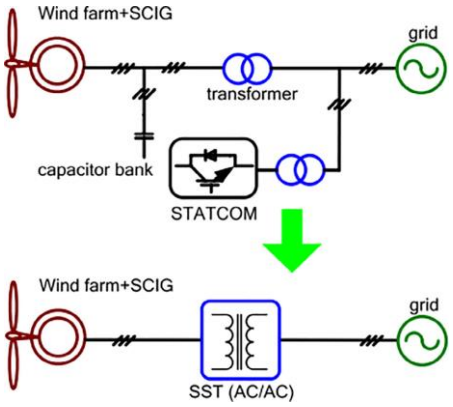
Prelaz sa sadašnjih mreža na napredne mreže sa EET ne može se dogoditi odjednom, već bi se postojeća mreža trebala dizajnirati i uvoditi elektronske transformatore korak po korak.

Primene elektronskih transformatora kao superiorne alternative konvencionalnom transformatoru i novije primene su istražene u nastavku.

5.1. Obnovljivi izvori energije

Priroda vetroelektrana je da njihov rad najviše zavisi od aktivnih i reaktivnih snaga koje se prenose u mrežu. U ovim sistemima je potreban kompenzator reaktivne snage za stabilizaciju napona.

Korišćenjem i kombinovanjem funkcije EET, kao što su prenos aktivne snage, kompenzacija reaktivne snage i regulacija napona, može se stvoriti savremeni sistem energije vetra sličan onom prikazanom na slici 3, gde je EET efektivno zamenio dva konvencionalna transformatora, kompenzator reaktivne snage STATCOM i interni kondenzator.



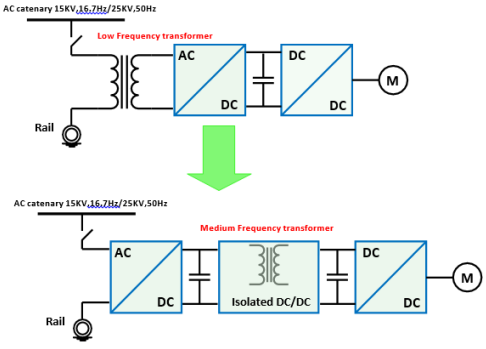
Sl. 3. *Sistem energije vetra [5]*

5.2. Lokomotive i drugi vučni sistemi

Danas mnogi istraživači i kompanije žele da razviju jednofazni elektronski transformator (AC-DC) u vučnim sistemima. U sistemima električne vučne železnice veoma je važno pitanje smanjenja težine i zapremine opreme jer to ima direktan uticaj na povećanje efikasnosti sistema.

Tradicionalni vučni sistemi uključuju nisko frekventne transformatore i back-to-back konvertore (BTB) koji imaju efikasnost između 88% i 92%.

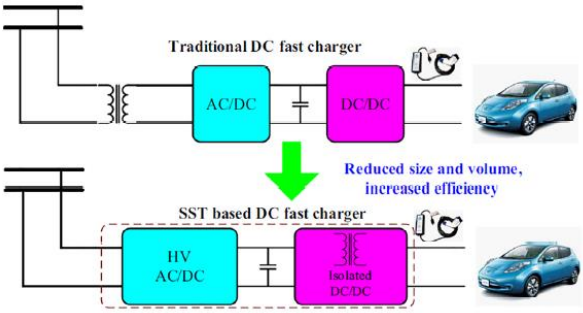
Ako se pomenuti system implementira sa elektronskim transformatorom, njegova efikasnost će dostići više od 95%. Pored toga, smanjuje zapreminu i težinu sistema. Na slici 4 prikazano jedno takvo rešenje.



Sl. 4. *Vučni sastav lokomotive i EET [5]*

5.3. Punjači električnih vozila

Na slici 5 prikazana je tradicionalna struktura sistema punjača koji uključuje niskofrekventne transformatore, AC/DC i DC/DC pretvarače. Efikasnost takvog sistema je oko 90%. Efikasnost ovog sistema se povećava na više od 95% korišćenjem elektronskog transformatora. Pored toga, implementacija ovog sistema zasnovanog na tehnologijielektronskog transformatora značajno će smanjiti obim i težinu, kao i njegovu cenu.Pristup sa elektronskimtransformatorom omogućava spajanje DC punjaca na MV vod sa uklanjanjem LF transformatora.



Sl. 5. *Stanica brzog punjenja električnih vozila zasnovana na tehnologiji EET [5]*

6. PROBLEMI I IZAZOVI BUDUĆEG RAZVOJA TEHNOLOGIJE EET

Razvoj elektronskog transformatora u poslednjoj deceniji privukao je veliku pažnju komercijalista kao zamena konvencionalnog transformatora. Komercijalizacija EET će biti odlučujući faktor njegovog razvoja i implementacije. U nastavku su navedeni značajni budući izazovi koji trenutno ugrožavaju tehnologiju EET-a [4]:

Troškovi - Cena EET je mnogo veća od cene konvencionalnog transformatora. Postoje naznake u vezi sa smanjenjem troškova EET na osnovu potencijalne masovne proizvodnje i široke primene. Glavni doprinos ovom smanjenju troškova biće elektronska kola.

Efikasnost - Zahtevana ukupna standardna efikasnost za distributivni transformator bilo koje snage mora biti iznad 97%. Uobičajena efikasnost većine tradicionalnih transformatora je veća od 98%, ali elektronski transformatorinisu dovoljno efikasni.

Pouzdanost - EET su prilično pouzdani, ali ne toliko kao konvencionalni jer koriste aktivnije komponente umesto pasivnih komponenti. Pored toga, potrebna im je opsežna i redovna nega. Pouzdanost zavisi od ocene uređaja i redundantnosti.

Zaštita - U normalnim uslovima, elektronski transformator štiti opterećenje od kvarova, pada napona i fluktuacija koje proizilaze iz električne mreže. EET takođe zahteva zaštitu sopstvenih unutrašnjih uređaja i kola od velike struje tokom abnormalnih uslova kao što je kratki spoj magistrale na DC strani. Očekuje se da EET izdrži nenormalne uslove, koji uključuju eksterne greške, kvarove na mreži, greške na nivou pretvarača, kvarove DC-sabirnice.

Kompatibilnost - Promena mrežne infrastrukture je neverovatna i troškovno neefikasna. Međutim, implementacija EET u mikro mreži je bolji pristup za postepenu zamenu konvencionalnih.

Izolacija - Iako EET obezbeđuje galvansku izolaciju preko visokofrekventnog transformatora, što je zahtev pametnih mreža, on uključuje više međustepena. Ovi međustepeni smanjuju efikasnost.

7. BUDUĆI PRAVCI RAZVOJA TEHNOLOGIJE EET

Pravci razvoja i unapređenja tehnologije EET u budućim energetskim sistemima, radu i upravljanju su:

1. Finansijska procena tehnologije EET treba da se istraži i proceni zahteve za kalibraciju, filtriranje, zaštitu, komunikaciju, validaciju, sajber bezbednost i kvalitet energije. Pored toga, studija o isplativoj tehnologiji energetske elektronike u nastajanju u integrisanom EET će biti neophodna da bi se zamenio konvencionalni transformator u pravcu napretka tehnologije EET-a u budućnosti;
2. Tehnologija EET-a bi mogla biti obećavajuće rešenje za upravljanje obnovljivom energijom integrisano u mrežu u elektroenergetskim sistemima sledeće generacije.
3. Tehnologija EET-a sa efikasnim energetskim ruterom i visokim nivoom funkcionalnosti može se koristiti za ispitivanje efikasnosti u različitim domenima, uključujući mrežnu inteligenciju, energetsku elektroniku, komunikacije i zahteve mrežnog protokola;
4. Zaštita tehnologije EET-a zahteva dalju evaluaciju u okolnostima prevelike struje i prenapona. Stoga, napredne šeme zaštite sa poboljšanom kontrolnom funkcijom, kao i filteri i zaštitni releji mogu da igraju ključnu ulogu u sprečavanju nestanka struje pod pristupima brzog smanjenja opterećenja;
5. Komunikacija između EET i energetskih uređaja u realnom vremenu je od vitalnog značaja za rešavanje problema razmene informacija i prenosa. Dakle, potrebna je inteligentna energetska informaciona struktura da bi napredni kompatibilni komunikacioni sistem prevazišao probleme pouzdanosti, bezbednosti i kašnjenja u prenosu.

8. ZAKLJUČAK

Konvencionalni indukcioni transformator, iako jednostavne strukture i dugog veka trajanja, kao i velike efikasnosti, ipak ima nedostatke, kao što su uticaj na okolinu (zbog ulja i elektromagnetnog zračenja), robustnost i velika težina, zasićenje jezgra za nelinearno opterećenje, loša regulacija napona, veliki gubici, bez kompenzacije snage, bez izolacije kvara. Većina ovih problema je smanjena ili potpuno rešena pomoću elektronskog transformatora.

Polje primene EET zasnovanog na energetskoj elektronici, nije ograničeno na nivo distribucije, već takođe ima kapacitet da ga potpuno zameni u bliskoj budućnosti. EET se pokazao kao obećavajući kompenzator sa mnogim prednostima kao što su visok kvalitet energije, kontrola napona, izolacija kvara i kompenzacija reaktivne snage.

9. LITERATURA

[1] J. Winders, *"Power Transformers – Principles and Applications"*, CRC Press, Boca Raton, USA, 2002.

[2] J. Feng, et al., "Power Electronic Transformer-Based Railway Traction Systems: Challenges and Opportunities", *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*, Vol. 5, No.5, Sep. 2017, pp.1237–1253.

[3] D. Wang et al., "Theory and Application of Distribution Electronic Power Transformer", *Electric Power Systems Research*, Vol. 77, Iss. 3-4, March 2007, pp.219–226.

[4] S. Khan, et al., „Solid-State Transformers: Fundamentals, Topologies, Applications, and Future Challenges", *Sustainability*, Vol.14, #319, 2021,

[5] H. Shadfar, M.G. Pashakolaei, A.A. Foroud, "Solid-state transformers: An overview of the concept, topology, and its applications in the smart grid", *International Transaction on Electrical Energy Systems*, Vol.31, e12996, 2021, pp.1-24.

[6] V. Nejgebauer, V. Katić, „Elektronski transforma-tori - pregled i rešenja", *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka*, God.25, Br.15, 2010, pp.3305-3308

[7] https://pes.ee.ethz.ch/research/research-and-thesis-projects/ac-ac-converters/AC-AC-Converters-1.html

Kratka biografija:



Nikola Đorđević rođen je u Smederevu 1993. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Energetska elektronika i električne mašine odbranio je septembra 2022. god.



Vladimir Katić je rođen 1954. godine u Novom Sadu, gde je diplomirao na FTN 1978. god. Magistrirao je i doktorirao na Univerzitetu u Beogradu 1981. god. i 1991. god., respektivno Od 2002. god. je redovni profesor Univerziteta u Novom Sadu. Oblasti interesovanja su energetska elektronika, obnovljivi izvori električne energije, električna vozila i kvalitet električne energije

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 621.38:620.9
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE44Palalic

MODELOVANJE I ANALIZA PROPADA NAPONA U MEDITERANSKOJ MREŽI

MODELING AND ANALYSIS OF VOLTAGE DIPS IN MEDITERRANEAN NETWORK

Marijana Palalić, Vladimir A. Katić, Aleksandar M. Stanisavljević,
Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – *U radu je izvršeno modelovanje i analiza kvaliteta napona u realnoj mreži. Kao primer test mreže korišćena je mediteranska obalska mreža. Ona je modifikovana dodavanjem dve vetroelektrane. Izvršene su simolicaje radi ztvrđivanja uticaja vetroelektrana na kvalitet napona u mreži. Za simulacije korišćen je program DIgSILENT PowerFactory.*

Ključne reči: *Propadi napona, Test mreža, LVRT, Vetroelektrana.*

Abstract – *Modeling and analysis of the voltage quality in the test network was performed in this master's thesis. The Mediterrian coastal network was used as an example of a test network. It was modified by adding two wind farms. Simulations were carried out in order to determine the influence of wind farms on the quality of voltage in the network. The DIgSILENT PowerFactory program is used for simulations.*

Keywords: *Voltage sags, Test grids, LVRT, Wind farm*

1. UVOD

Tehnološki i ekonomski razvoj doneli su povećanu potražnju električne energije, kao i povećane zahteve za kvalitetom električne energije. Sve veći broj potrošača u sebi sadrži uređaje energetske elektronike, koji istovremeno zahtevaju visok kvalitet električne energije, ali i doprinose pojavi viših harmonika. Jedan od najvažnijih parametra kvaliteta električne enrgije su propadi napona, koji predstavljaju nagli pad napona na vrednosti između 10% i 90% nominalne u trajanju od polovine periode do 1 min. Do pojave propada napona dolazi zbog kvarova u mreži, priključenja velikih potrošača ili distributivnih transformatora [1,2].

U radu je izvršeno razmatranje propada napona pri jednopolnom (1pks), dvopolnom (2pks) i tropolnom (3pks) kratkom spoju u modelu mediteranske (primorske) mreže, pre i posle priključenja distribuiranih generator (DG) u cilju da se utvrdi njihov uticaj na kvalitet napona. Očekuje se da vetroelektrane iskažu sposobnost da pružaju podršku mreži u toku propada napona (tokom kvara) u skladu sa zahtevima LVRT i da time utiču da se poboljšaju naponske prilike [3].

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vladimir Katić, red. prof.

2. KVALITET NAPONA

Kvalitet napona predstavlja kvalitet isporučene električne energije, i sa aspekta prenosnog i distributivnog sistema definiše se na sabirnici na kojoj se priključuju potrošači. U idealnom slučaju struja i napon bi trebali biti sinusnog talasnog oblika, nominalne frekvencije i nominalne vrednosti. Međutim, u realnom slučaju ovo nije uvek ostvarivo, pa su potrošači podvrgnuti raznim smetnjama, od kojih su najnezgodniji propadi napona. Oni mogu da izazovu trenutan prekid rada pogona (reagovanje podnaponskih zaštitnih relea) ili resetovanje računara is l., što ima i značajne finansijske posledice [1-3].
Da bi se obezbedio nesmetan rad potrošača i umanjile posledice po elektroenergetski sistem u slučajevima propada napona, preduzimaju se mere u dva pravca. S jedne strane, zahteva se da potrošači imaju određenu "imunost" na smetnje, tj. definišu se krive tolerancije na propade ili poskoke napona (CBEMA/ITIC krive) [4]. S druge strane, u pravilima o radu mreže (engl. *Grid Code*) definišu se zone naponskih nivoa kada zaštita ne treba da reaguje, ali i zahtevi prema DG za podršku mreži tokom kvara (LVRT, engl. *Low Voltage Right Through*)) [3,5].

3. DISTRIBUIRANI GENERATORI

Distribirani generatori ili izvori električne energije predstavljaju izvore, koji se priključuju direktno na distributivnu mrežu. Oni najčešće podrazumevaju proizvodne jedinice malih snaga, bazirane na obnovljivim izvorima električne energije.
Izvori priključeni u mrežu trebali bi da doprinesu stabilnosti i sigurnosti sistema, kao id a doprinesu smanjenju emisije gasova staklene bašte (pre svega CO_2). Pod distribuiranim izvorima najčešće se podrazmevaju vetrelektrane i solarne elektrane, ali to mogu bit ii male hidroelektrane i biogasne elektrane. One se na mrežu priključuju najčeće primenom DC/AC (solarne elektrane) ili AC/DC/AC pretvarača (vetroelektrane).
Kako bi se obezbedila stabilnist mreže za vreme kvarova u slučaju velikog učeća ovakvih izvora potrebno je da oni imaju LVRT sposobnost. Ona podrazumeva da elektrana nastavlja da pruža podršku mreži za vreme propada napona injektiranjem odgovarajuće aktivne i reaktivne snage u zavisnosti od propada napona [3,5].

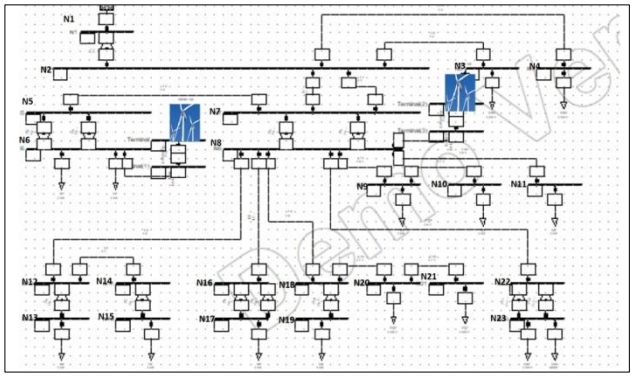
4. MODEL REALNE MEDITERANSKE MREŽE

Realna, mediteranska (primorska) distributivna mreža, koja će se ovde koristiti za istraživanje, okarakterisana je radijalnom strukturom sa relativno dugačkim srednjena-ponskim (SN) 10 kV kablovima i kratkim SN kablovima

35 kV, disperzijom potrošnje na niskom naponu i radijalnom NN mrežom (0,4 kV). Ova mreža se nalazi u mediteranskoj (primorskoj, obalskoj) oblasti u Crnoj Gori, koja se karakteriše manjom populacijom. Budući da se u primorskim oblastima stanovništvo uglavnom bavi turizmom, najveće opterećenje je sezonski orijentisano i skoncentrisano uglavnom u individualnim zgradama, velikim ili malim hotelima, aerodromima, šoping centrima, marinama, radionicama, lakoj industriji i sl. Ukupna instalisana snaga transformatora u mreži je 23,5 MVA dok je tipično optrećenje ispod 16 MVA, sa faktorom snage cosφ=0,92 [6].

Za razliku od [6], u ovom radu je ova mreža delimično modelovana, odnosno obrađen je jedan deo mreže sa transformatorskim stanicama 35/10 kV i 10/0,4 kV, dok je VN deo mreže naponskog nivoa 110 kV ekvivalentiran idealnim naponskim izvorom. Za modelovanje je iskorišćen softverski paket *DIgSILENT PowerFactory* [7] Na slici 1 prikazana je šema modela urađena u ovom programu.

Da bi se ispitao uticaj rada DER-a, model mreže je modifikovan tako što su u čvorovima N6 i N8 priključene vetroelektrane. U čvoru N6 dodata je vetroelektrana nominalne aktivne snage 1 MW i faktora snage 0,9 preko transformatora (DYn5) i voda dužine 1 km. U čvoru N8 priključena je vetroelektrana nominalne aktivne snage 0,5 MW i faktora snage 0,9 preko transformatora (D11Yn) i voda dužine 1 km.



Sl.1. *Šema modela primorske mreže u DIgSILENT PowerFactory-u sa priključenim vetroelektarnama*

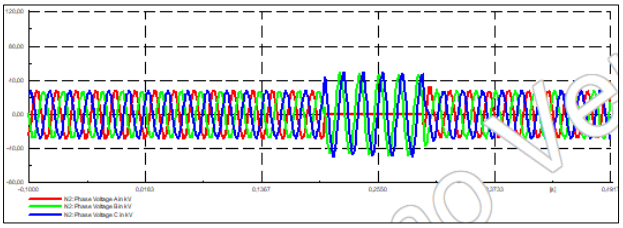
5. ISPITIVANJE UTICAJA PROPADA NAPONA

U ovom poglavlju prikazani su rezultati simulacija izvršenih u *DIgSILENT PowerFactory* programu. Simulacije su izvršene za slučaj kada se desio jednopolni (1pks), dvopolni (2pks) i tropolni (3pks) kratak spoj na sabirnicama N2 i N6. Propadi napona su posmatrani na sabirnicama N6, N8, N11 i N23. Kvar se desio u 0,2 s, a otklonjen je u 0,3 s. Vreme trajanja simulacije je 0,5 s. Pored talasnih oblika napona prikazani su i dijagrami vetroelektrana priključenih u čvorovima N6 i N8. Posmatraće se slučajevi kada se desio kvar na sabirnici N2 pre i posle priključenja vetroelekrana.

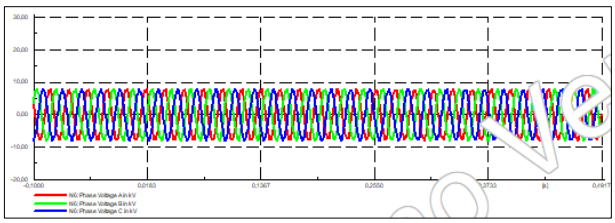
5.1. 1pks na N2 pre priključenja vetroelektrana

Simuliran je slučaj 1pks pre priključenja vetroelektrana, a odgovarajući talasni dijagrami su prikazani na slici 2. Sa slike se vidi da je napon faze koja je u kvaru nula, dok se napon ostale dve faze povećao za oko 65,8 %.

Na slici 3 možemo videti da se je kvar imao minimalan uticaj na napon sabirnice N6. Ovakvi rezultati su posedica vrste kratkog spoja, kao i udaljenosti sabirnice od mesta kvara. Talasni oblici napona ostalih posmatranih sabirnica ostali su nepromenjeni za vreme kvara, pa se neće prikazivati.



Sl.2. *Talasni oblici napona na sabirnici N2 pri 1pks*

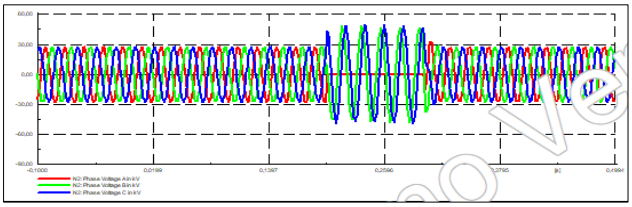


Sl.3. *Talasni oblici napona na sabirnici N6 pri 1pks*

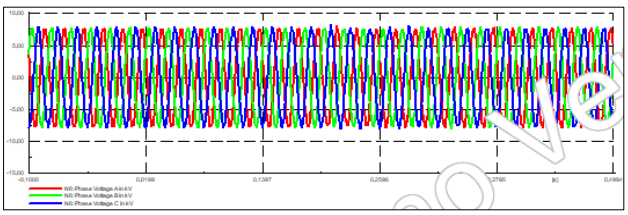
5.2. 1pks na N2 nakon priključenja vetroelektrana

Simuliran je kada su u čvorovima N6 i N8 priključene vetroelektrane, a u čvoru N2 se desio 1pks. Rezultati simulacije prikazani su na slikama 4 i 5. Može se videti da priključenje vetroelektrana nije imalo uticaja na talasne oblike napona sabirnica N2 i N6. Sličan rezultat dobijen je i za napone ostalih posmatranih čvorova.

Na slikama 6.a) i 6.b) prikazane su aktivne (crvenim) i reaktivne (zelenim) snage priključenih vetroelektana na sabirnicama N6 i N8, respektivno. Može se primetiti blagi pad proizvodnje aktivne snage za vreme kratkog spoja.



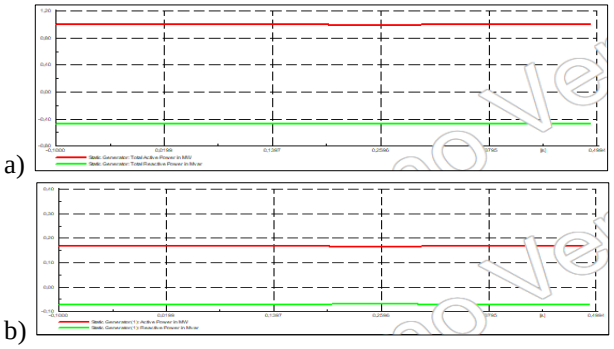
Sl.4. *Talasni oblici napona na sabirnici N2 pri 1pks nakon priključenja vetroelektrana*



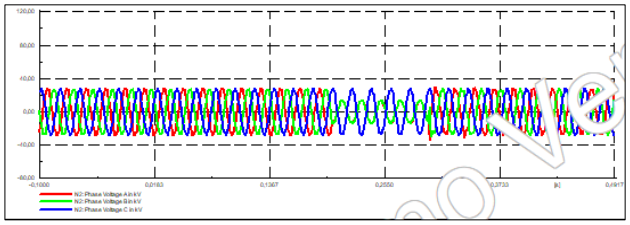
Slika 5. *Talasni oblik napona na sabirnici N6 pri 1pks nakon priključenja vetroelektrana*

5.3. 2pks na N2 pre priključenja vetroelektrana

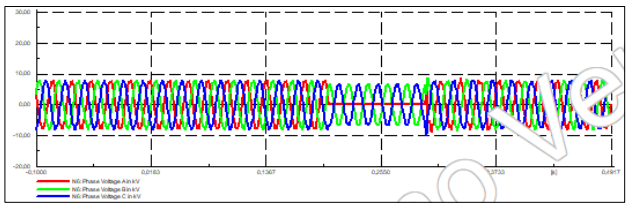
Sada će se simulirati slučaj kada se na sabirnici N2 desio 2pks i to između faza *a* i *b*. Rezultati su prikazani na slikama 7 i 8. Sa slike 7 se vidi da je na sabirnici N2 došlo do pada napona faza *a* i *b* za oko 50 %, dok je napon faze *c* ostao nepromenjen. Rezultati sa slike 8 pokazuju da je napon faze *b* čvora N6 nepromenjen, dok su naponi preostale dve faze opali za oko 50 %.



Sl.6. *Aktivna i reaktivna snaga vetroelektrane pri 1pks priključene na sabirnici a) N6, i b) N8*



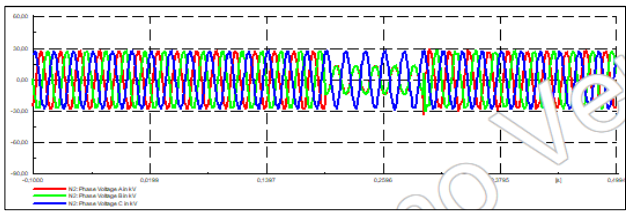
Sl.7. *Talasni oblik napona na sabirnici N2 pri 2pks*



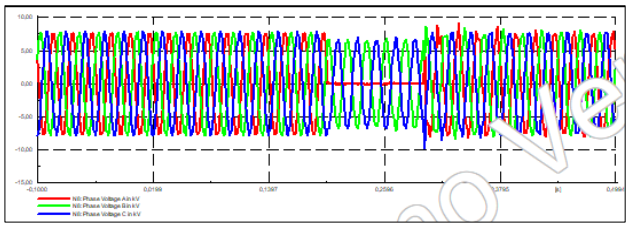
Sl.8. *Talasni oblik napona na sabirnici N6 pri 2pks*

5.4. 2pks na N2 nakon priključenja vetroelektrana

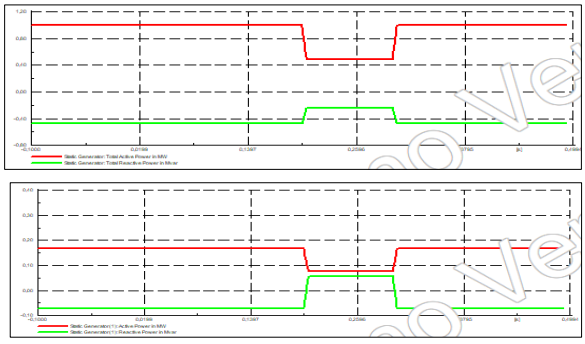
Rezultati simulacije 2pks na čvoru N2 nakon priključenja vetroelektrana dati su na slikama 9 i 10. Vidi se (slika 9) da je na sabirnici N2 došlo do pada napona faza *a* i *b* za oko 50 %, dok je napon faze *c* ostao nepromenjen. Sa slike 10 se vidi da je napon faze *a* sabirnice N6 opao za 98,1 %, dok je napon preostale dve faze opao za 14,2 %.
Na slikama 11.a) i 11.b) prikazano je kretanje aktivne (crvenim) i reaktivne (zelenim) snage vetroelektana tokom kvara. Može se značajno smanjenje aktivne snage i povećanje reaktivne tokom kvara. To odgovara očekivanom ponašanju usled zahteva LVRT.



Sl.9. *Talasni oblik napona na sabirnici N2 pri 2pks nakon priključenja vetroelektrana*



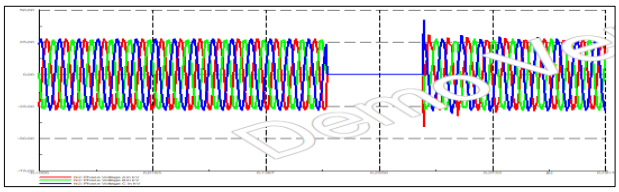
Sl.10. *Talasni oblik napona na sabirnici N2 pri 2pks nakon priključenja vetroelektrana*



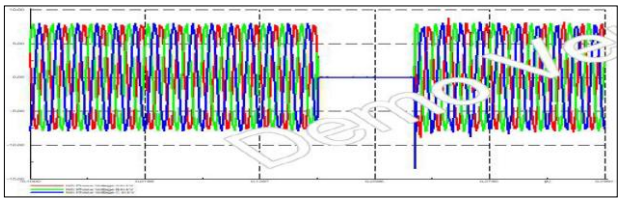
Sl.11. *Aktivna i reaktivna snaga vetroelektrane pri 2pks priključene na sabirnici a) N6, i b) N8*

5.5. 3pks na N2 pre priključenja vetroelektrana

Pri 3pks napon na sabirnici N2 u sve tri faze je nula (slika 12). Na sabirnici N6 pad napona na početku 3pks je oko 97,5 %, da bi ubrzo pao na nulu (slika 13). Ostali grafici neće biti prikazani zbog sličnosti sa gore prikazanim. Ovakvi rezultati su posledica činjenice da se kvar desio na početku mreže.



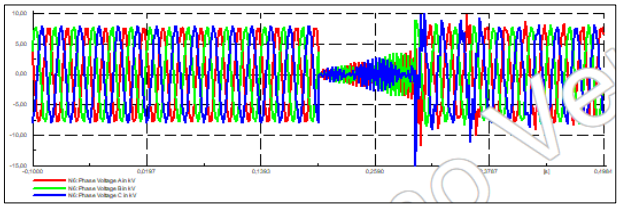
Sl.12. *Talasni oblici napona na sabirnici N2 pri 3pks*



Sl.13. *Talasni oblici napona na sabirnici N6 pri 3pks*

5.6. 3pks na N2 nakon priključenja vetroelektrana

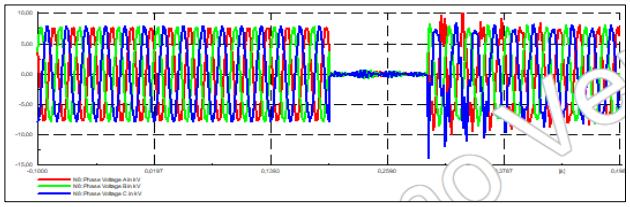
Za slučaj kada su priključene vetroelektrane najprimetnije promene su na čvoru N6 (slika 14). Na početku 3pks napon sve tri faze opao je za 77,4 %, a zatim je postepeno rastao, da bi u na kraju kratkog spoja iznosio 51,2 %.



Sl.14. *Talasni oblik napona na sabirnici N6 pri 3pks nakon priključenja vetroelektrana*

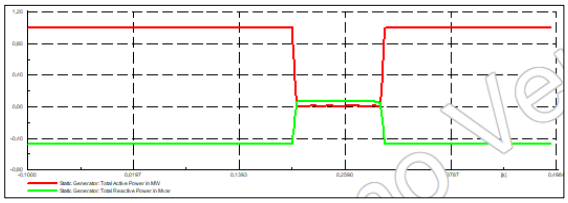
Na sabirnicama N8, N11 i N23 talasni oblici napona imaju slično ponašanje. Na slici 15 dat je izgled napona na sabirnici N8. Ovde se može uočiti da je napon u sve tri faze opao za 94 % kod sabirnica N 8 i N11, dok je kod N23 95%. I ovde se može uočiti promena u odnosu na slučaj kada vetroelektane nisu bile priključene i kada je napon u sve tri faze bio nula, što je posledica rada vetroelektrana prema zahtevima LVRT (generisanja reaktivne snage). Ovo se potvrđuje kretanjem aktivne i reaktivne snage vetroelektrana tokom kvara (slike 16.a i 16.b). Sa slike 16.a može se videti da je vetroelektrana

priključena u sabirnici N6 za vreme kratkog spoja počela da proizvodi reaktivnu snagu, čime se može objasniti povećanje napona tokom kvara na svim sabirnicama.

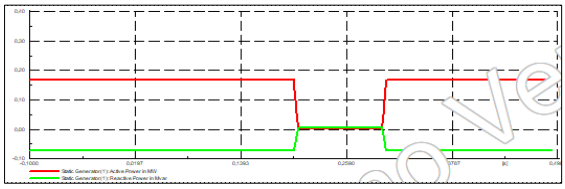


Sl.15. *Talasni oblik napona na sabirnici N8 pri 3pks nakon priključenja vetroelektrana*

a)



b)



Sl.16. *Aktivna i reaktivna snaga vetroelektrane pri 3pks priključene na sabirnici a) N6, i b) N8*

6. ANALIZA REZULTATA

Poređenjem dobijenih rezultata simulacija, može se videti da vetroelektrane doprinose smanjenju pada napona na sabirnicama mreže u slučaju kratkog spoja. Efekat koji vetroelektrana ima zavisi od mesta priključenja vetroelektrane, njene snage, vrste kratkog spoja, kao i od mesta na kome se desio kvar.

Najveći efekat uočen je za vetroelektranu priključenu u čvoru N6 pri 3pks na N2. Upoređivanjem dijagrama napona datih na slikama 13 i 14, može se videti da je na početku kratkog spoja nakon priključenja vetroelektrane pad napona bio manji za 30 %, dok je na kraju kratkog spoja iznosio skoro 50 %. Ovo potvrđuju i dijagrama aktivne i reaktivne snage, gde se vidi da je najveći uticaj na na rad vetroelektrane imao 3pks.

Može se uočiti i promena u naponskim prilikama i u slučaju 2pks na N2. Ali, promene u ovom slučaju kao i u ostalim su jako male i iznose svega nekoliko procenata. Ovo se može objasniti činjenicom da su mrežu priključene vetroelektrane malih snaga.

7. ZAKLJUČAK

U ovom radu izvršena je analiza uticaja priključenja DG (vetroelektrana) u mediteranskoj distributivnoj mreži na propade napona. U mrežu su priključene dve vetroelektrane, snaga 1 MW i 0,5 MW. Modelovanje mreže, kao i simulacije, izvršene su u programu *DIgSILENT PowerFactory*. Izvršene su simulacije za 1pks, 2pks i 3pks, na čvoru N2 pri čemu su posmatrana dva slučaja, pre i posle priključenja vetroelektrana. Na osnovu izvršenih simulacija vidi se da su najveći propadi napona bili izazvani pri 3pks, gde je propad napona bio vidljiv skoro u svim čvorovima mreže. Najmanji uticaj su imali 1pks, gde je propad napona bio vidljiv samo u čvoru gde se desio kvar.

Izvršenom analizom napona na sabirnicama, kao i dijagrama aktivne i rektivne snage, utvrđeno je da su priključene vetroelektrane pozitivno uticale na naponske prilike u mreži za vreme kvara. Najveći uticaj imale su pri 3pks, dok je uticaj 1pks minimalan. Ovo je bilo i očekivano, s obzirom na LVRT zahteve *grid coda*.

8. LITERATURA

[1] R.C. Dugan, M.F. McGranaghan, H.W. Beaty, "*Electric Power System Quality*", McGraw Hill, New York, 1996.

[2] V. Katić, A. Tokić, T. Konjić, „*Kvalitet električne energije*“, TEMPUS_CEFES, FTN, Novi Sad, 2007.

[3] A.M. Stanisavljevic, V.A. Katic, S.Lj. Milićević, "A method for real-time prediction of the probability of voltage sag duration based on harmonic footprint", *IEEE Access*, Vol.10, Feb. **2022**, pp.23757-23774

[4] P. M. Stephens, *Power Quality Standards*, Standard IEC 61000-4-411/34, CBEMA, ITIC, SEMI FE47, 2009, pp. 2-7.

[5] R. Hiremath and T. Moger, ``Comprehensive review on low voltage ridethrough capability of wind turbine generators," *Int. Trans. Electr. Energy Syst.*, vol. 30, No. 10, Oct. 2020. pp. 1-39

[6] V.Lj. Strugar, V.A. Katic and J.V. Milanovic, "Generic Model of Coastal Distribution Network for Power System Harmonics Studies", *Electrical Review*, Vol. 89, No.1a, Jan. 2013, pp.149-155.

[7] https://www.digsilent.de/en/powerfactory.html

Kratka biografija:



Marijana Palalić rođena je u Novom Sadu 1996. god. Osnovne studije završila je na Fakultetu tehničkih nauka 2019. god., a master studije na istom fakultetu septembra 2022. god. na studijskom programu Energetika, elektronika i telekomunikacije – Distribuirani elektroenergetski resursi.



Vladimir A. Katić rođen je 1954. god. u Novom Sadu. Doktorirao je na Univerzitetu u Beogradu 1991. god. Od 2002. god. je redovni profesor Univerziteta u Novom Sadu. Oblasti interesovanja su mu energetska elektronika, kvalitet električne energije, obnovljivi izvori električne energije i električna vozila.



Aleksandar M. Stanisavljević, rođen je u Beogradu 1988. god. Doktorirao je na Univerzitetu u Novom Sadu 2019. god., gde je trenutno u zvanju docenta. Oblast interesovanja su mu integracija obnovljivih izvora energije na mrežu i kvalitet električne energije

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 621.38:620.9
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE45Stojisic

MODELOVANJE I ANALIZA KVALITETA NAPONA U REALNOJ I TEST MREŽI

MODELING AND ANALYSIS OF POWER QUALITY IN REAL AND TEST GRID

Dragana Stojišić, Vladimir A. Katić, Aleksandar M. Stanisavljević,
Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – *U radu je izvršeno modelovanje i analiza kvaliteta napona u realnoj i test mreži. Kao realna mreža korištena je primorska distributivna mreža. Ova mreža je modifikovana priključivanjem dvije vjetroelektrane. Urađena je simulaciona analiza uticaja vjetroelektrana na propade napona pri različitim vrstama kratkog spoja i na različitim pozicijama. Simulacije su izvršene u programskom paketu MATLAB/SIMULINK.*

Ključne reči: *Propadi napona, Test mreže, LVRT, Vjetroelektrana.*

Abstract – *In this master's thesis, modelling and analysis of voltage quality in the real and test grid was carried out. The coastal distribution grid was used as a real grid. This grid was modified by connecting two wind power plants. A simulation analysis of the influence of wind power plants on voltage drops with different types of short circuits and at different positions was performed. The simulations were performed in the MATLAB /SIMULINK software package.*

Keywords: *Voltage sags, Test grids, LVRT, Wind farm*

1. UVOD

U savremenim električnim mrežama sve više pažnje se poklanja racionalnom i efikasnom radu sistema i potrošača, što podrazumeva obezbeđivanje adekvatnog kvaliteta isporuke i isporučene električne energije. Jedan od najozbiljnijih problema u tom smislu jeste pojava propada napona (engl. *voltage dip* ili *voltage sag*). Propad predstavlja kratkotrajno smanjenje efektivne vrijednosti napona do vrijednosti između 10 % i 90 % naznačene, obično u trajanju od polovine periode do 1 min. Uzroci propada napona su kratki spojevi u mreži, uključenje velikih potrošača (asinhronih motora i elektrolučnih peći) ili opterećivanje transformatora i preopterećenje u mreži. Brojni su negativni efekti propada, pa je od interesa njihovo detaljno istraživanje [1].

U savremenim distributivnim mrežama sve češće je prisustvo distribuiranih elektroenergetskih resursa (DER), koji energiju dobijaju iz obnovljivih izvora. Oni su izuzetno važni za rad elektroenergetskih sistema, ali i u sklopu borbe za smanjenje emisije gasova staklene bašte i sprečavanja klimatskih promena [2].

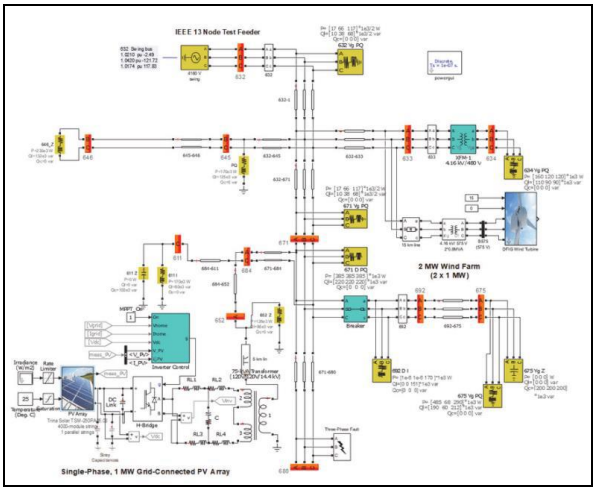
NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vladimir Katić, red. prof.

Pored generisanja „čiste“ energije, ovakvi DER-ovi mogu da daju podršku mreži tokom pojave kvarova, odnosno propada napona (engl. *Low Voltage Right Through, LVRT*).

Cilj rada jeste da se ispita uticaj vjetroelektrana (VE), kao vrste DER-a, na kvalitet napona pri pojavi propada napona usled jednopolnog, dvopolnog i tropolnog kratkog spoja. Prvo su posmatrani slučajevi kada na mrežu nisu priključene VE, a zatim kada jesu. Za istraživanje su korišćeni modeli referentne test mreže IEEE 13-bus i model realne distributivne mreže, koja se nalazi u primorju - primorska mreža.

2. MODELI TEST I REALNE MREŽE

IEEE 13-bus test mreža je referentna mreža, koja predstavlja deo distributivne mreže u SAD i često se koristi za razna istraživanja pojava u mreži [3]. Ona je modifikovana ubacivanjem vjetrogeneratora i solarne elektrane (slika 1). Detaljan opis, parametri mreže, način modelovanja i karakteristike priključenih DER-ova dati su u [3, 4], a ovde se neće ponavljati zbog ograničenog prostora.

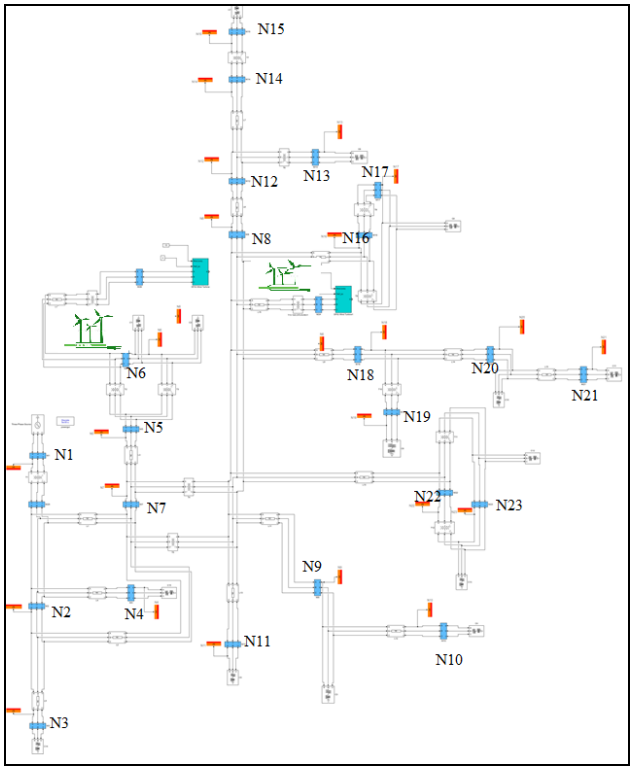


Sl.1. *Šema modela IEEE 13-bus test mreže u MATLAB–u sa priključenim DER-ovima [4]*

Realna distributivna mreža predstavlja deo primorske mreže, koja se prostire duž obale Crne Gore. Mreža napaja nekoliko velikih potrošača, koji imaju različite karakteristike, kao i nekoliko primorskih gradova srednje populacije. Ukupna instalisana snaga transformatora u mreži je 23.5 MVA, dok je tipično opterećenje ispod 16 MVA, sa faktorom snage cosφ=0,92 [5].

Na slici 2 prikazana je šema modela primorske mreže urađena u programskom paketu MATLAB. Model realne

primorske mreže je modifikovan je tako što su u čvorovima N6 i N8 priključene vjetroelektrane, nominalnih aktivnih snaga po 1MW i faktora snage 0,9.



Sl.2. *Šema modela primorske mreže u MATLAB–u sa priključenim DER (vjetroelektranama)*

3. ISPITIVANJE UTICAJA PROPADA NAPONA

U ovom poglavlju dati su rezultati simulacija izvršenih u programskom jeziku MATLAB. Predstavljeni su slučajevi testiranja u realnoj, primorskoj mreži, dok su rezultati simulacija na IEEE 13-bus test mreži dati u [4] i ovde se neće ponavljati.

U realnoj, primorskoj mreži simulirani su jednopolni kratak spoj (1pks), dvopolni kratak spoj (2pks) i tropolni kratak spoj (3pks) na sabirnicama N2 i N16 (slika 2). Osim na sabirnici N2 na kojoj se desio kvar, posmatrani su talasni oblici napona i na sabirnicama N6, N8, N11 i N23. Kvar je simuliran u trenutku 0,2 s i trajao je do 0,3 s. Vrijeme trajanja simulacije je 0,5 s. Data je i harmonijska analiza napona za fazu *a* korišćenjem FFT (engl. *Fast Fourier Transform*) i predstavljen je tok promjene drugog, trećeg, petog i sedmog harmonika, odnosno prikazan je izgled Harmonijskog otiska (engl. *Harmonic Footprint*, *HF*) definisanog kao [6]:

$$HF = HDU_{2357} = \sqrt{\sum_{n=2,3,5,7} U_n^2} / U_1 \cdot 100 \ [\%] \quad (1)$$

gde je *n* red višeg harmonika, U_n efektivna vrednost *n*-tog višeg harmonika, a U_1 efektivna vrednost osnovnog (fundamentalnog).

Međutim, zbog preglednosti rada i ograničenog prostora, u nastavku će biti izloženo samo nekoliko rezultata za slučaj kada su se desili 1pks (kao najčešći slučaj kvara u nekoj mreži), odnosno 3pks (kao najozbiljniji kvar) i to u korijenu mreže, na sabirnici N2. Posmatraće se naponi na sabirnicama N2 i N6.

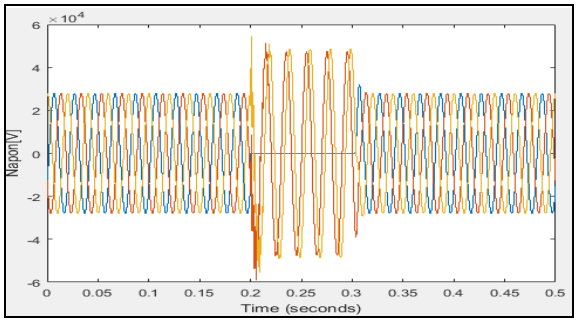
3.1. Propadi napona prije priključenja vjetroelektrana na mrežu

U ovom delu, razmatrana je realna, primorska mreža bez priključenih vjetroelektrana i simulirani su kvarovi na njenim sabirnicama.

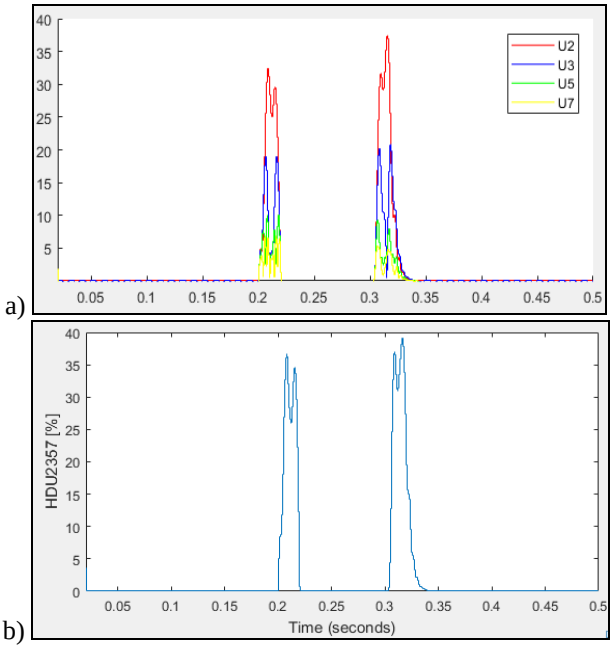
3.1.1. Jednopolni kratak spoj (1pks)

Na slici 3 predstavljeni su talasni oblici napona sve tri faze na sabirnici N2 za slučaj 1pks. Vidi se da je napon faze *a*, koja je u kvaru jednak nuli, dok je kod ostale dvije faze povećan za oko 50%. To je očekivano, mada je povećanje (poskok napona; engl. *voltage swell*) dosta izraženo.

Usled pojave struje kvara, dolazi do deformacija talasnog oblika napona, odnosno pojave 2-gog, 3-ćeg, 5-tog, 7-mog i ostalih viših harmonika. Na slici 4 prikazan je njihov tok, kao i izgled odgovarajućeg harmonijskog otiska.



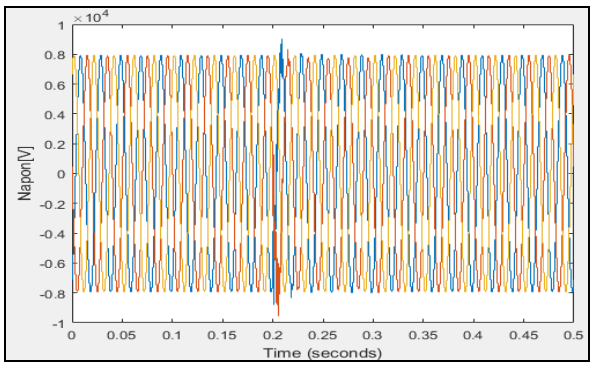
Sl.3. *Talasni oblik napona na sabirnici N2 pri 1pks*



Sl.4. *a) FFT analiza napona na sabirnici N2 pri 1pks, b) harmonijski otisak*

Odziv na 1pks na čvoru N2 dobijen na sabirnici N6 prikazan je na slici 5. Vidi se da je napon ostao skoro isti kao prije kvara, odnosno da je kvar imao veoma mali ili nikakav uticaj na vrednost napona.

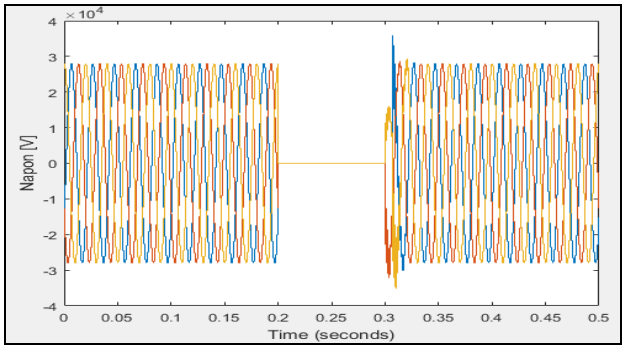
Ovakvi rezultati su posljedica vrste kratkog spoja i udaljenosti sabirnice od mjesta kvara.



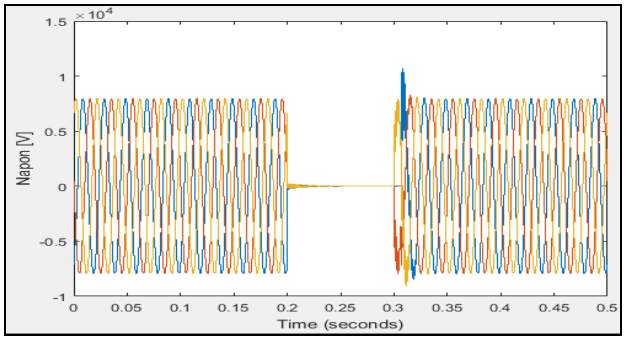
Sl.5. *Talasni oblik napona na sabirnici N6 pri 1pks*

3.1.2. Tropolni kratak spoj (3pks)

U slučaju 3pks, napon na sabirnici N2 u sve tri faze je nula, što se vidi na slici 6. Uočljivo je harmonijsko izobličenje napona na početku i kraju propada, koje se manifestuje pomenutim harmonijskim otiskom, ali zbog ograničenog prostora ovde neće biti prikazano.
Odgovarajuće stanje napona na sabirnici N6 prikazano je na slici 7. Vidi se da je pad napona na početku 3pks bio tek 97,5 % naznačenog, da bi ubrzo pao na nulu. U tom tranzijentnom delu, kao i na kraju propada, ponovo se može uočiti izrazito harmonijsko izobličenje, odnosno pojava harmonijskog otiska.



Sl.6. *Talasni oblik napona na sabirnici N2 pri 3pks*



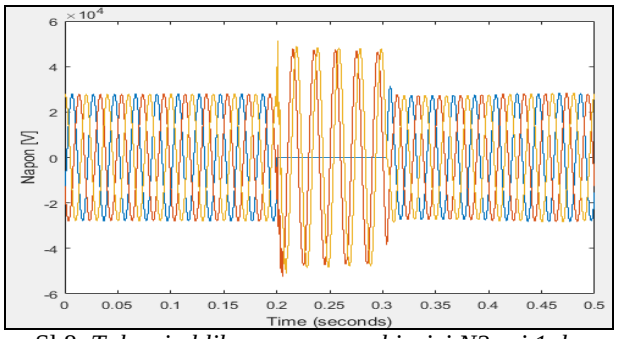
Sl.7. *Talasni oblik napona na sabirnici N6 pri 3pks*

3.2. Propadi napona nakon priključenja vjetroelektrana u mrežu

U ovom delu posmatraju se slučajevi uticaja kvarova kada su na mrežu priključene vjetroelektrane snage 1 MW u čvorovima N6 i N8. Ponovo će biti razmatrane situacije pojave 1pks i 3pks u slučaju da se kvar pojavio na čvoru N2, a posmatrani su naponi na sabirnicama N2 (mestu kvara) i N6 (mestu priključenja vjetroelektrane). Harmonijski otisak neće biti prikazan, zbog ograničenog prostora.

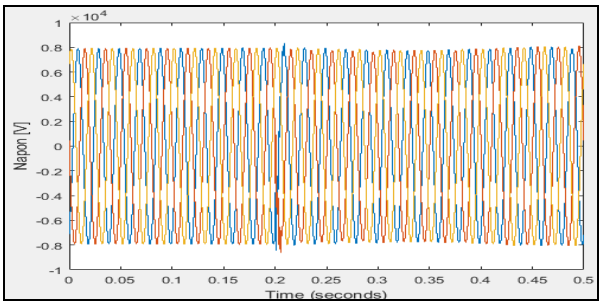
3.2.1 Jednopolni kratak spoj (1pks)

U slučaju 1pks na sabirnici N2, napon faze *a*, na kojoj se simulira kvar, pada na nulu, dok naponi ostale dvije faze iznenada rastu tj. povećavaju se za oko 50%. Rezultat je sličan, kao i prije priključenja vjetroelektrana, a dijagrami napona dati su na slici 8. Ne zapaža se uticaj rada vjetroelektrana, što je i očekivano.



Sl.8. *Talasni oblik napona na sabirnici N2 pri 1pks*

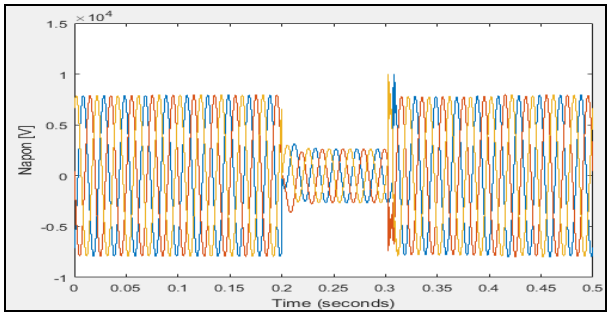
Odziv na sabirnici N6 u slučaju 1pks sa priključenim vjetroelektranama dat je na slici 9. Vidi se da nema značajnije promjene u talasnim oblicima i veličini propada napona nakon priključenja vjetroelektrana. Isti slučaj je i kod ostalih sabirnica pa se njihovi talasni oblici neće prikazivati.



Sl.9. *Talasni oblik napona na sabirnici N6 pri 1pks*

3.2.2 Tropolni kratak spoj (3pks)

Pri 3pks talasni oblik napona na sabirnici N2 je ostao isti kao i prije priključenja vjetroelektrana (slika 6), tako da se on neće ovde ponovo prikazivati.
Međutim, na sabirnici N6 mogu se uočiti promjene u odnosu na slučaj pre priključenja vjetroelektrana. Stanje napona tokom 3pks na čvoru N2 prikazano je na slici 10. Za razliku od prvog slučaja kada u mreži nema vjetroelektrana i kada je napon sve tri faze bio nula (slika 7), sada napon različit od nule i iznosi oko 34,25% nominalnog (slika 10). Vidi se da VE pomaže mreži i smanjuje nivo propada napona.



Sl.10. *Talasni oblik napona na sabirnici N6 pri 3pks*

4. POREĐENJE I ANALIZA REZULTATA

Za poređenje će se uzeti u obzir svi dobijeni rezultati simulacija na modelu realne primorske mreže, dakle i oni koji zbog pomenutih ograničenja nisu mogli biti prikazani.

Ukoliko se uporede rezultati simulacije slučajeva sa i bez priključenih vjetroelektrana, može se uočiti da je u čvorovima u kojima su one priključene došlo do odgovarajućih promjena pri 3pks. Ovaj tip kvara najčešće je praćen izuzetno velikim strujama, koje su znatno veće od struja ostalih kratkih spojeva. Ova poboljšanja napona primećuju se na sabirnici N6 kada se 3pks desio na sabirnici N2. Dodavanjem vjetroelektrana pad napona pri 3pks je smanjen za 10%. Isto tako javlja se i poboljšanje na sabirnici N8 za istu vrstu kvara. Takođe, je došlo do promjena u čvorovima N11 i N23 pri 3pks na N2 nakon priključenja vjetroelektrana.

Kod pojave 1pks uticaj vjetroelektrana nije primećen, odnosno može se smatrati da je zanemarljiv.

Dakle, promjene su vidiljive samo kod 3pks. Ove promjene su male, svega nekoliko procenata, što se može objasniti time da su u mrežu priključene vjetroelektrane male snage (od po 1MW). Kod 2pks promjene su slabo uočljive ili ih nije ni bilo,što se opet može pripisati snazi priključenih vjetroelektrana.

Ista analiza je izvršena i za slučaj kada se kvar dešava dublje u mreži, na sabirnici N16. Simulacije su pokazale da je uticaj vjetroelektrana na propade napona najuočljiviji pri 3pks, gdje se javlja poboljšanje napona od oko 5% na sabirnici N8.

Slični rezultati postignuti su i simulacijama na referentnoj IEEE 13-bus test mreži [4]. Poređenjem rezultata, uočeno je da propad napona prilikom kvara ima manje vrednosti kada su priključeni DER-ovi (solarna i vjetroelektrana), ili jedan od njih. Razlika u propadu napona u nekim slučajevima doseže i do stotinjak volti, što je preko 2 posto od nominalne vrijednosti napona. To je značajan procenat za zaštitu, kada se odlučuje da li da odreaguje ili ne.

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu izvršeno je modelovanje i analiza kvaliteta napona u realnoj i test mreži. Kao primjer realne mreže korišćena je primorska distributivna mreža, tip distributivne mreže koji se može pronaći duž Mediteranske obale, a u ovom slučaju je to bio deo distributivne mreže u obalnom delu Crne Gore. Na mrežu su priključene dvije male vjetroelektrane snage po 1 MW. Izvršene su simulacije za 1pks, 2pks i 3pks. Kratki spojevi su definisani na sabirnicama N2 i N16.

Rezultati su pokazali da 1pks izaziva najmanje propade i ima uticaj uglavnom samo na čvorove u okoline mesta kvara, dok 2pks i 3pks imaju veći uticaj i izazivaju propade napona i u ostalim čvorovima u mreži.

Priključenje i rad vjetroelektrana imaju određeni doprinos poboljšanju naponskih prilika, ali je on ograničen veličinom samih elektrana.

Slični rezultati dobijeni su i simulacijama na referentnoj IEEE 13-bus test mreži, gde je takođe uočen relativno mali doprinos DER-a poboljšanju naponskih prilika tokom kvara u iznosu od par procenata.

Time je u oba slučaja simulacija na realnoj ili na test mreži potvrđena sposobnost obnovljivih izvora da daju podršku mreži, odnosno da obezbede ispunjenje zahteva LVRT-a.

6. LITERATURA

[1] V. Katić, A. Tokić, T. Konjić, *„Kvalitet električne energije“*, TEMPUS-CEFES, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2007.

[2] V. Katić, I. Kapetanović, V. Fuštić: *„Obnovljivi izvori električne energije“*, TEMPUS-CEFES, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2007.

[3] A.M. Stanisavljević , V.A. Katić, B.P. Dumnić, B.P. Popadić, „A Brief Overview of the Distribution Test Grids with a Distributed Generation Inclusion Case Study“, *Serbian Journal of Electrical Engineering*, Vol.15, No.1, Feb.2018, pp. 115 – 129

[4] V. Vidačić, V. Katić, ”Uticaj obnovljivih izvora energije na propade napona u distributivnim mrežama“, *Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka*, God. 36, Br.7, 2021, pp.1287-1290

[5] V.Lj. Strugar, V.A. Katic, J.V. Milanovic, “Generic Model of Coastal Distribution Network for Power System Harmonics Studies”, *Electrical Review*, Vol. 89, No.1a, Jan. 2013, pp.149-155.

[6] V.A. Katic and A.M. Stanisavljevic, “Smart Detection of Voltage Dips Using Voltage Harmonics Footprint”, *IEEE Trans. on Industry Application*, Vol.54, No.5, Sep./Oct. 2018, pp.5331-5342

Kratka biografija:



Dragana Stojišić rođena je u Vlasenici, BiH, 1996. god. Osnovne studije završila je na Fakultetu tehničkih nauka 2019. god., a master studije na istom fakultetu septembra 2022. god. na studijskom programu Energetika, elektronika i telekomunikacije – Distribuirani elektroenergetski resursi.



Vladimir A. Katić rođen je 1954. god. u Novom Sadu. Doktorirao je na Univerzitetu u Beogradu 1991. god. Od 2002. god. je redovni profesor Univerziteta u Novom Sadu. Oblasti interesovanja su mu energetska elektronika, kvalitet električne energije, obnovljivi izvori električne energije i električna vozila.



Aleksandar M. Stanisavljević, rođen je u Beogradu 1988. god. Doktorirao ne na Univerzitetu u Novom Sadu 2019. god. gde je trenutno u zvanju docenta. Oblast interesovanja su mu integracija obnovljivih izvora energije na mrežu i kvalitet električne energije

Зборник радова Факултета техничких наука, Нови Сад

UDK: 621.31
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE46Beatovic

ОДРЕЂИВАЊЕ ВРИЈЕДНОСТИ ПОДУЖНЕ И ПОПРЕЧНЕ ИНДУКТИВНОСТИ СИНХРОНЕ РЕЛУКТАНТНЕ МАШИНЕ

SYNCHRONOUS RELUCTANCE MACHINE DIRECT AND QUADRATURE INDUCTANCES VALUE DETERMINATION

Милан Беатовић, Драган Милићевић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА

Кратак садржај – *Овај рад описује експерименталну процедуру одређивања подужне и попречне индуктивности синхроне релуктантне машине снаге 1.5 kW као неопходних параметара математичког модела и ефикасних алгоритама управљања.*

Кључне речи: *Синхрона релуктантна машина, Идентификација параметара, Индуктивност*

Abstract – *This paper describes the experimental procedure for direct and quadrature inductance determination of 1.5 kW synchronous reluctance machine as necessary parameters for mathematical model and efficient algorithms.*

Keywords: *Synchronous reluctance machine, Parameters identification, Inductance*

1. УВОД

Релуктантне машине представљају најстарију врсту машина намијењену за електромеханичко претварање енергије, ротора дизајнираног на тај начин како би се постигла што већа разлика релуктансе кроз директну и попречну осу [1]. На основу начина напајања релуктантне машине се дијеле на прекидачке и оне синусно напајане тј. синхроне релуктантне машине (СРМ). У односу на асинхроне машине, СРМ одликује једноставније управљање усљед недостатка клизања као промјењиве, док их у односу на синхроне машине са сталнним магнетима заобилазе проблеми са демагнетизацијом и прегријавањем [2].

Ове машине одликује ниска цијена израде, недостатак ријетких материјала, висока ефикасност, значајна област константне снаге упоредљива са другим типовима машина, висока вриједност момента по амперу, добра ефикасност, тако да налазе примјену у транспортним системима, вентилаторима, пумпама, компресорима, лифтовима итд, будући да претварачи енергетске електронике обезбјеђују високу ефикасност у режимима са привременом и перманентом оптерећеношћу чиме се намеће као достојна замјена асинхроним машинама. Међутим, машине с овом изведбом имају недостатке у виду ниског фактора снаге који зависи од фактора истурености (однос подужне и попречне индуктивности) и високог степена зависности индуктивности од струје што усложњава алгоритме управљања и реализацију модела машине. Неопходне параметре електричних машина могуће је аквизирати нумеричким и аналитичким моделима попут методе коначних елемената и опитима у погонском и вапогонском стању [3]. У даљем тексту биће описани мотиви и механизми за прикупљање претходно поменутих параметара.

НАПОМЕНА:
Овај рад проистекао је из мастер рада чији је ментор био др Драган Милићевић, ванр. проф.

2. ИНДУКТИВНОСТ МАШИНЕ КАО НЕОПХОДАН ПАРАМЕТАР

Математички модели у обртном *dq* координатном систему захтијевају познавање подужне и попречне индуктивности машине и њихове промјене уколико се ради о статичким или динамичким моделима – респективно. (1) представља матрични запис напонске једначине СРМ у обртном домену:

$$\begin{bmatrix} u_d \\ u_q \end{bmatrix} = R_s \begin{bmatrix} R_s & -\omega L_q \\ \omega L_d & R_s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L_d & 0 \\ 0 & L_q \end{bmatrix} \cdot \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} \tag{1}$$

Алгоритми управљања се ослањају на естимиране вриједности величина, попут електричног момента (2), те потражују тренутне вриједности индуктивности:

$$M_{el} = \frac{3}{2} p \left(L_d - L_q \right) i_d i_q \tag{2}$$

Претходно је споменуто да фактор снаге, самим тим и његова максимална вриједност зависе од фактора истурености што се може показати из (3), тако што повећање фактора истурености утиче на повећање фактора снаге:

$$IPF_{max} = \frac{\xi - 1}{\xi + 1}, \qquad \xi = \frac{L_d}{L_q} \tag{3}$$

Управљачки алгоритам *MTPA* (*Maximum Torque Per Ampere*) омогућује максимални момент за одређену вриједност струје и ослања се на минимизацију губитака у бакру промјеном струјног угла који кореспондира са вриједношћу потребног момента [4]. Вриједност струјног угла који се везује за *MTPA* износи 45°, те струјне референце износе (4,5):

$$i_{d\_ref} = \sqrt{\frac{2\left|M_{el\_ref}\right|}{3p(L_d - L_q)}} \tag{4}$$

$$i_{q\_ref} = i_{d\_ref} sign(M_{el\_ref}) \tag{5}$$

Како би се наведена стратегија могла примијенити потребно је познавати вриједности индуктивности у широком струјном дијапазону.

3. ОДРЕЂИВАЊЕ ПОДУЖНЕ И ПОПРЕЧНЕ ИНДУКТИВНОСТИ

Индуктивности синхроне релуктантне машине добијене су методом мјерења у ванпогонском стању помоћу лабораторијског претварача учестаности и побуђивањем машине аутотрансформатором чиме су створени услови за упоређивање добијених резултата прекидачким и мрежним напајањем. На слици 1. је приказана експериментална поставка при испитивању машине помоћу аутотрансформатора.



Слика 1. *Експериментална поставка*

3.1. Одређивање *Ld*

За одређивање *Ld* потребно је поставити ротор тако да је подужна оса ротора колинеарна са фазом ***a*** кратким спајањем преостале двије фазе и прикључењем извора једносмјерне струје – позитивним крајем са фазом ***a***, негативним са кратко спојене крајеве преосталих фаза. За жељене вриједности струје удешава се и мјери напон спајањем извора наизмјеничне струје на крајеве повезане као при паркирању ротора, те се прорачунава импеданса, затим реактанса (6):

$$Z_{fd} = \frac{2}{3}\frac{U_{rms}}{I_{rms}},\ X_d = \sqrt{Z_{fd}^2 - R_s^2} \qquad (6)$$

Индуктивност *Ld* се изводи из сљедећег израза (7):

$$L_d = \frac{X_d}{2\pi f} \qquad (7)$$

Одређивање индуктивности извршено је помоћу напонских извора различите учестаности, мрежноог напона амплитуде контролисане аутотрансформатором и лабораторијског претварача учестаности гдје је примијењена синусна модулација и остварена учестаност напајања од 25 Hz, амплитуде такође контролисане аутотрансформатором [5].

3.2. Одређивање *Lq*

Одређивање попречне индуктивности синхроне релуктантне машине врши се на исти начин као одређивање подужне, с тим што се ротор закључава у положај гдје је попречна оса ротора колинеарна фази ***a***. Ротор прелази у овај положај побуђивањем машине изворм једносмјерне струје прикључивањем његовог позитивног краја на крај фазе ***c***, негативног на крај фазе ***b***. Извор напајања се спаја на исти начин као при мјерењу подужне индуктивности. На претходно поменути начин врши се прорачун импедансе и реактансе (8):

$$Z_{fq} = \frac{2}{3}\frac{U_{rms}}{I_{rms}},\ X_q = \sqrt{Z_{fq}^2 - R_s^2} \qquad (8)$$

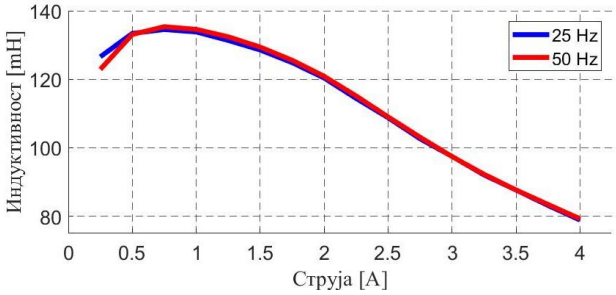
Индуктивност *Lq* се изводи из сљедећег израза (9):

$$L_q = \frac{X_q}{2\pi f} \qquad (9)$$

Опити су вршени у 16 радних тачака након чега су реконструисане криве промјене индуктивности у зависности од струје машине. Због сложености експеримента, није одређена зависност појединих индуктивности од подужне и попречне компоненте струје, упркос снажној појави спрезања оса.

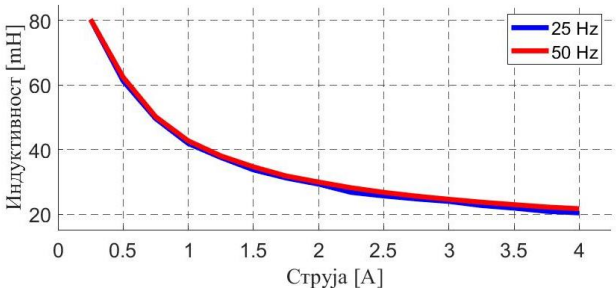
Плаве криве представљају промјену индуктивности у случајевима примјене претварача учестаности као побудног средства, док црвене када је примијењен мрежни напон као побуда.

На слици 2. се примјећује да се резултати добијени на два различита начина побуђивања врло мало разликују и могу бити посљедица несавршености мјерног инструмента, будући да је приликом напајања претварачем учестаности прекидачка учестаност износила 10 kHz.



Слика 2. *Подужна индуктивност Ld*

На слици 3. приказана је промјена попречне индуктивности, за коју важе претходни коментари у вези са подужном индуктивношћу и једнаком тенденцијом промјене у случају коришћења оба побудна средства.

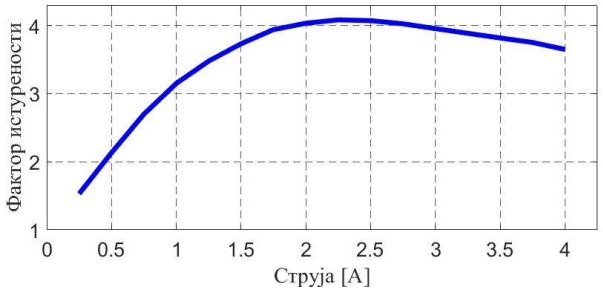


Слика 3. *Попречна индуктивност Lq*

Значај фактора истурености у смислу утицаја на фактор снаге претходно је предочен, док се зависност електричног момента од фактора истурености огледа у једначини (10):

$$M_{el} = \frac{3}{2} p(\xi - 1) \left(\frac{E}{\omega L_d}\right)^2 sin2\delta \qquad (10)$$

Са слике 4. могуће је уочити да фактор истурености за вриједности струје веће од 1.5 А одржава вриједност у уским границама што обезбјеђује област готово константног момента.



Слика 4. *Промјена фактора истурености CPM*

Како би се доказала вјерност добијених резултата извршена је њихова успоредба са резултатима учитаним путем *AMA*-е (енгл. *Automatic Motor Adaptation*) индустријског претварача учестаности *Danfoss*. Упоредни резултати приказани су у табели 1. за тачку сатурације *POS* (енгл. *Point Of Saturation*) од 71% номиналне вриједности струје, гдје се коначан исход значајно не разликује.

Табела 1. *Вриједности индуктивности у сатурацији*

71%*POS*	*Ld_sat*	*Lq_sat*
Danfoss	105.103 mH	31.303 mH
Експеримент	102.556 mH	25.839 mH

4. ЗАКЉУЧАК

Познавање вриједности подужне и попречне индуктивности синхроне релуктантне машине је један од фундаменталних услова за формирање модела машине и примјене сложених алгоритама управљања који ће обезбиједити високу ефикасност. С тим у вези, потребно је спровести један од предложених начина за аквизицију параметара.

Опит је показао да облик ексцитације не утиче на добијене резултате огледа одређивања индуктивности у ванпогонском стању, али и да се они значајно не разликују од параметара ажурираних индустријским претварачем учестаности.

Имплементација добијених резултата се може вршити уз помоћ *LUT*-а (енгл. *Look-Up Table*) у моделима и алгоритмима уз интерполацију вриједности добијених експериментом.

5. ЛИТЕРАТУРА

[1] K. Yahia, D. Matos, J. O. Estima and A. J. M. Cardoso, "Modeling synchronous reluctance motors including saturation, iron losses and mechanical losses," *2014 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion*, 2014, pp. 601-606, doi: 10.1109/SPEEDAM.2014.6871965.

[2] L. Xu, X. Xu, T. A. Lipo and D. W. Novotny, "Vector control of a synchronous reluctance motor including saturation and iron loss", IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 27, no. 5, 1991.

[3] H. Heidari *et al.*, "A Review of Synchronous Reluctance Motor-Drive Advancements," *Sustainability*, vol. 13, no. 2, p. 729, Jan. 2021, doi: 10.3390/su13020729.

[4] M. N. Ibrahim, P. Sergeant and E. M. Rashad, "Synchronous reluctance motors performance based on different electrical steel grades," *2015 IEEE International Magnetics Conference (INTERMAG)*, 2015, pp. 1-1, doi: 10.1109/INTMAG.2015.7157234.

[5] Darko P. Marčetić, „Mikroprocesorsko upravljanje energetskim pretvaračima", *Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu*, Novi Sad, 2014.

Кратка биографија:



Милан Беатовић рођен је у Требињу, Република Српска, Босна и Херцеговина, 1998. год. Дипломски рад на Факултету техничких наука из области Електротехнике и рачунарства – Енергетска електроника и електричне машине одбранио је 2021.год.



Драган Милићевић рођен је у Тузли, СР Босна и Херцеговина 1977. године. Докторску дисертацију под називом „Развој напредног управљања погоном са шестофазним асиметричним асинхроним мотором" на Факултету техничких наука одбранио је 2014. год. Изабран је у звање ванредног професора 2019. год.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 004.9
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE47Indjic

TERRAFORM ILI PULUMI - POREĐENJE INFRASTRUKTURNIH ALATA

TERRAFORM OR PULUMI – INFRASTRUCTURE AS CODE TOOLS COMPARISON

Ivan Inđić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – *Cloud računarstvo postaje sve popularnije iz godine u godinu. Veština pravljenja održive infrastrukture nikada nije bila traženija nego što je sada. Da bi bilo moguće automatizovati i standardizovati proces pravljenja infrastrukture, pojavili su se IaC alati. Infrastruktura kao kod (IaC) je upravljanje i obezbeđivanje infrastrukture putem koda umesto ručnih procesa. IaC alatima se kreiraju konfiguracione datoteke koje sadrže infrastrukturne specifikacije što olakšava uređivanje i distribuciju konfiguracija. Takođe, osigurava da se svaki put kreira identično okruženje i identični resursi. U ovoj oblasti DevOps-a najveći rivali su Terraform i Pulumi.*

Ključne reči: *Infrastruktura, cloud, IaC, Terraform, Pulumi*

Abstract – *Cloud computing is becoming more and more popular every year. The skill of building reusable infrastructure has never been more in demand than it is now. In order to be able to automate and standardize the infrastructure creation process, IaC tools appeared. Infrastructure as Code (IaC) is the management and provisioning of infrastructure through code instead of manual processes. With IaC, configuration files are created that contains infrastructure specifications, making it easy to edit and distribute the configuration. It also ensures that it creates an identical environment and identical resources every time. In this area of DevOps, the biggest rivals are Terraform and Pulumi.*

Keywords: *Infrastructure, Cloud, Iac, Terraform, Pulumi*

1. UVOD

Cloud Computing je model koji omogućava korišćenje resursa koji nisu lokalno prisutni kao što su: serveri, mreže, skladišta podataka, usluge i aplikacije. Pristup ovim resursima je krajnje jednostavan, da bi se koristili potrebna je internet konekcija i bankovna kartica jer se korišćenje resursa plaća.

Postoji tri načina kreiranja infrastrukture. Prvi način je korišćenjem web interfejsa. Drugi način je pomoću CLI komandi. Treći i najpoželjniji način jeste upotrebom IaC alata koji se oslanjaju na API pozive.

Problemi koje IaC alati rešavaju jesu: problemi konzistentnosti infrastrukture, problemi brzine razvoja infrastrukture, problemi kreiranje infrastrukture koja je ponovno iskoristiva i minimizacija ljudskih grešaka.

2. TIPOVI CLOUD RAČUNARSTVA

Javni Cloud Computing (eng. Public Computing) – Sva infrastruktura se nalazi u rukama *cloud* provajdera. Ovo je najbolje rešenje za one koji ne žele da investiraju u IT infrastrukturu. Resursi se dele između svih onih koji koriste resurse. Korisnici plaćaju samo ono što koriste. Činjenica da svi mogu da pristupaju resursima ne znači da je sigurnost narušena u bilo kom smislu. Svi vodeći CSP ulažu velike napore da obezbede visok nivo sigurnosti [1].

Hibridni Cloud Computing (eng. Hybrid Cloud) - Odnosi se na vrstu okruženja koje je sačinjeno od lokalnh resursa, privatnog računarstva u oblaku i javnog računarstva u oblaku. Ovaj oblik računarstva u oblaku omogućava organizaciji da svoje privatne proračune i servise pokreće privatno na svom hardveru, a manje osetljive servise javno. Korišćenje ovakvog okruženja donosi mnoge benefite [2].

Privatni Cloud Computing (eng. Private Cloud) – Obično se nalazi iza zaštitnog zida (eng. firewall) zbog stalnih sigurnosnih pretnji koje vrebaju sa interneta. Uglavnom ga koristi samo jedna organizacija (svi resursi su u vlasništvu jedne organizacije) i može se nalaziti na privatnom ili iznajmljenom hardveru. To znači da organizacija ima sva ovašćenja da menja, konfiguriše i podešava sve što poželi. Resursima ovog tipa računarstva mogu da pristupaju samo one osobe koje su autentifikovane. To pruža veći nivo sigurnosti i veću kontrolu nad infrastrukturom. Ono što se može ispostaviti kao loša strana jesu troškovi održavanja infrastrukture kao i potreba za ekspertima koji će je održavati i obezbediti da ona funkcioniše u skladu sa njenom specifikacijom. Postoji više vrsta ovog tipa *cloud* računarstva [3].

3. SLOJEVI CLOUD RAČUNARSTVA

Infrastruktura kao servis (IaaS) – Predstavlja najniži sloj piramide i služi kao temelj *cloud* računarstva. IaaC je najopsežnija i najfleksibilnija dostupna vrsta usluge. U osnovi, pruža potpuno virtuelizovanu računarsku infrastrukturu kojom se upravlja preko Interneta. IaaC provajder održava fizičku infrastrukturu (serveri i prostor za skladištenje podataka) u data centru, ali omogućava korisnicima da u potpunosti prilagode te virtuelizovane resurse u skladu sa svojim specifičnim potrebama.

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila doc. dr Dunja Vrbaški.

Platforma kao servis (PaaS) – Nalazi se na sloju iznad IaaC sloja. Iako IaaC isporučuje celokupnu infrastrukturu i prepušta kupcima da izrade ono što odgovara njihovim potrebama, PaaS je specijalizovaniji. Umesto čiste infrastrukture, PaaS pruža okvir (eng. framework) potreban za izgradnju, testiranje, isporuku, upravljanje i ažuriranje softverskih proizvoda. Koristi istu osnovnu infrastrukturu kao IaaC, ali uključuje i operativne sisteme, razvojne alate i sisteme za upravljanje bazama podataka potrebne za kreiranje softverskih aplikacija.

Softver kao servis (SaaS) - Za većinu ljudi SaaS je najpoznatiji oblik *cloud* računarstva. Smešten na nivou piramide koji je iznad PaaS sloja. SaaS je potpuno razvijeno softversko rešenje spremno za upotrebu putem Interneta na osnovu pretplate. Provajder SaaS-a upravlja: infrastrukturom, operativnim sistemima, posredničkim softverom i podacima neophodnim za isporuku programa, osiguravajući dostupnost softvera kad god i gde god je kupcima potreban. Mnoge SaaS aplikacije rade direktno kroz web pregledače, eliminišući potrebu za preuzimanjima ili instalacijama. Ovo u velikoj meri smanjuje probleme sa upravljanjem softverom za interne IT timove i omogućava kompanijama da pojednostave svoje poslovanje hibridnim i višestrukim oblacima. Neki od primera SaaS-a su: Microsoft Office 365, Salesforce, Google Apps, Trello i slično.

Funkcija kao servis (FaaS) – Ovaj sloj nalazi se u samom vrhu piramide. Ovaj sloj se još naziva i serverles. FaaS deli vrh piramide sa CaaS tehnologijom o kojoj će biti reči kasnije. FaaS omogućava svojim korisnicima da izvršavaju logiku upakovnu u funkcije bez prethodnog obezbeđivanja infrastrukture i servera. *Cloud* provajder obezbeđuje celokupnu infrastrukturu i okruženje koje je potrebno da se funkcija izvrši. Na korisniku je samo da obezbedi izvorni kod funkcije. Funkcije se automatski skaliraju, što ih čini dobro prilagođenim za dinamička opterećenja koja variraju u smislu potrošnje resursa. Primarni nedostatak FaaS-a je vreme izvršavanja. Budući da funkcije treba da obezbede resurse svaki put kada se pokrenu, može doći do primetnih kašnjenja i pada performansi ako aplikacija zahteva puno računarske snage. Primer ovakvih tehnologija su: AWS Lambda, Azure Functions i Google Functions [4].

Kontejner kao servis (CaaS) – Tehnologija koja omogućava kreiranje i upravljanje aplikacijama koristeći apstrakciju zasnovanu na kontejnerima. Radi na drugačijem principu od FaaS-a. Od korisnika se traži da napiše funkciju, zatim ta funkcija biva zapakovana kao kontejner i postavljena na server. Za razliku od FaaS pristupa može se obezbediti stalna aktivnost kontejnera i na taj način se može izbeći "cold start" problem tipičan za FaaS. Korišćenje kontejnera u odnosu na tradicionalan način postavljanja aplikacija ima dosta prednosti [5].

4. BENEFITI KORIŠĆENJA IaC ALATA

Brzina

Prva značajna korist koja se dobija pri korišćenju IaC pristupa je brzina. IaC omogućava brzo postavljanje kompletne infrastrukture pokretanjem skripte. To se učini za svako okruženje, od razvoja do produkcije i za kratko vreme podignuta je identična infrastruktura u svim okruženjima. IaC može učiniti čitav životni ciklus razvoja softvera efikasnijim.

Doslednost

Ručni procesi rezultiraju greškama. Ljudi greše. Komunikacija je teška i generalno smo prilično loši u tome. Ručno upravljanje infrastrukturom rezultiraće određenim odstupanjima, koliko god se trudili. IaC rešava taj problem tako što su same konfiguracione datoteke jedini izvor istine. Na taj način garantujete da će se iste konfiguracije primenjivati iznova, bez razlika.

Odgovornost

Obzirom da je moguće verzionisati sve konfiguracione fajlove, postoji mogućnost praćenja promena koje su se desile. Nije potrebno nagađati ko je šta radio i kada.

Manja cena

Jedna od glavnih prednosti IaC tehnologija je, bez sumnje, smanjenje troškova upravljanja infrastrukturom. Upotrebom *cloud* računarstva uz IaC drastično se smanjuju troškovi. To je zato što nema potrebe za: trošenjem novaca na hardver, trošenjem novca na ljude koji će njime upravljati i trošenjem novca na pravljenje ili iznajmljivanje fizičkog prostora za njegovo skladištenje.

Deklarativnost

Poželjni pristup za IaC jeste upotreba deklarativnih fajlova kada god je to moguće. Deklarativni fajlovi specificiraju šta okruženje zahteva, ali ne nužno i kako. Na primer, moguće je definisati koje komponente su neophodne, ali se eksplicitno ne specificira način i proces instaliranja tih komponenti. Ne postoji standardna sintaksa za pisanje ovakvih fajlova za IaC. Različite platforme podržavaju različite deklarativne formate: JSON, YAML, XML i drugi [6].

5. IZAZOVI U KORIŠĆENJU IaC ALATA

Serverska iskorišćenost (Server Sprawl)

Serverska iskorišćenost se dešava kada data centar ima više servera koji se ne koriste punim kapacitetom. Zbog toga se cena resursa vezanih za memoriju i procesorsku moć ne može opravdati. *Cloud* i virtuelizacija mogu učiniti trivijalnim obezbeđivanje novih servera i resursa. Ovo može dovesti do toga da broj servera raste brže od sposobnosti tima da njima upravlja onako kako bi želeo. Kada se to dogodi, timovi se bore da održe servere ažurnim, potencijalno ostavljajući sisteme ranjivim na poznate eksploatacije. Kada se otkriju problemi, popravke možda neće biti uvedene na sve sisteme na koje one mogu uticati. Razlike u verzijama i konfiguracijama između servera znače da softver i skripte koji rade na nekim mašinama ne rade na drugim.

Izmene u konfiguraciji (Configuration Drift)

Čak i kada se serveri kreiraju na isti način i dosledno konfigurišu, razlike u konfiguraciji se vremenom mogu dogoditi. Na primer, neko ad-hoc konfiguriše jedan od Oracle servera da bi rešio problem koji neko od korisnika ima, i sada se taj server razlikuje od ostalih Oracle servera.

Serveri pahuljice (Snowflake Servers)

Korišćenje IaC tehonologija može pomoći u uklanjanju takozvanih servera pahuljica. Pahuljica server je poseban server na mreži koji se ne može replicirati i ne može se dodirnuti bez problema. To je server koji je izgrađen kao Jenga toranj: tokom dugog perioda detaljno je napravljen da radi na pravi način. Želite da ažurirate na Java 13? Zaboravite na to, ne možete da dodirnete taj server, inače će se cela stvar pokvariti. Previše ovih servera dovodi do krhke infrastrukture. Korišćenje IaC-a znatno olakšava uklanjanje servera i postavljanje novog na njegovo mesto. Korišćenjem IaC-a dobija se definicija koja se automatski primenjuje kada se server obezbedi ili konfiguriše [7].

6. TERRAFORM

Terraform je tehnologija za svakoga ko želi da konfiguriše i upravlja nekom infrastrukturom kao običnim kodom. Infrastruktura se primarno odnosi na *cloud* baziranu infrastrukturu, iako je infrastruktura tehnički sve ono čime može biti upravljno kroz API. Osnovni princip Terraform tehnologije je da omogući pisanje čitljivog konfiguracijskog koda za definisanje IaC-a. Jezik koji koristi Terraform naziva se HashiCorp jezik za konfiguraciju (HCL). Namenjen je uspostavljanju ravnoteže između čitljivog programskog koda, kao i prilagođenosti mašini. Zbog prilagođenosti mašini, Terraform takođe može čitati JSON konfiguracije.

7. PULUMI

Pulumi je moderan IaC alat. Koristi postojeće programske jezike opšte namene kao što su: TypeScript, JavaScript, Python, Go, .Net i Java. Pulumi programi se nalaze u projektu, koji je direktorijum koji sadrži izvorni kod za program i metapodatke o tome kako se program pokreće. Nakon što se napiše program, pokreće se Pulumi CLI komanda *pulumi up* iz direktorijuma projekta. Ova komanda kreira izolovanu i konfigurabilnu instancu programa, poznatu kao stek (eng. stack). Stekovi su slični različitim okruženjima za isporuku koja se koriste prilikom testiranja i postavljanja aplikacija (development, staging, production).

Pulumi koristi model „*desired state“* za upravljanje infrastrukturom. Mehanizam za primenu (eng. deployment engine) upoređuje željeno stanje sa trenutnim stanjem steka i određuje koje resurse treba kreirati, ažurirati ili izbrisati. Mehanizam za primenu infrastrukture koristi skup dobavljača resursa, kao što su: AWS, Azure ili Kubernetes, da bi upravljao pojedinačnim resursima. Dok radi, mehanizam za primenu ažurira stanje infrastrukture informacijama o svim resursima koji su obezbeđeni kao i o svim operacijama na čekanju.

8. POREĐENJE

Nije lako postaviti kriterijume poređenja. Ono što neko vidi kao manu, ne znači nužno da to jeste mana. Poređenje Terraform i Pulumi tehnologija je izvršeno na nekoliko objektivnih kategorija.

1. Lakoća upotrebe
2. Zajednica
3. *Enterprise* ponude za kompanije i timove
4. Mogućnost i lakoća testiranja infrastrukturnog koda

8.1. Lakoća upotrebe

Pretpostavimo da je potrebno da inženjer napiše infrastrukturu za AWS. Takođe, pretpostavimo da do sada nije imao nikakvo iskustvo sa IaC alatima ili nekim drugim jezicima opšte namene (Python, JavaScript, Golang i slično).

Terraform koristi Hashicorp Configuration Language. Ovo je deskriptivni jezik koji ima usku namenu. Ta namena jeste pisanje konfiguracionih fajlova. HCL je zamišljen da bude čitljiv onima koji ga pišu i vrlo je jednostavan. Sastoji od blokova i argumenata. Inženjeru neće biti potrebno puno vremena da se u potpunosti savlada HCL i način na koji se piše modularan i ponovno upotrebljiv Terraform kod.

Kod Pulumi tehnologije je drugačija situacija. On se oslanja na jezike opšte namene. Ovo nudi mnogo veću fleksibilnost i mogućnosti ukoliko je to potrebno. Moguće je modelovati mnogo kompleksnije veze između resursa koji se kreiraju. Inženjer nije obavezan da poznaje programski jezik da bi napisao jednostavnu infrastrukturu. Kada projekat postane kompleksniji, mogućnost dobrog modeliranja veza, odnosa između resursa, kao i mogularizacija resursa postaje ključna. Imajući ovo u vidu, za kvalitetno napisanu kompleksnu infrastrukturu mora se poznavati jezik u kom se ta infrastruktura piše. Ovo povlači veliku količinu utrošenog vremena na učenje principa i načina funkcionisanja nekog jezika opšte namene. Ovaj *overhead* ne postoji u slučaju korišćenja Terraform tehnologije.

8.2 Zajednica

Žašto je zajednica jedan od kriterijuma poređenja? U radu sa IaC alatima, kao i sa svim drugim tehnologijama, neminovne su greške i problemi. Najbolje je, ukoliko je to moguće, učiti iz tuđih grešaka. Ukoliko je zajednica velika, velika je šansa da niste prvi kome se neka greška dogodila i možete iskoristiti poznati način rešavanja te greške.

Stanje zvaničnog Terraform projekta na Github platformi je vrlo dinamično. Trenutno postoji 1654 ljudi koji svojim radom doprinose razvoju. U vreme pisanja ovog rada, postoji ~34.000 zvezdica i ~ 8.000 *fork*-ova. Zvezdice imaju dvostruku namenu. Neki ljudi koriste zvezdice da naznače da im se projekat sviđa, drugi ih koriste kao obeleživače kako bi kasnije mogli da prate šta se dešava na repozitorijumu. Trenutno postoji 141 *pull request*-ova i 1.500 *issue*-a.

Pulumi poslednjih godina značajno napreduje u pogledu broja podržanih provajdera i ljudi koji doprinose tome. U vreme pisanja ovog rada, postoji 178 ljudi koji doprinose razvoju Pulumi-ja. Aktuelna verzija je 3.38.0, a ukupno postoji 122 *release*. Vreme izbacivanja novog *release*-a je slično kao i u Terraformu-u, 2 do 3 nedelje. Sudeći po Github projektima, Pulumi ne uživa toliku popularnost kao njegov suparnik. Trenutno ima: ~15000 zvezdica, ~750 *fork*-ova, 90 *pull request*-ova i 1300 *issue*-a. Ono gde Pulumi blista je javni Slack kanal gde je moguće pitati ukoliko postoji neki problem.

Oba alata imaju *enterprise* verziju koja nije besplatna i omogućava korišćenje cloud upravljanje verzijama ovih alata. Počnimo od Terraform-a.

Zašto bi neko koristio Terraform enterprise verziju?

1. Ušteda vremena na standardizaciji *deployment*-a. Moguće je na lak način kreirati i distribuirati module i provajdere unutar organizacije koristeći privatne registre.

2. Jednostavna CICD integracija. Jednostavno je povezati VCS sa Terraform cloud-om i dodati korak gde je potrebno ručno potvrditi deployment infrastrukture.

3. Evaluator troškova. Za svaku promenu u infrastrukturi moguće je dobiti tačnu informaciju o promeni troškova koja će se desiti ukoliko se infrastruktura promeni.

4. Podrška koju Terraform omogućava svojim klijentima je moguća putem web portala ili elektronske pošte. Za većinu tehničkih problema, HashiCorp podrška će tražiti dijagnostičke informacije uključene u zahtev za podršku. Da bi obezbedio da su potrebne informacije uključene, Terraform Cloud može automatski da generiše paket podrške (eng. support bundle) uključujući logove i detalje o konfiguraciji.

Pulumi takođe ima *enterprise* verziju. Neke od benefita koje *enterprise* omogućava su:

1. Zaštita polisama. Sprovođenje polisa širom organizacije na strani servera, uključujući: najbolje prakse za usklađenost i bezbednost, ograničenja pristupa mreži i kontrolu troškova.

2. Upravljanje federalnim identitetom i grupama. Organizacije mogu da donesu sopstveni SAML 2.0 i jedinstvenu prijavu (SSO) za upravljanje identitetom u celom preduzeću i kontrolama pristupa zasnovanim na ulogama.

3. Nadzor. Pulumi će evidentirati sve aktivnosti koje su korisnici uradili, uz mogućnost eksportovanja evidencije i integracije sa drugim alatima za bezbednost.

4. Hostovanje kod klijenta. Preduzeća koja zahtevaju specifične kontrole podataka mogu samostalno da hostuju Pulumi u svom privatnom *cloud*-u ili data centru, zajedno sa: izolacijom mreže, identitetom i kontrolama vlasništva podataka.

8.4 Mogućnost i lakoća testiranja infrastrukturnog koda

Oba alata podrzavaju testiranje infrastrukture. Terraform podržava: jedinične, ugovorne, integracione i end-to-end testove. Pulumi podržava: jedinično, integraciono i testiranje svojstava. S obzirom da Pulumi koristi jezike opšte namene, testiranje se oslanja na okvire za testiranje tih jezika. Ovo znači da testiranje deluje vrlo prirodno dok u slučaju Terraform-a to nije slučaj.

9. ZAKLJUČAK

Na kraju krajeva, odabir najboljeg alata zavisi od potreba. Iz ličnog iskustva mogu reći da je Terraform mnogo više korišćen na komercijalnim, klijentskim projektima. Terraform je više prihvaćen i od strane *DevOps*-a a čak i od strane programera koji već poznaju Python ili neki drugi jezik opšte namene. Ima više razloga koji dovode do ovoga. Kada pričamo od održavanju infrastrukture, Terraform je čist pobednik. Ne postoji uniforman način niti standard u pisanju infrastrukture koristeći Pulumi i jezik opšte namene. Ovo je posledica velike fleksibilnosti koje nude jezici opšte namene.

Kada imamo 10 inženjera koji pišu istu infrastrukturu u jeziku Python, oni to mogu uraditi na 10 različitih načina. Sve ovo dovodi do problema u održavanju infrastrukturnog koda. Kada na projekat pisan u Pulumi-ju dođe inženjer koji ne poznaje taj jezik ili stil i način pisanja, njegov *onbarding* proces će trajati jako dugo. Trajanje ovog procesa proporcijalno raste sa kompleksnošću projekta.

Sa druge strane, kada pričamo o Terraform-u, postoji jedan i samo jedan ispravan način da se napiše kvalitetna infrastruktura.

10. LITERATURA

[1] https://munzandmore.com/2015/ora/12-public-cloud-benefits-and-features-you-should-know (pristupljeno u septembru 2022.)

[2] https://searchcloudcomputing.techtarget.com/definition/hybrid-cloud (pristupljeno u septembru 2022.)

[3] https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/private-cloud (pristupljeno u septembru 2022.)

[4] https://www.vxchnge.com/blog/different-types-of-cloud-computing (pristupljeno u septembru 2022.)

[5] https://www.redhat.com/en/topics/cloud-computing/what-is-caas (pristupljeno u septembru 2022.)

[6] https://stackify.com/what-is-infrastructure-as-code-how-it-works-best-practices-tutorials/ (pristupljeno u septembru 2022.)

[7] https://www.oreilly.com/library/view/infrastructure-as-code/9781491924334/ch01.html (pristupljeno u septembru 2022.)

Kratka biografija:



Ivan Indić rođen je u Beogradu 16.03.1996 godine. Upisao Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu 2015. godine, smer Elektrotehnika i računarstvo. Diplomirao 2020. godine sa temom „Case-basedreasoning“. Nakon osnovnih studija upisuje master studije na istom fakultetu. U slobodno vreme voli da igra šah i putuje.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 004.9
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE48Maric

VIDEO CHAT APLIKACIJA ZASNOVANA NA WEBRTC PROTOKOLU I STUN/TURN SERVERIMA

VIDEO CHAT APPLICATION BASED ON WEBRTC PROTOCOL AND STUN/TURN SERVERS

Nikola Marić, Milan Vidaković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – RAČUNARSTVO I AUTOMATIKA

Kratak sadržaj – *Predmet rada je omogućavanje audio i video poziva između dve osobe (dva korisnika aplikacije) u realnom vremenu, dakle da se podrži vid komunikacije između fizički odvojenih (udaljenih) mesta na planeti koja nisu iza istog rutera. Način da se to postigne jeste korišćenjem WebRTC protokola kao i STUN/TURN servera koji omogućavaju prenos podataka na daljinu.*

Ključne reči: *WebRTC, STUN, TURN, Video chat aplikacija*

Abstract – *Subject of this paper is to provide audio and video call between two persons (two users of this application) in a real-time, therefore to support type of communication between physically separated (distant) places on planet that are not behind the same router. Way to do that is to use a WebRTC protocol and STUN/TURN servers that provide transfer of data to a distant place.*

Keywords: *WebRTC, STUN, TURN, Video chat application*

1. UVOD

Usled trenutne situacije na globalnom nivou, sve je veća potražnja za softverskim rešenjima koja vrše neki vid komunikacije u realnom vremenu, naročito vizuelnog/ audio tipa. Sve veći broj odnosa između ljudi kao što su zabava, obrazovanje pa čak i posao se digitalizuju i svima su nam dostupni na jedan pritisak tastera ili pokret prsta. Da bi to sve uspešno funkcionisalo i ljudi bili up-to-date sa stanjem u okruženju, potrebno je prenositi informacije u realnom vremenu.

Prenos informacija unutar jedne internet mreže ili jednog rutera je relativno jednostavno. Problem nastaje kada internet saobraćaj treba da se uspostavi između uređaja koji funkcionušu iza različitih rutera, tada se ceo proces komplikuje.

U zavisnosti od tipa rutera ceo taj proces može da iziskuje i velike troškove, stoga je potrebno izabrati korektno rešenje za specifičnu situaciju.

Celokupan sistem se sastoji iz tri dela: web aplikacije, STUN/TURN servera i baze podataka.

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Milan Vidaković, red. prof.

Web aplikacija je implementirana u React/Node okruženju, STUN/TURN serveri su podignuti na AWS Linux server. Baza podataka je također podignuta na AWS u PostgreSQL tehnologiji.

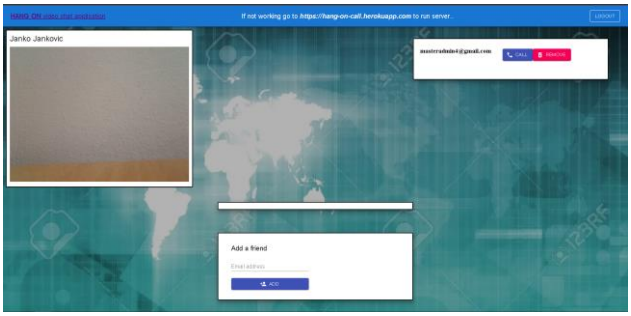
2. IMPLEMENTACIJA APLIKACIJE

Web aplikacija se sastoji iz klijentskog i serverskog dela. Klijentski deo je implementiran u React-u [1], a serverski u Node.js [2] okruženju. Serverski deo možemo podeliti na signaling server i serverski deo sa endpointima koji vrše operacije sa bazom podataka.

Celokupno rešenje je podignuto na poznate cloud servise. Klijentski deo je podignut na Netlify [3], a serverski deo (signaling server i endpointi) je podignut na Heroku [4].

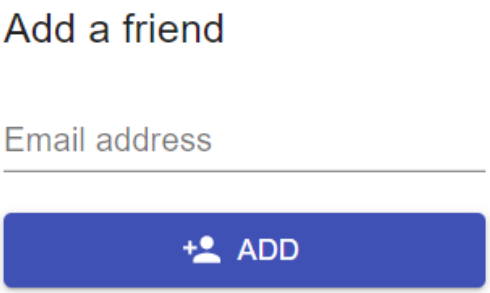
2.1. Web aplikacija

Nakon prijave na sistem u gornjem levom uglu se nalazi video snimak ulogovanog korisnika u realnom vremenu. Iznad snimka se nalazi ime i prezime korisnika, ili ako nije uneseno onda nadimak (Slika 1).



Slika 1. Početna stranica nakon prijave na sistem

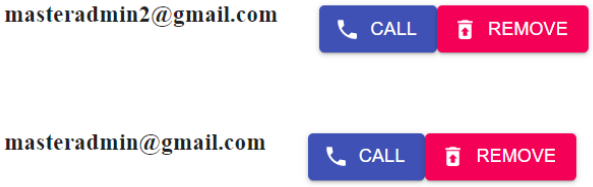
Nakon učitavanja snimka korisnika koji je ulogovan, opcija koja mu se dalje nameće jeste dodavanje prijatelja (Slika 2).



Slika 2. Forma za dodavanje prijatelja

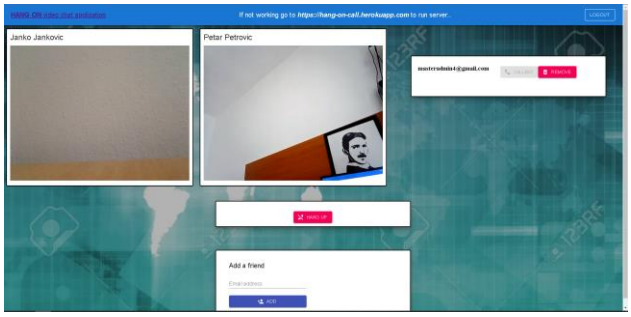
Korisnik unosi email adresu drugog korisnika koga želi da doda u listu prijatelja, nakon čega može da obavlja poziv sa njim.

Nakon što je korisnik uspešno dodat u prijatelje, pojaviće se njegov email u gornjoj desnoj strani ekrana (Slika 3). Korisnik ima opcije da pozove prijatelja (dugme CALL) ili da ga obriše iz liste (dugme REMOVE).



Slika 3. Lista sa spiskom prijatelja

U slučaju poziva, pored video snimka naše kamere, u sredini ekrana će se nakon što korisnik pozove drugog korisnika, a ovaj drugi prihvati poziv, pojaviti još jedan video stream korisnika koji je pozvan (Slika 4).



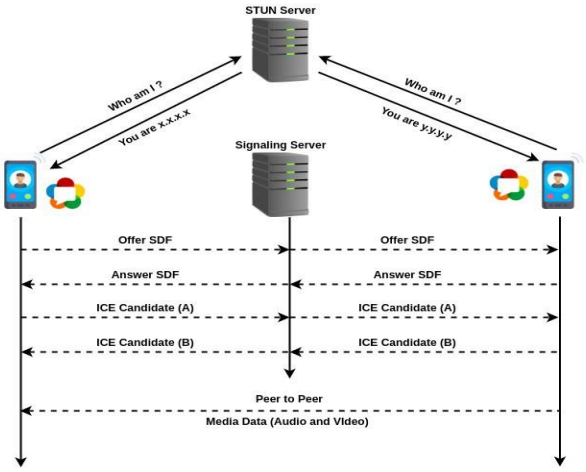
Slika 4. Početna strane nakon prihvatanja poziva

Nakon što je korisnik pozvan i pod uslovom da je prihvatio poziv, pojavljuje se dugme HANG UP. Klikom na to dugme konekcija sa drugim korisnikom se raskida i stranica se refrešuje. Klik na dugme REMOVE briše korisnika iz liste prijatelja, nakon čega se također radi refreš stranice. Poslednja preostala funkcionalnost je odjava korisnika sa sistema odnosno logout. Sve što radimo jeste brisanje email-a trenutnog korisnika iz sessionStorage-a iz browser-a i refrešovanje aplikacije na početnu stranicu.

2.2. STUN/TURN serveri

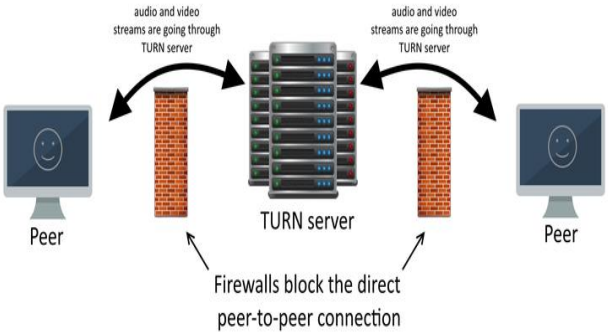
STUN/TURN su implementacije ICE [5] protokola. ICE je zapravo tehnologija pomoću koje ćemo zaobići NAT [6] ili Firewall [7]. Postoji mnogo verzija na internetu, github stranicama itd. Opcija koja je ovde implementirana jeste **coturn** server koji se jednostavno instalira na Linux okruženju i kao takav podigne na neku cloud platformu, ovde je to AWS (Amazon Web Services)[8].

Nakon što je kreirana web aplikacija koja funkcioniše iza jednog rutera, jednog NAT-a ili Firewall-a, potrebno je omogućiti globalnu komunikaciju korisnika. To ćemo postići preko ICE protokola i njegovih implementacija. STUN server [9] služi da se njemu obrati naša aplikacija i da zatraži svoju javnu ip adresu. Dakle, kad korisnik započinje poziv web aplikacija se obraća STUN serveru, šalje mu zahtev, a STUN server kao odgovor vraća javnu IP adresu te web aplikacije odnosno računara/uređaja na kome se nalazi. Sa druge strane, korisnik koji prima poziv takođe se obraća STUN serveru i ovaj mu kao odgovor vraća njegovu javnu IP adresu. Nakon toga može da se izvrši direktna konekcija peer-to-peer (Slika 5).



Slika 5. Funkcija STUN servera prilikom konekcije

Kad STUN server ne može da izvrši svoju namenu tada se koristi TURN [10]. Zajedno su podignuti, na istom serveru. TURN se uglavnom koristi kad se naiđe na simetrični NAT. Tada TURN server služi kao relej i celokupan sadržaj prenosi preko sebe do drugog peer-a. Ovaj postupak je skuplji (veći bandwidth) i dolazi do relativnog kašnjenja komunikacije jer postoji posrednik tako da se koristi u krajnjim slučajevima (Slika 6).



Slika 6. Uloga TURN servera prilikom komunikacije

Kako je podešen STUN/TURN? Prvo se na AWS kreira nalog. Nakon toga kreiramo EC2 [11] (Elastic Compute Cloud) virtuelnu mašinu. Tu se podese razni parametri. Konkretno, u svrhe projekta izabran je Ubuntu server sa ostalim predefinisanim vrednostima. Nakon što se EC2 instanca pokrene, potrebno je u Linux Ubuntu operativni sistem instalirati coturn paket i odraditi dodatnu konfiguraciju. Komande idu sledećim redosledom:
Prvo update-ujemo Ubuntu:

```
sudo apt-get -y update
```

Nakon toga instaliramo coturn paket

```
sudo apt-get install coturn
```

Nakon što se instalira coturn, proveravamo njegov trenutni status:

```
systemctl status coturn
```

Ako je pokrenut potrebno ga je zaustaviti

```
systemctl stop coturn
```

Nakon što smo zaustavili coturn otvaramo coturn fajl i u njemu obrišemo znak komentara (#) sa linije gde piše TURNSERVER_ENABLED=1

```
sudo nano /etc/default/coturn
```

Potom treba da podešavamo glavnu konfiguraciju. Prvo kopiramo postojeću konfiguraciju u novi fajl u slučaju da nam zatreba backup.

```
sudo mv /etc/turnserver.conf
/etc/turnserver.conf.original
```

Otvaramo original turnserver.conf

```
sudo nano /etc/turnserver.conf
```

Nakon što se fajl otvori, potrebno je podesiti konfiguraciju kao na listingu 1. Postavljamo portove koji će da slušaju na 3478 (običan tcp/udp) i 5349 (za tls). Podešavamo ime servera odnosno DNS naše cloud instance Linux servera (može i IP adresa) uz dodatnu konfiguraciju. User predstavlja username:lozinka par koji se podešava kao kredencijali za TURN server.

```
listening-port=3478
tls-listening-port=5349

fingerprint
lt-cred-mech

server-name=ec2-44-203-187-
183.compute-1.amazonaws.com
realm=ec2-44-203-187-183.compute-
1.amazonaws.com
user=admin:admin

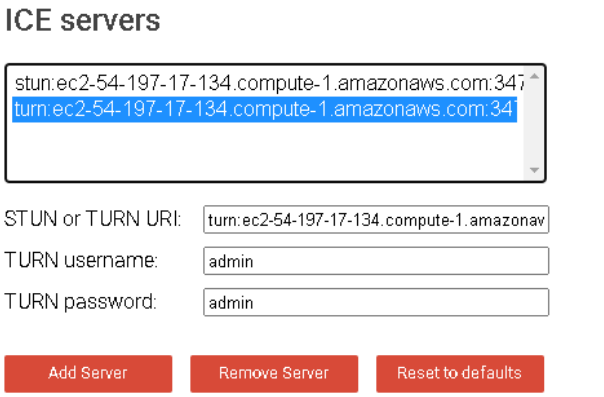
total-quota=100
stale-nonce=600
```

Listing 1. Podešavanja u fajlu na putanji /etc/turnserver.conf

Nakon što smo uneli konfiguracione parametre, pokrećemo coturn:

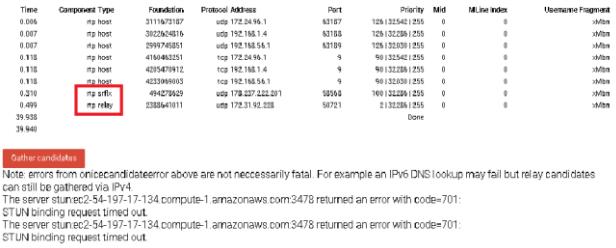
```
systemctl start coturn
```

Nakon što smo završili sa Ubuntu komandama, potrebno je podesiti Security Groups, odnosno mehanizam koji omogućava/onemogućava pristup našem DNS-u sa strane. Da bi web aplikacija mogla da koristi podešeni coturn servis potrebno je postaviti inbound rules u okviru bezbednosne grupe. Potrebno je omogućiti pristup portu 3478 i za svaki slučaj spektru portova od 49152 do 65535. Nakon što je ovo sve podešeno, možemo testirati da li serveri rade ispravno. Postoji nekoliko klijenata na internetu koji ovo testiraju, a jedan od poznatijih je Trickle Ice (Slika 7).



Slika 7. Unos STUN/TURN servera zbog testiranja

Dakle za STUN server je neophodno uneti stun:<dns>:<port>. Za TURN je pored URI-ja potrebno uneti kredencijale, dakle username i password koji smo prethodno konfigurisali u turnserver.conf fajlu. Kad smo uneli DNS servera možemo testirati. Klikom na dugme Gather candidates (Slika 8) pojaviće se spisak nekih adresa i protokola. Kako bi se uverili da naši serveri rade neophodno je da postoji tip srflx (za STUN server) i relay (za TURN server).



Slika 8. Prikaz uspešnosti konfigurisanih coturn servisa

2.3 Baza podataka

Baza koja je korišćena je PostgreSQL [12]. Nakon što se kreira instanca baze na RDS [13] (Relational Database Service) takođe na AWS-u, moramo podesiti bezbednosni mehanizam kao i za Ubuntu server. Ovde smo podesili da dolazni i odlazni saobraćaj bude dostupan za sve adrese i portove, dakle praktično nema bezbednosnog mehanizma. Nakon što je baza podešena, unosimo entitete. Prvi je *app_user*, entitet koji predstavlja korisnika i podatke o njemu (Listing 2), a drugi je *app_user_friends*, predstavlja tabelu koja sadrži veze između email adresa, odnosno koji korisnik je prijatelj sa kim (Listing 3).

```
CREATE TABLE app_user (
  id bigint PRIMARY KEY,
  email varchar NOT NULL,
  password varchar NOT NULL,
  first_name varchar,
  last_name varchar,
  nickname varchar NOT NULL,
  date_created timestamptz,
  current_socket_id varchar
);
```

Listing 2. SQL kod za kreiranje app_user entiteta

```
CREATE TABLE app_user_friends2 (
  id bigint PRIMARY KEY,
  email_user varchar,
  email_friend varchar
);
```

Listing 3. SQL kod za kreiranje app_user_friends entitet

3. ZAKLJUČAK

Glavna svrha ovog rešenja jeste rešavanje problema komunikacije u realnom vremenu, dakle razmena audio i video podataka. Postoji dosta aplikacija koje rešavaju isti problem. Kao prednost ovog rešenja u odnosu na postojeća komercijalna rešenja može se navesti činjenica da je lako stupiti u video poziv sa drugim korisnikom, a opet ne dozvoliti da neko ko ne treba pristupi pozivu.

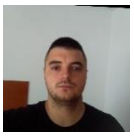
Mogući pravci daljeg proširenja ove aplikacije se podudaraju sa manama ove aplikacije, dakle sve ostalo što postojeće aplikacije imaju ovoj nedostaje tako da ima dosta mesta za usavršavanje.

Kao neke glavne osobine koje bi se mogle dodati su pre svega real-time chat-ovanje, grupno chat-ovanje, zatim grupni pozivi, share screen opcija, deljenje datoteka i još mnogo toga.

4. LITERATURA

[1] ReactJS
https://reactjs.org/
[2] Node.js
https://nodejs.org/en/about/
[3] Netlify
https://www.netlify.com/
[4] Heroku
https://www.heroku.com/
[5] ICE
https://en.wikipedia.org/wiki/Interactive_Connectivity_Establishment
[6] NAT
https://en.wikipedia.org/wiki/Network_address_translation
[7] Firewall
https://en.wikipedia.org/wiki/Firewall_(computing)
[8] AWS
https://aws.amazon.com/what-is-aws/
[9] STUN
https://en.wikipedia.org/wiki/STUN
[10] TURN
https://en.wikipedia.org/wiki/Traversal_Using_Relays_around_NAT
[11] EC2
https://en.wikipedia.org/wiki/Amazon_Elastic_Compute_Cloud
[12] PostgreSQL
https://en.wikipedia.org/wiki/PostgreSQL
[13] RDS
https://en.wikipedia.org/wiki/Amazon_Relational_Database_Service

Kratka biografija:



Nikola Marić rođen je u Novom Sadu 1996-te godine. Osnovne akademske studije je završio na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, smer Računarstvo i automatika, modul Primenjene računarske nauke i informatika. Kontakt: maricnikola752@gmail.com



Milan Vidaković rođen je u Novom Sadu 1971. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka 2003. god, a od 2014. je u zvanju redovni profesor iz oblasti Primenjene računarske nauke i informatika.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 621.31
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE49Jaric

PRIMENA KONCEPTA INTERNOG MODELA ZA REGULACIJU STRUJE U OKVIRU POGONA SA ASINHRONIM MOTOROM

IMC BASED CURRENT CONTROL OF INDUCTION MOTORS

Milica Jarić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – *U ovom radu analizirana je primena koncepta internog modela za regulaciju struje u okviru elektromotornog pogona sa asinhronim motorom. Strujni regulatori bazirani na ovom konceptu predstavljaju alternativu postojećim strukturama sa akcentom ka unapređenju efekta rasprezanja naponskih osa, kao i jednostavnije parametarske sinteze. Kroz simulacije na uprošćenom matematičkom modelu strujnog podsistema naponski napajanog asinhronog motora potvrđene su performanse ovog pristupa.*

Ključne reči: *koncept internog modela, asinhrona mašina, regulacija struje;*

Abstract – *In this paper, the concept of internal model controller for robust current control of induction motor drive is analysed. IMC based current controllers represent an alternative approach to the classical control schemes with the emphasis on the improvements of cross–coupling compensation characteristics of plant model and simplified design procedure. Performance verification of the aforementioned control scheme is presented in form of simulation results on the simplified induction drive plant model.*

Keywords: *internal model control, induction motor, current control;*

1. UVOD

Robusna strujna kontrola u vektorski upravljanim elektromotornim pogonima sa motorima naizmenične struje predstavlja neophodan preduslov za obezbeđivanje visokih performansi regulacije. Strujno napajanje motora koje omogućuje injektovane željenog vektora struje spram položaja fluksa rotora postiže se primenom strujno regulisanih naponskih invertora (engl. *Current Regulated Voltage Source Inverter – CRVSI*).

Za superiorne dinamičke performanse, regulatori struje u okviru *CRVSI* moraju imati smanjenu parametarsku osetljivost imogućnost uspešnog otklanjanja poremećaja u vidu indukovanih elektromotornih sila. Kao alternativa klasičnoj strukturi koja podrazumeva *PI* regulatore u sinhrono–rotirajućem koordinatnom sistemu zajedno sa mehanizmom rasprezanja osa (engl. *Cross-Coupling Decoupling*), nameće se struktura regulatora zasnovana na konceptu unutrašnjeg modela (engl. *Internal Model Control – IMC*) koja unosi poboljšanja u vidu smanjene parametarske osetljivosti pri velikim brzinama obrtanja i jednostavnije parametarske sinteze regulatora.

U drugom poglavlju rada prikazan je matematički model objekta upravljanja u vidu strujnog podsistema asinhrone mašine u sinhrono–rotirajućem koordinatnom sistemu, dok je parametarska sinteza zasnovana na *IMC* konceptu detaljno opisana u trećem poglavlju. Rezultati simulacija prikazani su u četvrtom poglavlju.

2. MATEMATIČKI MODEL STRUJNOG POD-SISTEMA ASINHRONE MAŠINE

Jednačine (1) i (2) predstavljaju matematički model strujnog podsistema asinhrone mašine u sinhrono–rotirajućem koordinatnom sistemu sa primenjenim vektorskim upravljanjem (engl. *Field Oriented Control - FOC*) koje obezbeđuje poravnavanje *d* ose sa vektorom fluksa rotora. Parametar L_σ opisan izrazom (3) predstavlja ekvivalentnu rasipnu induktivnost namotaja statora.

$$u_{sd} = R_s i_{sd} + L_\sigma \frac{d}{dt} i_{sd} - \omega_{dq} L_\sigma i_{sq} + \frac{L_m}{L_r} \frac{d}{dt} \psi_{rd} \quad (1)$$

$$u_{sq} = R_s i_{sq} + L_\sigma \frac{d}{dt} i_{sq} + \omega_{dq} L_\sigma i_{sd} + \omega_{dq} \frac{L_m}{L_r} \psi_{rd} \quad (2)$$

$$L_\sigma = L_s \left(1 - \frac{L_m^2}{L_s L_r}\right) \quad (3)$$

U jednačinama naponske ravnoteže u d i q osama statorskog namotaja se pored pada napona na statorskoj otpornosti i ekvivalentnoj rasipnoj induktivnosti javljaju i članovi koji predstavljaju indukovane elektromotorne sile usled dejstva rotorskog fluksa, kao i elektromotorne sile rotacije predstavljene članovima $-\omega_{dq} L_\sigma i_{sq}$ i $\omega_{dq} L_\sigma i_{sd}$. Članovi srazmerni rotorskom fluksu i njegovom izvodu predstavljaju konstantne ili sporopromenljive poremećaje čije je dejstvo opravdano zanemariti prilikom projektovanja strujnih regulatora. Sa druge strane, elektromotorne sile rotacije predstavljaju sprežuće (engl. *Cross-Coupling*) članove između *d* i *q* osa i ne mogu biti zanemarene jer imaju isti frekventni spektar kao i upravljane promenljive, odnosno struje i_{sd} i i_{sq}.

Laplasovom transformacijom jednačina (1) i (2), uz predložena zanemarenja, dobija se uprošćen matematički model strujnog podsistema u kompleksnom domenu prikazan jednačinama (4) i (5).

$$u_{sd}(s) = (R_s + sL_\sigma) i_{sd}(s) - \omega_{dq} L_\sigma i_{sq}(s) \quad (4)$$

$$u_{sq}(s) = (R_s + sL_\sigma) i_{sq}(s) + \omega_{dq} L_\sigma i_{sd}(s) \quad (5)$$

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vladimir Popović, docent.

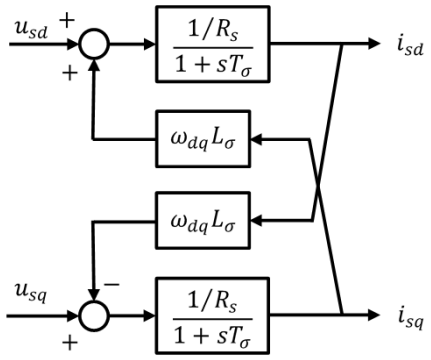
Na osnovu jednačina (4) i (5) izvode se funkcije prenosa objekta upravljanja u d i q osama prikazane sa (6) i (7). Odgovarajući blok dijagram strujnog podsistema je prikazan na Slici 1.

$$u_{sq}(s) + \omega_{dq} L_\sigma i_{sd}(s) = (R_s + sL_\sigma) i_{sq}(s) \rightarrow \frac{i_{sq}(s)}{u_{sq}(s) + \omega_{dq} L_\sigma i_{sd}(s)} = \frac{1/R_s}{1 + sT_\sigma} \quad (6)$$

$$u_{sq}(s) - \omega_{dq} L_\sigma i_{sd}(s) = (R_s + sL_\sigma) i_{sq}(s) \rightarrow \frac{i_{sq}(s)}{u_{sq}(s) - \omega_{dq} L_\sigma i_{sd}(s)} = \frac{1/R_s}{1 + sT_\sigma} \quad (7)$$

$$T_\sigma = L_\sigma / R_s \quad (8)$$

Sistem prikazan na Slici 1 je sistem sa dva ulaza i dva izlaza, odnosno *MIMO* sistem (engl. *MIMO – Multiple Input – Multiple Output*), zbog čega ga je pogodno predstaviti matričnom funkcijom prenosa $\boldsymbol{G}(s)$.



Slika 1. *Blok dijagram strujnog podsistema asinhrone mašine*

$$\begin{bmatrix} u_{sd}(s) \\ u_{sq}(s) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_s + sL_\sigma & -\omega_{dq} L_\sigma \\ \omega_{dq} L_\sigma & R_s + sL_\sigma \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_{sd}(s) \\ i_{sq}(s) \end{bmatrix} \quad (9)$$

$$\boldsymbol{G}(s) = \begin{bmatrix} R_s + sL_\sigma & -\omega_{dq} L_\sigma \\ \omega_{dq} L_\sigma & R_s + sL_\sigma \end{bmatrix}^{-1} = \frac{1}{d(s)} \begin{bmatrix} R_s + sL_\sigma & \omega_{dq} L_\sigma \\ -\omega_{dq} L_\sigma & R_s + sL_\sigma \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$d(s) = {R_s}^2 + 2R_s L_\sigma s + s^2 {L_\sigma}^2 + {\omega_{dq}}^2 {L_\sigma}^2 \quad (11)$$

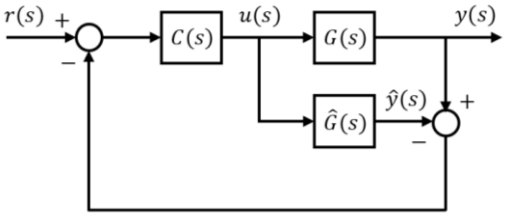
$$\begin{bmatrix} i_{sd}(s) \\ i_{sq}(s) \end{bmatrix} = \boldsymbol{G}(s) \cdot \begin{bmatrix} u_{sd}(s) \\ u_{sq}(s) \end{bmatrix} \quad (12)$$

3. STRUJNI REGULATOR ZASNOVAN NA KONCEPTU UNUTRAŠNJEG MODELA

IMC pristup se zasniva na observaciji objekta upravljanja čiji se izlaz poredi sa izlazom njegovog modela. Njihova razlika predstavlja korekcioni signal koji se prenosi povratnom vezom i adaptira signal koji pobuđuje kontroler.

3.1. Koncept unutrašnjeg modela

Blok dijagram *IMC* strukture prikazan je na Slici 2. $G(s)$ predstavlja u opštem slučaju matričnu funkciju prenosa objekta upravljanja, $\hat{G}(s)$ je funkcija prenosa unutrašnjeg modela, dok $C(s)$ predstavlja funkciju prenosa *IMC* regulatora. Parametri unutrašnjeg modela $\hat{G}(s)$ su procenjene vrednosti stvarnih parametara objekta upravljanja $G(s)$.



Slika 2. *Blok dijagram regulacione petlje sa primenom IMC koncepta upravljanja*

U idealnom slučaju, procenjeni parametri objekta upravljanja jednaki su stvarnim, odnosno interni model se u potpunosti poklapa sa objektom upravljanja pri čemu važi $\hat{\boldsymbol{G}}(s) = \boldsymbol{G}(s)$. Signal u povratnoj vezi tada iznosi nula i ceo sistem se ponaša kao sistem u otvorenoj sprezi. Ukoliko se funkcija prenosa *IMC* regulatora $\boldsymbol{C}(s)$ odabere tako da važi $\boldsymbol{C}(s) = \hat{\boldsymbol{G}}^{-1}(s)$, matrična funkcija prenosa u otvorenoj sprezi $\boldsymbol{W}(s)$ postaje jedinična, čime se u potpunosti kompenzuje dinamika objekta upravljanja.

$$\boldsymbol{C}(s) = \boldsymbol{G}^{-1}(s) \rightarrow \boldsymbol{W}(s) = \boldsymbol{C}(s)\boldsymbol{G}(s) = \boldsymbol{I} \quad (13)$$

$$\boldsymbol{W_s}(s) = \boldsymbol{W}(s) = \boldsymbol{I} \quad (14)$$

U praktičnoj primeni prethodno opisani slučaj nije pogodan jer se kompenzacijom dinamičkih procesa u objektu upravljanja javljaju nagli udari upravljačke promenljive. Takođe, izbor *IMC* regulatora tako da važi $\boldsymbol{C}(s) = \hat{\boldsymbol{G}}^{-1}(s)$ nije uvek ni moguć i u nekim slučajevima može dovesti do nestabilnosti. Konačno, greška u proceni parametara neminovno postoji, usled čega interni model nikada nije ekvivalentan stvarnom objektu upravljanja, pa se signal u povratnoj vezi mora uvažiti. Pod pretpostavkom da je sistem opisan funkcijom prenosa $\boldsymbol{G}(s)$ minimalne faze, pomenuti problemi vezani za stabilnost i udare upravljačke promenljive rešavaju se unošenjem filtarske funkcije prenosa kao što je prikazano u (16). Niskopropusni filtri koji se nalaze na glavnoj dijagonali matrice $\boldsymbol{F}(s)$ prikazane sa (15) mogu biti proizvoljnog reda n u zavisnosti od željenih performansi regulacione petlje.

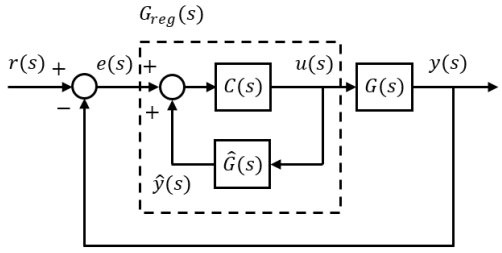
$$\boldsymbol{F}(s) = diag\left\{\frac{{v_1}^n}{(v_1 + s)^n}, \frac{{v_2}^n}{(v_2 + s)^n}, \ldots, \frac{{v_k}^n}{(v_k + s)^n}\right\} \quad (15)$$

$$\boldsymbol{C}(s) = \hat{\boldsymbol{G}}^{-1}(s)\boldsymbol{F}(s) \quad (16)$$

Blok dijagram klasične *IMC* strukture prikazan na Slici 2 može se modifikovati na način prikazan na Slici 3, pri čemu se dobija struktura u kojoj je ulaz u regulator greška između referentne i stvarne vrednosti upravljane promenljive, dok se regulator opisuje matričnom funkcijom prenosa $\boldsymbol{G_{reg}}(s)$ koja je opisana izrazom (17). Na taj način je interni model objekta upravljanja sadržan u samom regulatoru, a odabirom odgovarajuće funkcije prenosa $\boldsymbol{C}(s)$ dobijaju se parametri rezultantnog regulatora $\boldsymbol{G_{reg}}(s)$. Uvažavanjem izraza (16) za funkciju prenosa *IMC* regulatora dobija se funkcija prenosa (18). Uz pretpostavku da je interni model ekvivalentan modelu objekta upravljanja, odnosno da važi $\hat{\boldsymbol{G}}(s) = \boldsymbol{G}(s)$, funkcija prenosa sistema u otvorenoj sprezi je prikazana

sa (19), odakle se vidi da ona ne zavisi od parametara objekta upravljanja, već isključivo od parametara filtarske funkcije prenosa.

Prednost *IMC* metode ogleda se u činjenici da odziv upravljane promenljive zavisi samo od podesivih parametara v_n koji predstavljaju propusne opsege regulacionih petlji *MIMO* sistema sa n upravljanih promenljivih, odnosno od po jednog podesivog parametra za svaku od regulacionih petlji.



Slika 3. *Blok dijagram regulacione petlje zasnovane na IMC konceptu sa ekvivalentnim regulatorom u direktnoj osi*

$$\boldsymbol{G_{reg}}(s) = [\boldsymbol{I} - \boldsymbol{C}(s)\widehat{\boldsymbol{G}}(s)]^{-1}\boldsymbol{C}(s) \tag{17}$$

$$\boldsymbol{G_{reg}}(s) = [\boldsymbol{I} - \widehat{\boldsymbol{G}}^{-1}(s)\boldsymbol{F}(s)\widehat{\boldsymbol{G}}(s)]^{-1}\widehat{\boldsymbol{G}}^{-1}(s)\boldsymbol{F}(s) \tag{18}$$

$$\boldsymbol{W}(s) = [\boldsymbol{I} - \boldsymbol{F}(s)]^{-1}(s)\boldsymbol{F}(s) \tag{19}$$

3.2. Primena *IMC* koncepta na strujnu regulacionu petlju asinhrone mašine

Matematički model strujnog podsistema asinhrone mašine u *dq* koordinatnom sistemu opisan je matričnom funkcijom prenosa koja je prikazana u (10).

Izraz za funkciju prenosa regulatora prikazan je sa (21), pri čemu su elementi matrice $\boldsymbol{F}(s)$ odabrani da budu filtri niskopropusnici opsega prvog reda čije su presečne učestanosti jednake za *d* i *q* osu i obeležene su sa v.

$$\boldsymbol{F}(s) = \begin{bmatrix} \frac{v}{v+s} & 0 \\ 0 & \frac{v}{v+s} \end{bmatrix} = \frac{v}{v+s}\boldsymbol{I} \tag{20}$$

$$\begin{aligned} \boldsymbol{G_{reg}}(s) &= \left[\boldsymbol{I} - \frac{v}{v+s}\boldsymbol{I}\right]^{-1}\widehat{\boldsymbol{G}}^{-1}(s)\frac{v}{v+s}\boldsymbol{I} = \\ &= \frac{v+s}{s}\boldsymbol{G}^{-1}(s)\frac{v}{v+s} = \frac{v}{s}\widehat{\boldsymbol{G}}^{-1}(s) \end{aligned} \tag{21}$$

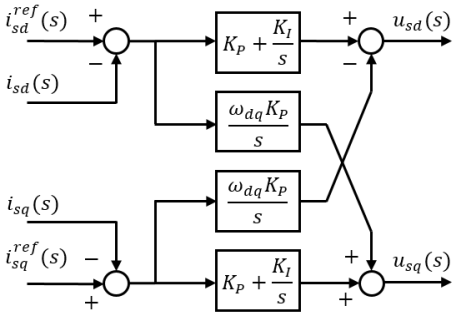
Na osnovu (10) i (21) dobija se željena matrična funkcija prenosa regulatora prikazana izrazom (22). Njeni dijagonalni elementi predstavljaju funkcije prenosa *PI* regulatora u svakoj od osa *dq* koordinatnog sistema, dok vandijagonalni elementi u vidu integratora predstavljaju raspregnuće članove.

Proporcionalno i integralno pojačanje regulatora računaju se prema izrazima (23), odakle se vidi da su oni srazmerni presečnoj učestanosti filtra v koja ujedno predstavlja i propusni opseg petlje nakon zatvaranja povratne sprege. Na taj način se vrednosti oba parametra regulatora dobijaju na osnovu samo jednog podesivog parametra u vidu propusnog opsega petlje.

Funkciji prenosa (22) odgovara blok dijagram regulatora prikazan na Slici 4.

$$\begin{aligned} \boldsymbol{G_{reg}}(s) &= \frac{v}{s}\begin{bmatrix} \hat{R}_s + s\hat{L}_\sigma & -\omega_{dq}\hat{L}_\sigma \\ \omega_{dq}\hat{L}_\sigma & \hat{R}_s + s\hat{L}_\sigma \end{bmatrix} = \\ &= \begin{bmatrix} v\hat{L}_\sigma\left(1 + \frac{1}{\hat{T}_\sigma s}\right) & -\omega_{dq}\frac{v\hat{L}_\sigma}{s} \\ \omega_{dq}\frac{v\hat{L}_\sigma}{s} & v\hat{L}_\sigma\left(1 + \frac{1}{\hat{T}_\sigma s}\right) \end{bmatrix} = \\ &= \begin{bmatrix} K_P + \frac{K_I}{s} & -\omega_{dq}\frac{K_P}{s} \\ \omega_{dq}\frac{K_P}{s} & K_P + \frac{K_I}{s} \end{bmatrix} \end{aligned} \tag{22}$$

$$K_P = v\hat{L}_\sigma, \qquad K_I = v\hat{R}_s \tag{23}$$



Slika 4. *Blok dijagram strujnog regulatora zasnovanog na konceptu unutrašnjeg modela*

U idealizovanom slučaju kada važi $\widehat{\boldsymbol{G}}(s) = \boldsymbol{G}(s)$, funkcija otvorenog prenosa strujne petlje je integratorska, što obezbeđuje nultu grešku ustaljenog stanja na odskočnu pobudu, a sistem u zatvorenoj sprezi ponaša se kao filtar niskopropusnik prvog reda, čime se dobijaju povoljne dinamičke karakteristike u upravljanju strujama i_{sd} i i_{sq}. Funkcije otvorenog i spregnutog prenosa u opisanom slučaju prikazane su sa (24) i (25).

$$\boldsymbol{W}(s) = \frac{v}{s}\widehat{\boldsymbol{G}}^{-1}(s)\boldsymbol{G}(s) = \frac{v}{s}\boldsymbol{I} \tag{24}$$

$$\boldsymbol{W_s}(s) = \frac{v}{v+s}\boldsymbol{I} \tag{25}$$

3.2. Analiza modela u domenu kompleksnih vektora

U [2] pokazano je da se električni podsistem asinhrone mašine koji je u realnom domenu *MIMO* sistem drugog reda može prikazati u notaciji kompleksnih vektora kao *SISO* sistem prvog reda sa kompleksnim parametrima. Modelovanje u domenu kompleksnih vektora omogućuje primenu nekih od konvencionalnih metoda za analizu performansi sistema poput geometrijskog mesta korena i Bodeovih karakteristika, što za *MIMO* sisteme u opštem slučaju nije moguće. Kompleksni vektori struje i napona statora prikazani su sa (26), dok je funkcija prenosa objekta upravljanja sa kompleksnim parametrima prikazana sa (27).

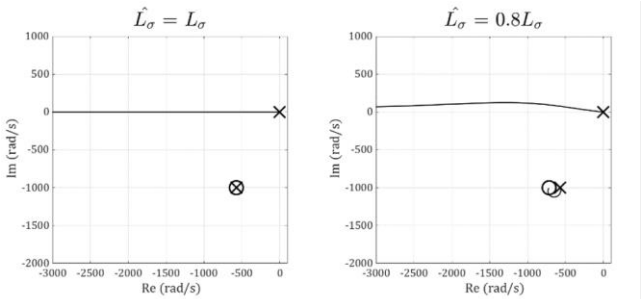
$$\boldsymbol{i_s} = i_{sd} + ji_{sq}, \qquad \boldsymbol{u_s} = u_{sd} + ju_{sq} \tag{26}$$

$$\begin{aligned} &\boldsymbol{u_s}(s) = R_s\boldsymbol{i_s}(s) + sL_\sigma\boldsymbol{i_s}(s) + jL_\sigma\omega_{dq}\boldsymbol{i_s}(s) \;\rightarrow \\ &\boldsymbol{G_s}(s) = \frac{\boldsymbol{i_s}(s)}{\boldsymbol{u_s}(s)} = \frac{1}{R_s + L_\sigma s + jL_\sigma\omega_{dq}} \end{aligned} \tag{27}$$

Pol sistema opisanog sa (27) je kompleksan i nalazi se na učestanosti $-R_s/L_\sigma - j\omega_{dq}$. Kompleksna funkcija prenosa

regulatora zasnovanog na *IMC* konceptu izvedena je na osnovu postupka koji je detaljno opisan u [3] i prikazana je sa (28), odakle se vidi da regulator u domenu kompleksnih vektora unosi kompleksnu nulu na učestanosti
$-K_I/K_P - j\omega_{dq}$.

$$\boldsymbol{G_{reg}}(s) = \frac{K_P\left(s + j\omega_{dq}\right) + K_I}{s} \tag{28}$$



Slika 5. *Kompleksni GMK za slučaj kada je* $\hat{L}_\sigma = L_\sigma$ *(levo) i kada je* $\hat{L}_\sigma = 0.8L_\sigma$ *(desno)*

U slučaju kada su procenjeni parametri $\hat{R}_s$ i $\hat{L}_\sigma$ koji figurišu u izrazima za K_P i K_I jednaki stvarnim, važi $-K_I/K_P = -R_s/L_\sigma$, odnosno kompleksna nula koju unosi regulator potpuno kompenzuje pol sistema.

Na Slici 5 prikazani su grafici geometrijskog mesta korena (GMK) u domenu kompleksnih vektora za slučaj kada se stvarna i procenjena vrednost parametra rasipne induktivnosti poklapaju i kada se razlikuju za 20%.

4. REZULTATI SIMULACIJE

Rezultati simulacije u softverskom paketu *MATLAB Simulink* za tri različite topologije strujnih regulatora prikazani su na Slici 6. Korišćeni parametri prikazani su u Tabeli 1, pri čemu je estimirana vrednost rasipne induktivnosti statora u sva tri slučaja za 20% manja od stvarne, odnosno važi $\hat{L}_\sigma = 0.8L_\sigma$.

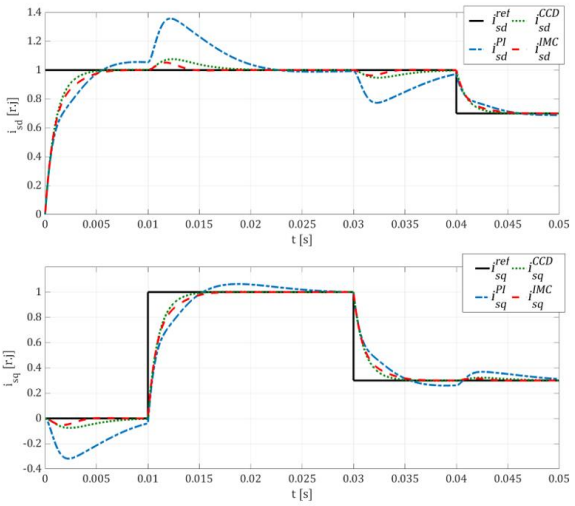
Tabela 1. Simulacioni parametri strujne regulacione petlje

R_s	3.26Ω
L_σ	$5.7mH$
ω_{dq}	$1000\,rad/s$
v	$1000\,rad/s$

Primena dijagonalnog *PI* regulatora bez mehanizma rasprezanja osa čiji su parametri određeni prema izrazima (23) ne može omogućiti nezavisno upravljanje strujama u *d* i *q* osama tokom prelaznih procesa, kao što se vidi na Slici 6.

Najčešće se pomenuti problem rešava dodavanjem *CCD* mehanizma (*Diagonal IMC* u [1] ili *Cross-Coupling Decoupling* u [2]).

Sa Slike 6 vidi se da regulator zasnovan na *IMC*-u bolje potiskuje efekte sprezanja osa u odnosu na *CCD* regulator u uslovima parametarske nesigurnosti.



Slika 6 *Odzivi struja* i_{sd} *i* i_{sq} *za tri različite topologije strujnih regulatora: dijagonalni PI regulator (plavo), PI regulator sa CCD mehanizmom (zeleno) I IMC regulator (crveno)*

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu analizirana je primena *IMC* koncepta upravljanja za projektovanje robusnog strujnog regulatora u elektromotornom pogonu sa asinhronom mašinom. Kao rezultat dobijen je regulator koji pored klasičnih *PI* regulatora u *d* i *q* osama ima i integratorske elemente koji imaju funkciju dekuplovanja dinamika *d* i *q* komponenata statorske struje. Koristeći kompleksnu notaciju koja omogućuje konstrukciju geometrijskog mesta korena sistema sa kompleksnim parametrima pokazano je kretanje polova sistema odakle se vidi da i u slučaju parametarske nesigurnosti ovakav regulator daje povoljan dinamički odziv, što je pokazano i kroz rezultate simulacija. Osim uspešnog kompenzovanja efekta sprezanja osa, jedna od prednosi *IMC* regulatora jeste i jednostavnost sinteze parametara regulatora.

6. LITERATURA

[1] L. Harnefors, H. Nee, "Model-Based Current Control of AC Machines Using the Internal Model Control Method", *IEEE Trans. Ind. Applicat.*, vol. 34, pp. 133–141, Jan/Feb 1998.

[2] F. Briz, M.W. Degner, R.D. Lorenz, "Analysis and Design od Current Regulators Using Complex Vectors", *IEEE Thirty-Second IAS Annual Meeting - New Orleans, LA, USA* (5-9 Oct. 1997)

[3] A. Doria-Cerezo, M. Bodson, "Root locus rules for polynomials with complex coefficients", *21st Mediterranean Conference on Control and Automation - Platanias-Chania, Crete, Greece* (25-28 June 2013)

Kratka biografija:



Milica Jarić rođena je u Novom Sadu 1998. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Energetska elektronika i električne mašine odbranila je 2022.god.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 004.9
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE50Mladenovic

PROCES RAZVOJA RAČUNARSKE IGRE „ZEMLJA DUHOVA“

THE DEVELOPMENT PROCESS OF THE COMPUTER GAME „GHOST LAND“

Filip Mladenović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – *U ovom radu prikazan je proces razvoja računarske igre „Zemlja duhova“. Opisani su ključni elementi igre i objašnjeni su pojedini implementacioni detalji.*

Ključne reči: *Računarske igre, Animacija, Dizajniranje igara.*

Abstract – *This paper presents the development process of the computer game „Ghost land“. The key elements of the game are described and some implementation details are explained.*

Keywords: *Computer games, Animation, Games design*

1. UVOD

Video igra predstavlja vrhunac interakcije čoveka sa računarom (ili nekim drugim uređajem). Koncept se ne razlikuje mnogo od platforme do platforme – čovek zadaje komande, neki grafički element prikazuje reakcije na zadate komande. U zavisnosti od tipa igre, okruženje i likovi reaguju u zavisnosti ili nezavisno od zadate komande. Postavlja se određeni cilj koji igrač treba da ispuni kao i u svakoj igri iz realnog života, samo što je u slučaju računarskih video igara, umesto ljudskog bića, sa druge strane mašina, odnosno, računar.

U narednim poglavljima može se pročitati više o *gameplay*-u video igre „Zemlja duhova“ (poglavlje 1), upotrebljenim trikovima za animaciju karaktera (poglavlje 2), o upotrebljenim trikovima u programiranju automatskog kretanja duhova prema glavnom junaku (poglavlje 3), upotrebljenim trikovima za animaciju karaktera (poglavlje 4), o okruženju u kome je video igra pravljena (poglavlje 5), zašto je bitan i kako ostaviti dobar prvi utisak (poglavlje 6), i o psihološkim aspektima koji pomažu u dizajniranju karaktera (poglavlje 7).

2. *GAMEPLAY*

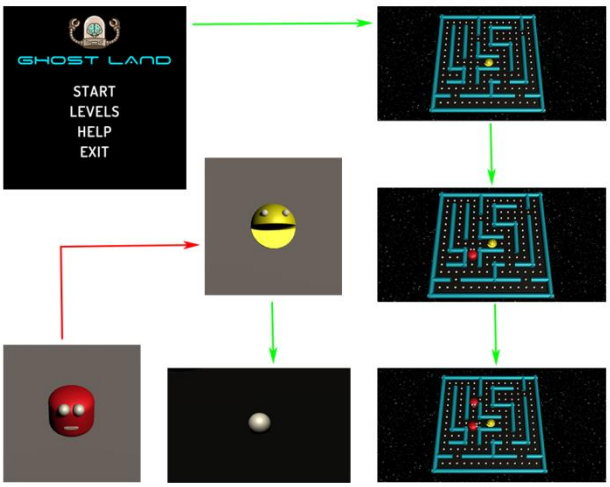
Igrač svoju avanturu počinje iz početnog menija. Pristupa prvom nivou i upoznaje se sa lavirintom, glavnim likom i sa ciljevima igre. Skuplja deliće svetlosti (bele loptice u lavirintu) i primeću da se brojač, koji pokazuje koliko je delića svetlosti prikupio, povećava.

Nakon što sakupi sve deliće svetlosti prikazuje mu se dijalog koji ga pita da li želi da nastavi sa igrom. Ukoliko igrač pristane da nastavi sa igrom učitava se sledeći nivo. Ukoliko odbije, vraća se na početni meni.

U drugom nivou igrač se prvi put susreće sa njegovim neprijateljem u igrici. Ukoliko ga neprijatelj uhvati prikazuje mu se dijalog koji ga obaveštava da je izgubio jedan život i u isto vreme ga pita da li želi da nastavi sa igrom ili želi da se vrati u početni meni. Ukoliko izabere da nastavi sa igrom trenutni nivo mu se ponovo učitava, oduzima mu se život i oduzimaju mu se osvojeni poeni (prikupljeni delići svetlosti) koje je sakupio u trenutnom nivou.

Ako korisnik uspešno sakupi sve deliće svetlosti u drugom nivou dijalog ga ponovo pita da li želi da pređe u sledeći nivo. Ukoliko korisnik pristane učitava mu se treći nivo koji u sebi sadrži dva neprijatelja. Korisnik ima vrlo malo vremena da odreaguje u datom nivou kako bi uspeo da pobegne od neprijatelja. Ukoliko izgubi sva tri života (neprijatelj ga tri puta „uhvati“) korisniku se prikazuje dijalog gde mu se ostavlja mogućnost da počne igricu od prvog nivoa ili da se vrati u početni meni. Ako igrač ipak uspe da pređe poslednji nivo pokazuje mu se dijalog koji ga obaveštava da je pobedio i pruža mu se mogućnost da bira da li želi da igra igricu iz početka ili da se vrati u početni meni.

Gameplay je prikazan na slici 1.



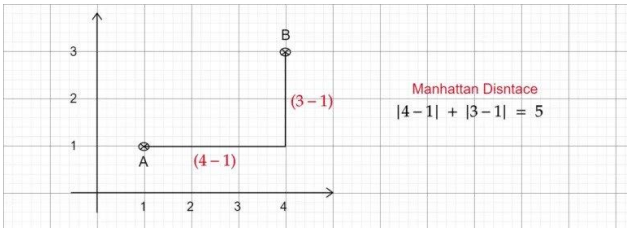
Slika 1. *Gameplay*

3. MEHANIKA IGRE

Kao što je već napomenuto, cilj igre „Zemlja duhova“ jeste da glavni junak sakupi sve deliće svetlosti. Međutim, mehanika igre za deliće svetlosti vezuje još jedan jako bitan koncept. Interno u igri vrednost delića svetlosti se konstantno ažurira i duhovi se kreću uz pomoć tih vrednosti.

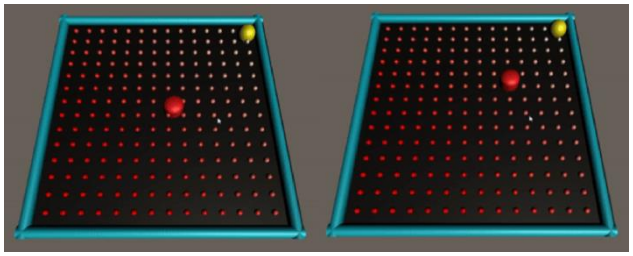
NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragan Ivetić, red. prof.

Kada glavni junak sakupi delić svetlosti on i dalje postoji u igri samo se ne prikazuje igraču. U tom tranutku ažurira se interna vrednost svih delića svetlosti (i sakupljenih i nesakupljenih) u lavirintu na vrednost koja se dobija kao *manhattan* rastojanje (slika 2) između svakog pojedinačnog delića svetlosti i glavnog junaka.



Slika 2. *Manhattan* rastojanje

Manhattan distanca je izabrana zato što prirodno modeluje pravougla kretanja. Lavirint je dizajniran tako da je moguće skretati (praviti rotacije) samo pod uglom od 90˚. Pozicija glavnog junaka u lavirintu se prati očitavanjem internih vrednosti delića svetlosti. Delići svetlosti oko njega će imati manje vrednosti, a oni dalji od njega veće. Duhovima preostaje da teže da minimizuju sumu sakupljenih delića svetlosti. Na slici 3 se mogu videti interne vrednosti delića svetlosti. Oni sa manjim internim vrednostima su predstavljeni svetlijom, a oni sa većom tamnijom crvenom bojom.



Slika 3. Ažurirane vrednosti delića

Duh ima svoje „vidno“ polje koje je nameštено da bude tačno toliko da ne može da vidi preko zida lavirinta. Na taj način je sprečeno da duhovi žele da preskoče zid. Od onih delića svetlosti koje duh vidi bira da se kreće prema onoj sa najmanjom vrednošći i na taj način se kreće prema glavnom junaku.

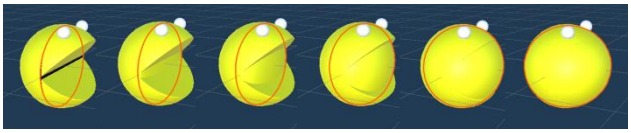
4. ANIMACIJA KARAKTERA

Animacija je iluzija života. Vara publiku ili igrača da poveruje da je nešto živo kada je to samo serija slika koje se brzo kreću [1]. Cilj svakog animatora je da natera gledaoca da veruje da je lik ili predmet stvaran i živ.

Animacija postoji više od jednog veka. Vremenom je postala samo razrađenija i lepša. Veoma uspešni filmovi i TV emisije napravljeni su pomoću animacije. Neki moderni blokbasteri sa živom radnjom koriste animaciju kao način da poboljšaju svoju sposobnost da ispričaju svoju priču. Što je najvažnije, industrija video igara je napredovala zahvaljujući napretku u animaciji. Bez animacije, video igre kakve danas poznajemo ne bi bile moguće. Likovi kao što su Mario i Sonic nikada ne bi nastali da animacija nije ključni deo industrije video igara.

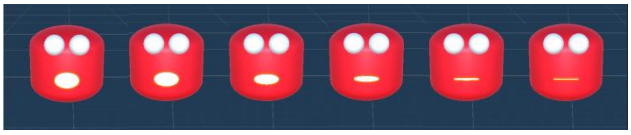
Danas, uz korišćenje softvera za *3D* animaciju, igre mogu stvoriti ogromne i divne priče i osvojiti maštu miliona ljudi. Animacija je učinila mnogo da pomogne napredovanju oblasti razvoja igara. Sada je jedno od najboljih polja, za koje se animator može opredeliti, dizajn video igara. Dva medija, igra i animacija, povezani su zajedno i pomažu jedni drugima da guraju jedan drugog u novim i uzbudljivim pravcima.

Međutim, animacija ne mora da bude složena i kompleksna da bi privukla pažnju publike. Igra „Zemlja duhova“ sadrži animaciju dva karaktera – glavnog heroja i anti-heroja. Animacija glavnog heroj pruža utisak da karakter konstantno govori. Na taj način je karakter dodatno povezan sa pričom koja prati video igru, jer je glavni junak, u priči, komunikativan i društven. Animacija se odnosi na jednu sveru koja je u početku pljosnati krug. Taj krug je na početku animacije sakriven u samom telu glavnog junaka. Kroz vreme pljusnatoj sveri se povećava širina do trenutka kada se ne izjednači sa veličinom tela glavnog junaka. Od tog trenutka svera pravi tranziciju nazad u krug smanjivanjem svoje širine. Kada se animacija pušta „u krug“ karakter ostvaruje pomenuti utisak pričanja. Animacija glavnog karaktera se može videti na slici 4.



Slika 4. Animacija glavnog karaktera

Kada je reč o anti-herojima u video igri „Zemlja duhova“ - duhovima, oni imaju sličnu aminaciju koja ih, takođe, povezuje sa pričom. Duhovi se kreću kroz lavirint vičući. Taj efekat je postignut tako što se na prednjoj strani duha nalazi pljosnati valjak koji predstavlja njegova usta. Menja se širina tog objekta sve do momenta kada je njegova širina jednaka nuli. U tom valjku je sakriven kvadar, iste visine kao i valjak, koji u jednom trenutku postane vidljiv, usled nestanka valjka (kada je širina valjka jednaka nuli). Kvadar onda predstavlja zatvorena usta. Kada se animaciju pusti „u krug“ i ubrza na izled deluje kao da duh konstantno otvara i zatvara usta. Kružni oblik usta često se u izradi animiranih likova koristi kada je potrebno da se postigne efekat vike. Animacija negativnog karaktera se može videti na slici 5.



Slika 5. Animacija negativnog karaktera

5. *GAME ENGINE* I PERFORMANSE

Za razvoj igre „Zemlja duhova“ korišćeno je *Unty* razvojno okruženje (engl. *Unity game engine*). On pruža podršku za detaljna *3D* okruženja, dinamičke senke u realnom vremenu, usmerena svetla i reflektore, video reprodukciju, upravljanje zvukom i druge karakteristike. Omogućava laku izgradnju scena i opisivanje ponašanja svih elemenata uz pomoć *C#* skripti. Pored navedenih mogućnosti postoji i interfejs za kreiranje animacija koji je korišćen za animiranje karaktera u video igri „Zemlja duhova“. Stručnjaci iz oblasti razvoja video igara se

najčešće opredeljuju za *Unity* zato što se uz pomoć njega mogu praviti cross-platform video igre – moguće je izgenerisati izvršna dokumenta koja se mogu pokrenuti na različitim operativnim sistemima.
Zbog načina na koji je igra rađena resursi računara na kome se igra igra su pošteđeni. Karakteri su maksimalno uprošćeni i animacije nisu kompleksne – sve se svodi na jednostavnu manipulaciju prostih objekata. Za očekivati je da je potrebno više resursa kako nivoi odmiču zbog povećanja kompleksnosti igre, ali to nije slučaj. Komplikacije su uspešno prikazane matematičkim jednačinama što je rezultovalo rasterećenjem komponenti računara. Cela igra je svedena na konstantno obavljanje relativno jednostavnih matematičkih operacija.

6. PRVI UTISCI

Igrač prvi put dolazi u dodir sa video igrom. Osmišlja se šta je to što želimo da igrač prvo vidi kada dođe u dodir sa našom igrom. Potrebno je da to ostavi dovoljno jak utisak na njega da poželi da vidi šta je sledeći korak. Loš prvi utisak može biti veoma teško prevazići, pa je svesno rukovođenje svakog prvog susreta važno. Socijalni psihilozi su posvetili mnogo studija na temu formiranja prvog utiska i kako to funkcioniše među ljudskim bićima.

Potrebno je obratiti pažnju na nekoliko ključnih stvari: atrakcija, stereotipovi, efekat „dečijeg lica“ [2]. Takođe, potrebno je obratiti pažnju i na nekoliko praktičnih osobina: druželjubivost, dominacija i personaliti. Ove ključne tačke prate i određena pravila.

Potrebno je što više karaktera napraviti atraktivnim. U većini igara karakteri, čak i negativci imaju atraktivne karakteristike. To kod ljudi izaziva pozitivna osećanja tokom igranja igre. Nije poželjno mnogo naružiti negativce zato što to odbija igraće. Potrebno je motivisati što pozitivnija osećanja u svakom aspektu.

Stereotipovi su odličan način da se iskoriste stvari koje igrač već zna, sugerišući kako reagovati na lik. Zato su u video igri „Zemlja duhova“ izabrani duhovi kao negativci iz razloga što je opšte prihvaćeno da su duhovi nešto negativno i zastrašujuće.

Efekat „dečijeg lica“ je u nekoj meri primenjen na glavnog junaka koji ima loptasti oblik. Na taj način se dodatno ističu njegove blage i pozitivne osobine.

Dakle, kreator video igre treba imati na umu psihologiju prvog utiska i da izanalizira zašto likovi kod konkurenata privlače ili ne privlače pažnju igrača. Pri analizi svakako treba imati na umu navedene osobine.

7. PSIHOLOŠKI PRINCIPI

Ljudska bića automatski i instinktivno primenjuju interpretativne strategije u trenutku kada se susretnu sa drugom osobom. Igrači rade isto sa likovima u igri. Poznavanje kako i zašto društvena površina funkcioniše pomaže dizajnerima da naprave pravi izbor za fizički izglede lika kao i njegovo rano ponašanje u igri.

Ovo poglavlje opisuje neke moćne društvene predrasude koje mogu uticati na prvi utisak igrača o likovima. Površinski efekti o kojima se govori u ovom poglavlju uključuju: atraktivnost, efekat „dečijeg lica“ i stereotipove, sa ilustracijama njihove upotrebe u video igri „Zemlja duhova“.

7.1. Reagovanje na društvenu površinu

Izgled duboko utiče na to kako će osobu doživljavati i tretirati druge osobe. Ova, ponekad neprijatna, istina je tema bezbrojnih dela [3, 4, 5]. Ljudi ne mogu, a da ne reaguju na osnovu socijalne površine druge osobe. To ponašenje je predvidljivo i iznenađujuće tačno, čak i kada se čovek suoči sa kontradiktornim informacijama koje proizilaze iz tekućih interakcija. Izreka „lepota je u očima posmatrača“ ne bi postojala da ljudi ne misle da je ta pristrasnost subjektivna.

7.2. Atraktivnost

Čini se da pogled na bilo koji holivudski filmski poster naglašava moć privlačnosti - čak i kada je tema surova ili svakodnevna životna situacija. Članovi glumačke ekipe su izuzetno atraktivni. Studije su pokazale da se mnogi kvaliteti pripisuju ljudima sa privlačnim osobinama—to se naziva oreol efekat [6]. Ovakvu osoba se smatra toplijom, ljubaznijom, jačom, osetljivijom, otvorenijom, društveno ubedljivijom i dominantnijom, pa čak i pametnijom od drugih. Čak je i slučaj da privlačni ljudi dobiju blaže kazne na sudu. Takođe, oni mogu dobiti prednost u odlukama o zapošljavanju. Ovi efekti se ne javljaju samo kod supermodela ili filmskih zvezda, već i kod običnih ljudi sa „privlačnim” karakteristikama.

7.3. Efekat dečijeg lica

Ako neko ima klasične karakteristike dečijeg lica: velike oči i zenice, malu bradu, visoke obrve i čelo, mali nos, pune usne i obraze, ljudi će pretpostaviti da je ta osoba toplija i od poverenja, ali takođe mogu biti manje nezavisne, manje odgovorne i povodljivije (lakše se mogu manipulisati). Psiholozi to nazivaju preteranom generalizacijom – pripisivanje osobina deteta odraslima sa dečjim osobinama lica [7]. Pokazalo se da pristrasnost dečijeg lica utiče na procene ljudi od detinjstva do starosti. Efekat “dečijeg lica“ prevazilazi kulturološke, pa čak i linije vrsta — ljudi smatraju bebe životinje isto tako slatke i nežne kao i bebe ljudi. Zašto je to tako? Kao i kod privlačnosti, neki istraživači smatraju da su u igri moćne evolucione sile — veoma je važno negovati bebe, tako da su se ljudi prilagodili da imaju moćne i trenutne reakcije na osobine bebe koje ih podstiču da brinu o bebama i da spreče bilo kakvu agresiju prema bebi. U svakom slučaju, postoji dokumentacija u različitim kulturama koja pokazuje da osobe dečijeg lica izazivaju više negovanja i poverenja i lakše se oslobađaju odgovornosti [8]. Ovo se proteže čak i na odobravanje blažih kazni ljudima sa dečijim licem u krivičnim presudama [9].

7.4. Stereotipovi

Ljudi u velikoj meri donose odluke na osnovu stereotipovoa — šema ili prototipova u njihovom sećanju koji povezuje obrazac znakova sa tipičnim skupom kvaliteta u osobi [7]. Ovi znaci mogu uključivati oblačenje, građu, držanje, doterivanje, godine, pol, rasu, stil govora i kretanja, kao i društvo u kojem se osoba vidi. Stereotipi su osetljiva tema i sa dobrim razlogom. Oni su moćna društvena oruđa koja vode nesvesne odluke koje mogu da podrže nepravednu situaciju. Jednom kada se stereotip „ugradi“ u nečiji um, osoba ima tendenciju da traži i ,uglavnom, vidi kvalitete u osobama koje podržavaju taj stereotip, zanemarujući kvalitete koji se ne

uklapaju. Ovo se dešava u podsvesti. U istraživačkim okruženjima primećeno je, na primer, da neki ljudi koji kažu da nisu uopšte rasisti (i ne misle o sebi kao rasistima na svesnom nivou) ipak mogu imati rasno pristrasne, stereotipno vođene, nesvesne reakcije [2]. Uprkos svojim nedostacima, stereotipovi služe važnoj svrsi — pomažu ljudima da bže procene, tako da ne moraju da procenjuju svaku osobu potpuno „od nule“.

Nesvesni proces poređenja onoga što se vidi sa prototipovima koji su već u umu, a zatim korišćenjem skica da bi se napravile pretpostavke o toj osobi, štedi vreme i trud. Ovo je važno, imajući u vidu kratak vremenski period koji je obično dostupan kada upoznajete neku novu osobu. Stereotipovi takođe pomažu da svakodnevni društveni susreti budu udobnije predvidljivi. Ako mi i drugi usvojimo dati stereotipni kod u našem odevanju i ponašanju, možemo biti prilično sigurni da ćemo biti „pročitani“ onako kako smo planirali.

Dizajneri likova za igre se u velikoj meri oslanjaju na stereotipove, što je činjenica koja je izazivala kritike [1]. Ipak, u okruženju igre sa brzim tempom, igraču može biti od pomoći da se oslanja na stereotipove kako bi procenio namere i verovatne radnje lika. Na primer, beskrajne gomile neprijatelja u mnogim igrama funkcionišu jer kapitalizuju ljudsku tendenciju da dodeljuju zajedničke osobine onima koji pokazuju slične znakove. Neke igre koriste stereotipove, dok ostaju sveže za igrače, uvozom malo verovatnih tipova u okruženje za igre. Dodeljivanjem komične vrednost i privlačnost koristeći kulturološki stereotip je takođe odličan trik. Dobri dizajneri grade likove za pamćenje uzimajući dobro istrošene stereotipove i stvarajući likove koji imaju nekoliko osobina koje se protive tipu.

8. ZAKLJUČAK

Zemlja duhova je naslov koji izlazi na već pripremljeno tržište, sa zanimljivom pričom i bez ograničenja u godinama, polu ili regiji. Predviđeno je da u ovoj igri jednako uživaju i stare i nove generacije. Dostojan naslednik legendarne arkadne igre Pac-Man, svetskog klasika koji i dan danas pronalazi načine da dođe do svoje publike.

Priča koja prati „Zemlju duhova“ napravljena je tako da se u samu video igru može ugraditi beskonačno mnogo nivoa. Algoritamska potpora i arhitektura igre predviđaju jednostavno, brzo i lako proširenje. Može se i uporedo sa igrom razvijati i alat koji bi dozvolio korisnicima da sami dizajniraju svoje nivoe. Takođe, igra može postati i takmičarskog karaktera kada bi se u nju ubacilo merenje vremena. Tada bi se igrači mogli takmičiti između sebe, ko će najbrže preći pojedinačne ili sve nivoe zajedno.

U ovom radu prezentovan je jedan od pristupa osmišljavanju, dizajniranju i animiranju karaktera. Prikazani su neki od trikova za pravljenje protivnika koji misle „svojom glavom“, odnosno koji se automatski prilagođavaju zadatim situacijama. Dati su primeri elementa koje jedna igra treba da poseduje kako bi potencijalno, kao celina, ostvarila uspeh na tržištu video igara.

Možda najveći izazov projekta „Zemlja duhova“ je bio da se svi elementi dovoljno apstrahuju kako bi razvoj nivoa bio lak i brz. Drugi izazov je bio da se pronađe način da duhovi samostalno idu u poteru za glavnim junakom. Uzimajući u obzir da su ova dva izazova uspešno rešena može se zaključiti da je projekat kao takav uspešno završen.

9. LITERATURA

[1] McCabe, Patrick. *Create Computer Games: Design and Build Your Own Game*. John Wiley & Sons, 2017.

[2] Ibister, K. "Better Game Characters by Design." (2006).

[3] Burgoon, Judee K., et al. "Relational messages associated with nonverbal behaviors." *Human communication research* 10.3 (1984): 351-378.

[4] Lindzey, Gardner Ed, and Elliot Ed Aronson. "The handbook of social psychology." (1968).

[5] Isbister, Katherine, and Clifford Nass. "Consistency of personality in interactive characters: verbal cues, non-verbal cues, and user characteristics." *International journal of human-computer studies* 53.2 (2000): 251-267.

[6] Leuthesser, Lance, Chiranjeev S. Kohli, and Katrin R. Harich. "Brand equity: the halo effect measure." *European journal of marketing* (1995).

[7] Zebrowitz, Leslie A., and Joann M. Montepare. "Social psychological face perception: Why appearance matters." *Social and personality psychology compass* 2.3 (2008): 1497-1517.

[8] Zebrowitz, Leslie A., and Robert G. Franklin Jr. "The attractiveness halo effect and the babyface stereotype in older and younger adults: Similarities, own-age accentuation, and older adult positivity effects." *Experimental aging research* 40.3 (2014): 375-393.

[9] Chin, Jennifer A. "Baby-Face Killers: A Cry for Uniform Treatment for Youths Who Murder, From Trial to Sentencing." *JL & Pol'y* 8 (1999): 287.

Kratka biografija:



Filip Mladenović rođen je u Smederevu 1997. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Softversko iženjerstvo i informacione tehnologije odbranio je 2022. god.
kontakt: fmladenovic.dev@gmail.com

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK : 621.38:620.9
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE51Farkas

POREĐENJE BESPLATNIH ALATA ZA VIZUELIZACIJU JAVNIH BLOKČEJN MREŽA

COMPARISON OF FREE TOOLS FOR VISUALIZATION OF PUBLIC BLOCKCHAINS

Kristian Farkaš, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – *Ovaj rad predstavlja poređenje, kao i opis besplatnih alata za vizuelizaciju javnih blokčejn mreža. Cilj ovog istraživanja jeste efikasno poređenje nađenih alata, kategorizacija istih, predstavljanje načina i tehnika vizuelizacije javnih blokčejn mreža, ukazivanje na nedostatke i vrline datih alata, kao i utvrđivanje pogodnosti alata za korišćenje. Rad obuhvata i kratak opis blokčejna, pregled stanja u oblasti, kao i tabelarno poređenje datih alata za vizuelizaciju.*

Ključne reči: *blokčejn tehnologija, alati za vizuelizaciju, javne blokčejn mreže*

Abstract – *This paper presents a comparison, as well as a descripton of free tools for visualization of public blockchains. The goal of this research is to effectively compare the found tools, to categorize them, to present public blockchain network visualization techniques, to explore the advantages and disadvantages of the given tools, as well as to determine how suitable each tool is for use. This paper includes a short description of blockchain, an overview of the current state of the field, as well as a tabular comparison of the given visualization tools.*

Keywords: *blockchain technology, visualization, visualization tools, public blockchain networks*

1. UVOD

Blokčejn je revolucionarna tehnologija koja može pomoći u rešavanju različitih vrsta problema kao što su transparentnost, poverenje, sigurnost i pouzdanost obrade podataka [1]. Svedoci smo stalnog rasta interesovanja za blokčejnom, pogotovo poslednjih nekoliko godina, koji je vođen uspehom kriptovaluta.

Kako je sve veća zainteresovanost za blokčejnom tako je i porasla potreba za vizuelizacijom istog. Alati za vizuelizaciju korisnicima omogućavaju da blokčejn postane čitljiviji i samim tim još razumljiviji [2]. Ovi alati koristeći razne tehnike vizuelizacije prikazuju blokčejn mreže na različite načine.

U ovom radu su predstavljeni i upoređeni najinteresantniji i najbolji besplatni alati za vizuelizaciju javnih blokčejn mreža. U drugom poglavlju dat je kratak opis blokčejna. Pregled stanja u oblasti se nalaze u trećom poglavlju. Poređenje i opis nađenih alata za vizuelizaciju dato je u četvrtom poglavlju. U petom poglavlju se nalazi tabelarno poređenje alata, a zaključak rada je u šestom poglavlju.

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragan Dinu, vanr. prof.

2. BLOKČEJN

Jedna od definicija blokčejna jeste da je blokčejn decentralizovana beleška (eng. ledger) koju dele svi učesnici mreže. Zbog svoje prirode, modifikovanje postojeće beleške matematički nije moguće što se postiže upotrebom kriptografskih algoritama [3]. Transakcija je najgranularniji nivo blokčejna. Korisnici blokčejna kreiraju transakcije koje će zatim biti dodate u blokčejn mrežu. Svaka nova transakcija se emituje na mrežu radi verifikacije i revizije. Zapisi transakcija se čuvaju u bloku. Svaki blok ukazuje na prethodni preko reference koja je heš vrednost prethodnog bloka. Svi korisnici poseduju par privatnog i javnog ključa. Privatni ključ se koristi za potpisivanje transakcije. Digitalno potpisane transakcije se šire po celoj mreži, a zatim im se pristupa putem javnog ključa koji je svima javno vidljiv [4]. Čvorovi blokčejn mreže su elektronski uređaji koji održavaju i distribuiraju kopiju beleške u blokčejn mreži. Specifični čvorovi u blokčejn mreži tj. rudari validiraju blok sa njegovim transakcijama. Koji će to čvor biti zavisi od tipa konsenzusa usvojenog od strane blokčejn mreže. Blokčejn sistemi se kategorišu u tri tipa koji su redom: javni, konzorcijum i privatni blokčejn.

3. PREGLED STANJA U OBLASTI

Vizuelizacija blokčejn mreže je sve popularnija, samim tim postaje sve aktuelinija tema za istraživanje. Na žalost, ne postoji puno radova koji se bave poređenjem alata za vizuelizaciju blokčejn mreža, uglavnom daju pregled i kratak opis alata, kao i kategorizaciju istih.

Rad [5] se bavi pregledom i kategorizacijom alata za vizuelizaciju blokčejn mreža. Autori ovog rada su našli mnogo kako besplatno dostupnih tako i javno nedostupnih alata. Alati za vizuelizaciju blokčejn mreža su klasifikovani u pet kategorija koji redom zavise od: (1) ciljne blokčejn mreže, (2) blokčejn podataka, (3) ciljne grupe, (4) domena zadatka i (5) tipa vizuelizacije.

Autori rada [6] navode da oblasti od značaja zbog čega se koriste i razvijaju različiti alati za vizuelizaciju blokčejn mreža jesu oblast ekonomije i finansija, praćenje transakcija, deanonimizacija korisnika, sajber kriminal i primena zakona. Ovaj rad se ne bavi toliko poređenjem alata za vizuelizaciju blokčejn mreža koliko trenutnim stanjem istih. Između ostalog daje pregled i kratak opis nekih alata za vizuelizaciju blokčejn mreža od kojih su neki i javno dostupni. Na osnovu istraživanja alate su kategorizovali u šest kategorija (na osnovu predmeta analize) koji su redom: analiza odnosa, metapodataka, protoka novca, ponašanja korisnika, naknada transakcija (eng. transaction fee) i tržišta i novčanika (eng. wallet).

U radu [7] se pre svega bave vizuelnom analitikom, a u fokusu rada je Bitcoin blokčejn mreža. Autori u ovom

radu su orijentisani na vizuelno analitičke zadatke i na osnovu toga su identifikovali devet glavnih zadataka. Takođe, u ovom radu postoji veoma kratak pregled i opis nekih od alata za vizuelizaciju blokčejn mreža.
Rad [8] daje pregled osam alata za vizuelizaciju blokčejn mreža. Svaki od alata je kratko opisan, a na kraju rada se nalazi tabelarni pregled istih gde su autori naveli pristup, način vizuelizacije kao i neke tehničke informacije.

4. POREĐENJE ALATA ZA VIZUELIZACIJU

Tokom istraživanja besplatnih alata za vizuelizaciju javnih blokčejn mreža nađeno je dosta alata od kojih će biti reči o dvadeset šest najinteresantnijih i najboljih alata. Ovi alati su različiti, vizuelizuju različite blokčejn mreže i mogu da se grupišu na osnovu toga da li vizuelizuju više blokčejn mreža ili samo jednu, da li je u fokusu vizuelizacija čvorova ili pak memorijskog bazena, da li alat vizuelizuje blokčejn mrežu u 3D, ili pak služi uglavnom u zabavne svrhe. S obzirom da su uzeti u obzir javne blokčejn mreže, ovi alati koji će biti predstavljeni i upoređeni vizuelizuju blokčejn mreže različitih kriptovaluta.

4.1. Alati za vizuelizaciju više blokčejn mreža

Prvo će biti predstavljeno i upoređeno pet alata koji vizuelizuju više blokčejn mreža. Kod ovih alata podržana je promena blokčejn mreže u bilo kom trenutku korišćenja i daju širok pregled komponenata blokčejn mreža.
Jedan od najpopularnijih i najčešće korišćenih alata za vizuelizaciju Bitcoin i Ethereum blokčejn mreža je *Blockchain.com*. Podržan je pregled osnovnih informacija i drugih blokčejn mreža (kriptovaluta). Ovaj alat je odličan za vizuelizaciju i istraživanje raznih blokčejn mreža. Jedan je od najboljih alata u svojoj kategoriji zbog raznih grafikona, edukativnog odeljka, mogućnosti upotrebe više jezika i lakog snalaženja prilikom korišćenja.
TradeBlock je takođe alat za vizuelizaciju i istraživanje raznih blokčejn mreža, a daje detaljan pregled Bitcoin i Ethereum kriptovaluta. Ovaj alat pruža jedan zaista lep i sveobuhvatan pregled blokčejn mreže koji može da stane rame uz rame sa ostalima alatima ove kategorije, pa čak i da ih nadmaši zbog nekih dobrih grafikonskih prikaza.
Još jedan alat ove kategorije je i *Bitaps* koji vizuelizuje Bitcoin, Ethereum i Litecoin blokčejn mreže. Omogućava istraživanje događaja, statističkih podataka, blokova, transakcija i adresa mreže kriptovaluta. Ovaj alat korisniku pruža zaista detaljan i lep pregled blokčejn mreže. Bitaps je jedan od boljih alata u ovoj kategoriji.
Još jedan u nizu alata ove kategorije je *BitInfoCharts*. Ovaj alat prikazuje zaista mnogo informacija, ali se korisnik može lako izgubiti u koišćenju zbog natrpanosti informacijama. Pored toga, njegov interfejs je jako monoton, a upravo loš dizajn i mnoštvo informacija može otežati snalaženje. U ovoj kategoriji postoji mnogo boljih alata bar kad je sam interfejs i njegov dizajn u pitanju.
Najinteresantniji i ubedljivo najupečatljivi alat ove kategorije je *TxStreet*, koji služi za vizuelizaciju transakcija i blokova raznih blokčejn mreža (kriptovaluta). TxStreet ima zaista jedinstvenu animaciju blokčejn mreže, koji istovremeno pruža i zabavu i informisanje.

4.2. Alati za detaljan prikaz jedne javne blokčejn mreže

Pored ovih, ipak, većina alata vizuelizuje samo jednu blokčejn mrežu.
U nastavku će biti reči o pet alata koji detaljno vizuelizuju jednu javnu blokčejn mrežu.
Jedan od boljih alata ove katogorije jeste *OXT* koji vizuelizuje Bitcoin blokčejn mrežu. Ovaj alat daje jedan zaista širok pregled Bitcoin blokčejn mreže, pre svega blokova, transakcija i adresa. OXT je jedan od najboljih alata u ovoj kategoriji. Prednost OXT alata je i u tome što raspolaže sa puno grafikona, grafom transakcija i 3D dijagramom.
Crystal Explorer je takođe alat koji omogućuje istraživanje Bitcoin blokčejn mreže radi vizuelizacije transakcija, interakcija adresa, provere adresa i njenih vlasnika kao i nivoa rizika. Ovaj alat ima veoma intuitivan interfejs za istraživanje podataka iz više uglova u zavisnosti od toga kakvi podaci korisnika zanimaju i na taj način mogu dobiti jasniju sliku i razumevanje informacija od interesa o blokčejnu. Crystal Explorer je jedan od najboljih alata ove kategorije sa nizom prednosti koje nudi korisnicima i sa visokim nivoom transparentnosti Bitcoin blokčejn mreže.
ADATools je još jedan alat za vizuelizaciju javne blokčejn mreže. Ovaj alat daje dosta lep i detaljan pregled Cardano blokčejn mreže. ADATools je i edukativnog karaktera (što mu daje prednost), postoji opis komponenata i način funkcionisanja Cardano mreže (a i blokčejna generalno), zbog čega može biti veoma koristan za nove korisnike.
Naredni alat u ovoj kategoriji jeste *Solana Beach* koji služi za vizuelizaciju Solana blokčejn mreže u realnom vremenu. Prednost ovog alata je u lepom interfejsu i lakoj navigaciji. Solana Beach između ostalog pruža detaljan pregled validatora, međutim postoje i bolji alati za vizuelizaciju od njega. Još jedan u nizu sličnih alata za vizuelizaciju ove kategorije jeste *Avascan* koji služi za vizuelizaciju Avalanche blokčejn mreže. Avascan je dosta dobar u svojoj kategoriji, jer pruža sveobuhvatnu vizuelizaciju cele blokčejn mreže.

4.3. Alati za vizuelizaciju javnih blokčejn mreža sa fokusom na vizuelizaciji memorijskog bazena mreže

Tokom istraživanja nađena su tri interesantna alata u čijem fokusu je vizuelizacija memorijskog bazena javne blokčejn mreže, koji imaju zanimljivu animaciju istog.
Ethviewer je alat za vizuelizaciju Ethereum blokčejn mreže. Prikazuje najnovije blokove blokčejn mreže kao i trenutni bazen transakcija. Način vizuelizacije blokova i transakcija je zaista lep i jedinstven u ovoj kategoriji.
Drugi alat u čijem fokusu je vizuelizacija memorijskog bazena je *Bitfeed* koji korisniku omogućava prikaz transakcija i blokova kao i memorijskog bazena Bitcoin blokčejn mreže. Bitfeed ima zanimljivu animaciju transakcija i blokova što zaista može naterati korisnika na ponovno korišćenje.
Treći alat ove kategorije jeste *Mempool.space* koji korisnicima omogućava istraživanje stanja memorijskog bazena i njegovih transakcija na čekanju. Ima interesantnu animaciju blokova i transakcija. Ono što mu daje prednost u odnosu na prethodna dva alata ove kategorije jeste detaljan pregled i lepa vizuelizacija cele blokčejn mreže.

4.4. Alati za vizuelizaciju javnih blokčejn mreža sa fokusom na vizuelizaciji čvorova mreže

Pored prethodno navedenih alata, tokom istraživanja su nađena i dva interesantna alata koji vizuelizuju čvorove blokčejn mreže na veoma lep i elegantan način.

BitNodes je alat za vizuelizaciju Bitcoin čvorova koji procenjuje relativnu veličinu Bitcoin P2P mreže pronalaženjem svih njenih dostupnih čvorova. Ovaj alat prikazuje geografsku distribuciju broja aktivnih Bitcoin čvorova na mapi tačaka. Daje lepu vizuelizaciju i široku informisanost Bitcoin blokčejn čvorova, sa još dodatnim grafikonima, statiskičkim podacima i 3D modelom.
Sličan alat za prikaz čvorova mreže je i *ethernodes.org* koji služi za istraživanje Ethereum blokčejn čvorova. Ovaj alat prikazuje mapu sveta prikazujući koncentraciju Ethereum blokčejn čvorova u različitim zemljama širom sveta. Ethernodes.org ne pruža tako puno informacija od značaja, te je BitNodes mnogo bolji alat u ovoj kategoriji.

4.5. 3D alati za vizuelizaciju javnih blokčejn mreža

Nađeni su i alati koji vizuelizuju javne blokčejn mreže u 3D. Njihova animacija je izvanredna, postoje različita rešenja, razne ideje o vizuelizaciji blokčejn mreže, na način da istovremeno informišu i zabavljaju korisnika.
Jedan od najboljih ali svakako najinteresantniji alat u ovoj kategoriji je *Symphony of Blockchains* koji vizuelizuje Bitcoin blokčejn mrežu u 3D. Ovaj alat ima neverovatnu 3D vizuelizaciju blokčejn mreže, sa očaravajućim interfejsom i animacijom u kojoj korisnik može da se izgubi uživajući i leteći kroz blokčejn mrežu.
Jedini alat koji transakcije Bitcoin blokčejn mreže vizuelizuje u obliku 3D grafa je *Blockchain 3D Explorer*. Ovaj alat drži korisnikovu pažnju prateći transakcije koje lebde u vazduhu, ali sa druge strane nema puno konkretnih informacija. Takođe, alat prikazuje samo transakcije i adrese, a druge komponente blokčejn mreže ne. Iz tog razloga ovaj alat je odličan u zabavno informativne svrhe i za prikaz i razumevanje veza između transakcija i adresa.
Još jedan alat koji na svoj jedinstven, nesvakidašnji način vizuelizuje blokčejn mrežu u 3D jeste *BitcoinCity* koji služi za vizuelizaciju Bitcoin transakcija. Ovaj alat je veoma interesantan i unikatan u ovoj kategoriji ali i u vizuelizaciji javnih blokčejn mreža generalno zbog svoje zanimljive 3D animacije koja može vrlo lako privući korisnikovu pažnju.
Još jedan alat u ovoj kategoriji je i *BitBonkers* koji služi za vizuelizaciju Bitcoin transakcija i blokova. U ovom alatu transakcije su predstavljene kuglicama različitih boja i veličina koje padaju sa neba na podlogu. Ovaj alat drži korisnikovu pažnju zbog veoma interesantne 3D animacije.
Realtime Bitcoin Globe je još jedan 3D alat za vizuelizaciju Bitcoin blokčejn transakcija i novominiranih blokova. Ovaj alat nudi jedinstven prikaz blokčejn mreže koristeći 3D animaciju globusa u neprestanom kretanju. Sa druge strane, ne prikazuje korisniku mnogo informacija o blokčejn mreži, pa ovaj alat služi više u zabavno informativne svrhe. Postoje i drugi 3D alati za vizuelizaciju u ovoj kategoriji koji pružaju više informacija.
Poslednji 3D alat za vizuelizaciju javne blokčejn mreže (u ovoj kategoriji) o kojem će biti reči u ovom radu jeste *Bitcoin-VR*. Ovaj alat vizuelizuje Bitcoin blokčejn transakcije u vidu 3D balona i cepelina koji lebde u vazduhu u vidokrugu od 360 stepeni. Ovaj alat služi uglavnom u zabavne svrhe jer osim heša i iznosa transakcije nema nikakvih dodatnih informacija o blokčejn mreži, zbog čega je jedan od lošijih alata ove kategorije.

4.6. Alati za vizuelizaciju javnih blokčejn mreža u zabavne svrhe

Pored svih prethodno navedenih alata u ovom radu, tokom istraživanja su nađeni i alati koji nisu toliko informativne (niti 3D) koliko zabavne prirode. Naime, ovi alati imaju lepu, dobru i interesantnu animaciju blokčejn mreža. Neki od njih detaljnije, neki samo na zabavan način vizuelizuju blokčejn mreže. Alati ove kategorije uglavnom služe da privuku pažnju korisnika i da ih zaintrigiraju zanimljivom animacijom kao i da ih ubede za učešće u javnim blokčejn mrežama. Ovi alati se ne koriste u informativne svrhe već samo radi zabave, ali neki od njih mogu pružiti bolje razumevanje blokčejn mreže. Jedan od takvih alata jeste *DailyBlockchain* koji korisnicima nudi prikaz neverifikovanih Bitcoin transakcija. DailyBlockhain može biti interesantan za novije korisnike zbog lepe i edukativne animacije blokčejn mreže. Ovaj alat ima dosta jednostavan interfejs koji je lak za korišćenje.
BitForce5 je sličan prethodnom alatu i služi za vizuelizaciju povezane Bitcoin transakcije, adrese i blokova. Jedna od mana ovog alata je ta što korisnik nema mogućnost pregleda prethodnih transakcija i blokova, niti zaustavljanje animacije što je bio slučaj u prethodnom alatu. Takođe, bilo bi poželjno i dobro korišćenje više boja radi lakše i bolje preglednosti što je inače prednost kod prethodno navedenog alata (DailyBlockchain).
Bitcoin Monitor je još jedan u nizu alata ove kategorije i služi za vizuelizaciju transakcija i blokova Bitcoin blokčejn mreže. Ovaj alat ima dosta jednostavan interfejs sa minimalističkom vizuelizacijom. Ne pruža mnogo informacija od značaja za blokčejn mrežu. Jedan je od lošijih alata u ovoj kategoriji.
Još jedan alat za vizuelizaciju javne blokčejn mreže je *BitListen* koji prikazuje Bitcoin blokčejn transakcije u obliku lebdećih mehurića sa zvučnim efektom. Ovaj alat može biti interesantan novim korisnicima, s obzirom da nema puno informacija od značaja za blokčejn mreže.
Poslednji alat za vizuelizaciju javnih blokčejn mreža u ovoj kategoriji (kao i u ovom radu) je *Bitcoin Rain* koji vizuelizuje novonastale Bitcoin transakcije i blokove. Ovaj alat vizuelizuje transakcije u obliku kapljice kiše u boji i različitih veličina koje padaju sa neba. Bitcoin Rain je elegantan zbog svoje jednostavnosti, lepe vizuelizacije i čistog prikaza informacija.

5. TABELARNO POREĐENJE ALATA

Ovaj vid poređenja daje još lepšu i jasniju sliku alata, a samim tim je moguće na lakši način uporediti ove alate na jednom mestu. Dodatno, iz tabele se vidi koje su vrline, a koji su nedostaci ovih alata, koje mogućnosti pružaju i kakve funkcionalnosti pokrivaju. U tabeli 1. se nalazi dvanaest parametara poređenja. Tabelarno poređenje je pre svega jako pregledno, lako za tumačenje i daje sumirajući pregled nađenih alata za vizuelizaciju javnih blokčejn mreža. Pomoću ove tabele i uzimajući u obzir saznanja iz prethodnog dela ovog rada, lakše se dolazi do zaključaka kada je reč o poređenju navedenih alata.
Može se zaključiti da je iz kategorije alata koji vizuelizuju više blokčejn mreža najbolji se pokazao Blockchain.com, odnosno sveukupno gledano Bitaps. Kada je reč o kategoriji alata koji detaljno vizuelizuju jednu blokčejn mrežu, najbolji je OXT, ali samo za dlaku zaostaje

	Blockchain.com	TradeBlocks	Bitaps	BitInfoCharts	T-Street	OXT	Crystal Explorer	ADATools	Solana Beach	Avascan	Ethviewer	Bitfeed	Mempool.space	BitNodes	ethernodes.org	Symphony of Bl.	Blockchain 3D Ex.	BitcoinCity	BitBonkers	Realtime Bitcoin G.	Bitcoin-VR	DailyBlockchain	BitForce5	Bitcoin Monitor	BitListen	Bitcoin Rain
Pretraga	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x										
Zumiranje	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x			x
Više blokčejn mreža	x	x	x	x	x																					
3D alat																x	x	x	x	x						
Zabavna vizuelizacija					x											x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fokus na čvorovima														x	x											
Fokus na mem. bazenu											x	x	x													
Fokus na transakciji																	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Detaljan prikaz mreže	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x													
Upotreba grafikona	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x		x	x	x									x		
Upotreba mape sveta			x					x	x					x	x					x						
Upotreba grafa						x	x										x					x	x			

Tabela 1. *Tabelarno poređenje alata za vizuelizaciju javnih blokčejn mreža*

Crystal Explorer koji je takođe jedan fantastičan alat. Kada se govori o kategoriji alata kod kojih je fokus na vizuelizaciji memorijskog bazena mreže, lako se može zaključiti da se Mempool.space pokazao kao vodeći alat svoje kategorije. Ako se upoređuju alati iz kategorije gde je u fokusu vizuelizacije prikaz čvorova mreže, BitNodes se pokazao kao najbolji alat ove kategorije. Sa svojom jedinstvenom i fenomenalnom 3D animacijom u kategoriji 3D alata najbolji je Symphony of Blockchains. Kada je reč o alatima koji su pre svega u zabavne svrhe, pokazalo se da je DailyBlockchain vodeći alat svoje kategorije.

6. ZAKLJUČAK

Zadatak ovog rada je bio da uporedi i opiše nađene alate za vizuelizaciju javnih blokčejn mreža, da ih kategorizuje, da prikaže načine i tehnike vizuelizacije koje su dati alati upotrebili, da uoči nedostake i vrline alata, kao i da utvrdi koliko je koji alat pogodan za korišćenje. Tokom istraživanja i poređenja nađenih alata, došlo se do zaključka da se ovi alati mogu grupisati u šest kategorija.

Pošto nađeni alati vizuelizuju blokčejn mreže raznih kriptovaluta, u daljem razvoju istraživanja bilo bi poželjno naći alate koji vizuelizuju neke druge javne blokčejn mreže i na taj način proširiti poređenje. S obzirom na to da interesovanje za blokčejnom i vizuelizacijom istog stalno raste, očekuje se i porast broja alata za vizuelizaciju, koji će biti sve bolji i kvalitetniji, i koji će biti i konkurenti jedni drugima. Zdrava konkurencija uvek poboljšava kvalitet i donosi nove inovativne načine vizuelizacije. Da bi se privukla korisnikova pažnja, ovi alati će u budućnosti nuditi još lepše animacije, još bolji pregled javnih blokčejn mreža, a poređenje takvih alata može biti još zanimljivije.

LITERATURA

[1] J. Golosova and A. Romanovs, "The Advantages and Disadvantages of the Blockchain Technology," *2018 IEEE 6th Workshop on Advances in Information, Electronic and Electrical Engineering (AIEEE)*, 2018, pp. 1-6, doi: 10.1109/AIEEE.2018.8592253.

[2] H. Kuzuno and C. Karam, "Blockchain explorer: An analytical process and investigation environment for bitcoin," *2017 APWG Symposium on Electronic Crime Research (eCrime)*, 2017, pp. 9-16.

[3] M. Reda, K. Dominique Bernard, T. Fatima and M. Azouazi, "Blockchain in health supply chain management: State of art challenges and opportunities", *Procedia Comput. Sci.*, vol. 175, pp. 706-709, 2020.

[4] Zheng, Z., Xie, S., Dai, H-N., Chen, X. and Wang, H. (2018) 'Blockchain challenges and opportunities: a survey', Int. J. Web and Grid Services, Vol. 14, No. 4, pp.352–375

[5] N. Tovanich, N. Heulot, J. -D. Fekete and P. Isenberg, "Visualization of Blockchain Data: A Systematic Review," in *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 27, no. 7, pp. 3135-3152, 1 July 2021, doi: 10.1109/TVCG.2019.2963018.

[6] A. Balaskas and V. N. L. Franqueira, "Analytical Tools for Blockchain: Review, Taxonomy and Open Challenges," *2018 International Conference on Cyber Security and Protection of Digital Services (Cyber Security)*, 2018, pp. 1-8.

[7] Bistarelli, S., & Santini, F. (2017). Go with the - Bitcoin- Flow, with Visual Analytics. Proceedings of the 12th International Conference on Availability, Reliability and Security.

[8] T. Sundara, I. Gaputra, & S. Aulia "Study on Blockchain Visualization," *JOIV : International Journal on Informatics Visualization*, vol. 1, no. 3, pp. 76-82, Jun. 2017.

Kratka biografija:



Kristian Farkaš rođen je u Novom Sadu 1998. godine. Osnovne akademske studije završio je 2021. godine na Fakultetu tehničkih nauka. Iste godine upisuje master akademske studije na studijskom programu Računarstvo i automatika.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 004.738.1:766
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE52Mosorinski

IMPLEMENTACIJA PROŠIRENJA INTELLIJ RAZVOJNOG OKRUŽENJA ZA PODRŠKU RADA SA ELASTICSEARCH PLATFORMOM

PLUGIN IMPLEMENTATION OF THE INTELLIJ DEVELOPMENT ENVIRONMENT TO SUPPORT WORK WITH THE ELASTICSEARCH PLATFORM

Veljko Mošorinski, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – PRIMENJENE RAČUNARSKE NAUKE I INFORMATIKA

Kratak sadržaj –*U radu je predstavljeno proširenje IntelliJ razvojnog okruženja za podršku rada sa ElasticSearch platformom. Implementirano je rešenje koje pruža grafički korisnički interfejs i komunicira sa ElasticSearch serverom koristeći njegov REST API. U ovom radu se mogu pronaći potrebne tehnologije za sistem poput opisanog, specifikacija, implementacija kao i korisničko uputstvo. Na samom kraju, prodiskutovane su i prednosti i mane, kao i moguća proširenja koja bi donela dodatne benefite korisnicima.*

Ključne reči: *IntelliJ, ElasticSearch, REST API, specifikacija, implementacija.*

Abstract – *This paper describes and presents a plugin for IntelliJ development environment using a Elasticsearch platform. Implemented solution provides a graphical user interface and communicates with ElastcSearch server using his REST API. In this paper are presented needed technology for a system like this, specification, implementation and user manual as well. At the very end, advantages and disadvantages were discussed, as well as possible extensions that would bring additional benefits to users.*

Keywords: *IntelliJ, ElasticSearch, REST API, specification, implementation.*

1. UVOD

Razvitak informacionih tehnologija i sve češća upotreba u različitim sferama života i mnogim strukama koje i nisu srodne pomenutoj, dovodi do stvaranja velikih količina podataka i velikih sistema koji obrađuju te podatke. Efikasnost, egzaktnost, sigurnost su svakako zahtevi koje treba ispuniti. Ograničen broj računarskih resursa i visoke cene istih dovode do razmišljanja kako optimizovati rešenja i dati brze i validne odgovore korisniku u realnom vremenu.

Danas, kada se inženjeri svakodnevno susreću sa robusnim projektima koji sadrže velike količine koda ili bilo kakve tekstualne fajlove sa različitim semantikama, poželjno je olakšati razvitak i održavanje sa različitim vrstama softvera ili delova softvera.

Pretraga fajl sistema, grupacije poruka, logova sistema, delova koda, obrada i odgovori na određene upite su neizostavni deo razvoja. Rešenja prikazano u ovom radu jeste ekstenzija IntelliJ okruženja koja olakšava i ubrzava razvoj aplikacija čiji zahtevi pripadaju skupu prethodno navedenih problema koristeći ElasticSearch platformu.

Elastcsearch je server koji služi za pretragu i analizu podataka. Napisan je u Java programskom jeziku, što omogućava pokretanje na svim platformama. Baziran je na Lucene indeksima i omogućava korisnicima da pretraže veliku količinu podataka vrlo brzo. Može se koristiti i za čuvanje podataka ali je njegova glavna uloga indeksiranje i pretraga podataka u realnom vremenu.

2. SLIČNA REŠENJA

Za sistem poput implementirane ekstenzije je očekivano da će biti jedno od rešenja i da će postojati još mnoštvo sličnih implementacija. Obzirom da je Elasticsearch jedno od najpoznatijih i najkorišćenijih rešenja za pretragu velikih količina podataka, to se nije moglo izbeći. Postoje razne ekstenzije za Intellij IDEA okruženje pomoću kojih se može vršiti komunikacija sa ELK stekom. Ukoliko je reč o drugim ekstenzijama, neke od njih su:

- **Elasticsearch** [1]– omogućava konektovanje sa Elasticsearch i Kibana serverom, pretraživanje i modifikaciju podataka, kao i izvršavanje različitih zahteva ka REST API-u
- **Cap-Elasticsearch-Client** [2]– slično prethodnom, razlikuje ga to što ne može da komunicira sa Kibana serverom i omogućava izvršavanje SQL upita
- **Elasticsearch Query** [3]– omogućava izvršavanje upita i tabelarni prikaz podataka
- **Cap-Elasticsearch** [4]– vrlo sličan Kibana klijentskom delu

Bitna razlika između napomenutih ekstenzija i opisane u ovom radu je to što sve navedene zahtevaju detaljno poznavanje REST API-a Elasticsearch-a, dok to u ELP-u nije slučaj. Većina poziva je apstrahovana i prilagođena bilo kom korisniku, pa čitanje dokumentacije i upoznavanje sa radom nije neophodno. Takođe, postoji mnoštvo funkcionalnosti koje predstavljaju obradu podataka na klijentskoj strani koje server pruža.

Ukoliko je reč o rešenjima koja nisu u direktnoj vezi sa Intellij okruženjem, najbitnije je spomenuti Luke. Ova aplikacija većinski obuhvata funkcionalnosti ekstenzije.

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragan Ivanović, red. prof.

Kao i ELP ekstenzija, Luke sadrži funkcionalnosti:

- Prikaz metapodataka indeksa
- Manipulisanje dokumentima
- Razni tipovi pretrage
- Analiza teksta

3. OPIS KORIŠĆENIH TEHNOLOGIJA

Za dostignuće krajnjeg cilja bilo je neophodno koristiti više različitih tehnologija. Pre svega, kod je napisan u *Java* programskom jeziku, verzije 18 sa Swing, AWT i Java Http Client paketima i bibliotekama, koristeći *IntelliJ Platform Plugin SDK* koji pruža sve neophodne biblioteke za razvoj ekstenzija *IntelliJ IDEA* okruženja. Analiza podataka i podrška svih funkcionalnosti ove ekstenzije se vrši pomoću *Elasticsearch* pretraživača koji je zasnovan na *Lucene* biblioteci [7].

3.1 Java

Java programski [5] jezik je objektno orijentisani jezik visokog nivoa sa širokom primenom. Razvijen je početkom 1990-ih od strane Sun Microsystems kompanije. Ono što Javu čini specifičnom jeste nezavisnost od hardvera i olakšano upravljanje memorijom u odnosu na C-ovske jezike. Pretpostavlja se da je upravo to dovelo do razvoja jezika sa totalno dugačijim principom – želelo se nešto drugačije od popularnog C-a.
Java je, uz Kotlin, zvanično podržan jezik za implementaciju Android mobilnih aplikacija.

Neke od najznačajnijih karakteristika su:

- Jednostavnost – sistem u kome se lako programira bez potrebe za komplikovanim uhodavanjem
- Objektno orijentisan – u Javi je sve predstavljeno kao sadržaj klasa
- Distribuiranost – poseduje biblioteke za rad sa TCP/IP protokolima. Aplikacije mogu da pristupaju objektima preko mreže i preko URL-a sa, podjednako kao lokalnom sistemu datoteka
- Robusnost - namenjena za pisanje programa koji moraju biti pouzdani sa dosta aspekata
- Neutralnost – kompajler stvara objektne datoteke nezavisnog sadržaja u odnosu na operativni sistem
- Dinamičnosti – prilagođena okruženju koje se stalno menja, implementacije su lako proširive novim funkcionalnostima

Izvršavanje aplikacija pisanih u Java programskom jeziku obezbeđuje Java virtuelna mašina. Osim njih, moguće je izvršavanje i programa pisanih u drugim programskih jezicima koji su iskompajlirani u Java bajt kodu. Primeri jezika koji mogu biti izvršavani u JVM-u su:

- Javaskript
- Paskal
- PHP
- Pajton
- Rubi

3.2 ElasticSearch

Elasticsearch [6] je pretraživač baziran na *Lucene* biblioteci. Pruža distribuirano pretraživanje teksta od strane više korisnika, sa HTTP veb interfejsom u dokumentima bez šeme.

Prva verzija je objavljena februara 2014. godine, a verzija 7 je korištena u svrhe testiranja projekta, objavljena aprila 2019. godine. Pretraživač je napisan u Javi, a njegovi klijenti su dostupni u jezicima Python, .NET, PHP, Java. Po DB-Engines rangiranju, Elasticsearch je najpopularniji pretraživač.
Elasticsearch je jedan od elemenata ELK steka, kome pripadaju:

- **Elasticsearch**
- **Kibana** – interfejs za vizuelizaciju podataka
- **Logstash** – interfejs za preprocesiranje podataka na strani servera

Bilo kakva vrsta dokumenata može biti pretražena putem Elasticsearch pretraživača. Omogućava skalabilnu pretragu u realnom vremenu koristeći njegov REST API. Pristup funkcionalnostima je omogućen različitim grupacijama API-a, podeljenih prema osnovnim elementima podataka i funkcijama na koje se pretraživač oslanja, kao što su Index API, Document API, Search API, itd.
Za bolje razumevanje samog rada ovog pretraživača i strukture koja čuva semantiku i vrednost podataka, neophodno je objasniti osnovne elemente.

4. SPECIFIKACIJA SISTEMA

Ekstenzija za rad sa indeksima je grafičko rešenje koje omogućava olakšani rad sa REST API-em Elasticsearch-a i pruža razne funkcionalnosti koje možemo podeliti u dve osnovne grupacije:

1. Indeksiranje fajlova u zadatom direktorijumu
2. Rad sa indeksiranim podacima

Indeksiranje određenog direktorijuma omogućava crawler implementiran unutar ekstenzije. Prolazi rekurzivno kroz sve poddirektorijume zadatog direktorijuma i indeksira svaki pronađeni dokument, očitavanjem vrednosti njegovih atributa i sadržaja fajla.

Prva funkcionalnost nije preduslov druge funkcionalsti, već predstavlja jednu od mogućnosti korišćenja.

Takođe, moguće je parametrizovati sistem da koristi indeks koji nije kreiran korišćenjem internog crawlera. Funkcionalnosti su implementirane generički i moguće je prikazivati podatke i slati zahteve ka bilo kom indeksu kreiranom unutar Elasticsearch-a, što proširuje namenu ovog sistema i otvara mogućnosti pretrage različitih skupova podataka.

5. ARHITEKTURA SISTEMA

Struktura i celine ovog sistema lako su uočljive posmatrajući pakete u kojima je implementacija raspoređena, a to su:

- communication
- configuration
- crawler
- factory
- gui
- handler
- model

5.1 Paket communication

Zbog različitosti komunikacije sa različitim Elasticsearch servisima i podacima koji se šalju, neophodno je bilo enkapsulirati kompletnu komunikaciju i izdvojiti u jednu celinu. Svaki HTTP poziv usmeren ka serveru je enkapsuliran u okviru jedne Java metode i omogućen univerzalni način korišćenja zasebnih funkcionalnosti. Cilj ovog paketa jeste apstrahovanje i odvajanje logike same komunikacije od ostatka sistema, a sa druge strane, stvaranje univezalnog načina razmene poruka sa serverom iz svih delova aplikacije, kao i pojednostavljena obrada grešaka, ukoliko do njih dođe.

5.2 Paket crawler

U paketu crawler se nalazi sve neophodno za kreiranje novog indeksa i indeksiranje određenog dela fajl sistema. Predstavlja jednu odvojenu celinu u okviru sistema koja većinski odvojeno od sistema funkcioniše, koristeći paket za komunikaciju.

5.3 Paket factory

Da bi se ekstenzija kreirala, neophodna je bila fabrika koja će inicijalizovati početno stanje aplikacije i proizvesti njene objekte za egzistenciju. Upravo to se nalazi u paketu factory.

5.4 Paket gui

Grafički korisnički paket je neizostavni element sistema poput implementirane ekstenzije. Sadrži sve grafičke elemente koje aplikacija poseduje.
Paket je podeljen na 3 podpaketa:

- dialog – sadrži modalne dijagole(prozori koji imaju konkretnu funkcionalnost i pokreću se kao reakcija na određene akcije u okviru glavnog prozora)
- panels – svi strukturno najzahtevniji paneli u okviru Sistema
- window – glavni prozor aplikacije

5.5 Paket handler

Sistem koji komunicira sa serverom i na zahteve dobija odgovore od servera zahteva posebnu pažnju pri obradi rezultata akcija(odgovora), generisanjem obaveštenja za uspešnost posla zahtevanog od korisnika, kao i obradu određenih izuzetaka. Paket handler upravo ima tu ulogu, da pruži funkcionalnosti za obradu rezultata zahteva.

5.6 Paket model

Paketu modela podataka pripada "standardizacija" informacija koje sistem koristi. Podeljen je u dva podpaketa:

- data – model podataka koji se razmenjuju tokom komunikacije
- table – model podataka tabela koje se prikazuju u glavnom prozoru

6. IMPLEMETANCIJA SISTEMA

Izvorni kod se sastoji od više skupova istorodnih klasa, poredivši po osnovnoj ideja biznis logike njihove implementacije. Da objašnjenja ne bi bila redudantna i ponavljala se, biće prikazan po jedan primer iz svakog skupa.

6.1 Komunikacija sa ElasticSearch serverom

Krajnja tačka ka Elasticsearch serveru iz perspektive sistema je Elasticsearch klasa u okviru *communication* modula. U ovoj klasi su implementirane metode http zahteva kao što su:

- GET
- POST
- DELETE
- PUT

Svaka od navedenih metoda koristi funkcionalnosti *HttpClient* klase iz *java.net.http* paketa da bi kreirala http zahtev i poslala ga.

6.2 Konfiguracija

Da bi korisnik mogao da menja podešavanja vezana za Elasticsearch i da ta podešavanja ne bi bila vezana isključivo za određenu sesiju, neophodno je bilo uvesti konfiguraciju. Implementirana konfiguracija parametrizuje 3 stvari:

- Adresu Elasticsearch servera
- Port Elasticsearch servera
- Indeks koji se trenutno koristi

ConfigProvider klasa omogućava sve navedeno implementirajući *ApplicationComponent* i *PersistentStateComponent* interfejse iz Intellij openapi paketa namenjenog za razvitak ekstenzija

6.3 Pretraživač fajl sistema

Jedna od komponenti koja se semantički potpuno razlikuje od ostatka sistema jeste pretraživač implementiran u klasi Crawler. Predstavlja zasebnu celinu jer je njegov cilj kreiranje indeksa i popunjavanje podacima, dok ostatak sistema koristi taj indeks i analizira podatke. Suština ove komponente se ogleda u rekurzivnom prolasku kroz određeni deo fajl sistema i indeksiranju atributa i sadržaja svakog fajla na koji se naiđe. Indeksiranje sadržaja svakog ne

garantuje i prikaz sadržaja u okviru sistema jer bi to dovelo do zauzimanja velike količine memorije u RAM-u i usporavanje sistema ili indeksiranje samo manjih kolekcija fajlova.

7. ZAKLJUČAK

U ovom radu je opisana ideja implementacija ekstenzije okruženja za razvoj softvera Intellij IDEA. Konačan broj funkcionalnosti svakako otvara mogućnost za daljim razvitkom i dodavanjem novih opcija koje bi bile korisne i interesatne korisnicima. Cilj ovakvog sistema jeste da pruži olakšanu pretragu velikih kolekcija podataka, što ne isključuje i pretrage podataka manjeg obima. Tokom razvitka, posebna pažnja se posvećivala strukturiranoj implementaciji i kreiranjem što manje povezanih komponenti, radi olakšanog proširivanja i impementacije novih funkcionalnosti. Određenim delovima, poput komponente za komunikaciju sa Elasticsearch serverom, se moglo posvetiti više pažnje i naći drugačije rešenje za kreiranje tela upita. Trenutno rešenje je vezano isključivo za određene verzije API-a, što iziskuje promenu implementacije prilikom prelaska na noviji Elasticsearch. Izbor neke od biblioteka za komunikaciju bi svakako bilo bolje rešenje od generisanja upita na način implemetiran u aplikaciji, ali bi uvelo nove probleme zbog specifičnosti zahteva u samoj aplikaciji. Potpuno održivo rešenje, sa kojim promena implementacije ne bila potrebna pri prelasku na drugačiji API nije poznata.

Poboljšanje implementacije je moglo biti ostvareno u još jednom smeru. Nezavisnost komponenti je postojana, ali je poželjna u većoj meri od trenutne. Proširenje trenutnih dodavanjem novih funkcionalnosti je poprilično izvodljivo, ali dodavanje novih komponenti zahteva veći broj promena. Jedan primer jeste veza između modela podataka i grafičkog korisničkog interfejsa. Ukoliko se podaci promene, potrebno je direktno pozvati određene metode da bi korisnik primetio novine. Jedna od ideja za poboljšanje jeste korišćene nekih od dizajn paterna, kao što je Obzerver. Na ovaj način komponente bi dobijale notifikacije o promenama u ostalim komponentama, a same bi bile zadužene za reakciju na date promene. Što omogućuje da svaka komponenta ne mora da poznaje biznis logiku ostalih, već ima samo jedan zadatak, a to je da javno obavesti ostale da je došlo do promene unutar nje. Samim tim, zavisnost u sistemu se smanjuje i izmene i dodavanje novih fukncionalnosti se pojednostavljuje.

Potrebe prilikom pretrage skupa informacija su raznovrsne, samim tim postoje funkcionalnosti koje će određeni korisnici više koristiti, određeni manje, ali postoje i one koje možda nisu implementirane.

Iz tog razloga, korisno bi bilo proširiti sistem da korisnik može da generiše sam upite i šalje ih serveru, da se pruži funkcionalnost sa kojom bi moguće bilo pozvati bilo koji Elasticsearch API.

Ako se sve informacije sumiraju, ova ekstenzija će pružiti korisniku osnovnu i naprednu pretragu dokumenata po različitim kriterijumima, kao i izmenu kolekcije. Svakako da ne može pokriti sve potrebe svih korisnika, ali je podobna promenama i doradama da bi se adaptirala dokumentima posebnog sadržaja i posebnim analizama.

8. LITERATURA

[1] ElasticSearch Intellij IDEA plugin
https://plugins.jetbrains.com/plugin/14512-elasticsearch

[2] Cap-ElasticSearch Client plugin
https://plugins.jetbrains.com/plugin/16111-cap-elasticsearch-client

[3] Query plugin
https://plugins.jetbrains.com/plugin/16364-elasticsearch-query--edql

[4] Cap-ElasticSearch plugin
https://plugins.jetbrains.com/plugin/17692-cap-elasticsearch

[5] Java
https://docs.oracle.com/javase/11/docs/api/

[6] ElasticSearch
https://www.elastic.co/

[7] Lucene
https://lucene.apache.org/

Kratka biografija:



Veljko Mošorinski rođen je 29.05.1996. godine u Zrenjaninu. Godine 2015. upisao je Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, odsek Računarstvo i automatika. 2017. upisuje usmerenje Primenjene računarske nauke i informatika. U septembru 2019. godine je diplomirao i upisao Master akademske studije.

Kontakt: vmosorinski@gmail.com

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 621.313
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE53Bestic

РАЗВОЈ АЛГОРИТМА ПУЊЕЊА/ПРАЖЊЕЊА БАТЕРИЈЕ ПРЕТВАРАЧЕМ ПОВЕЗАНИМ НА МРЕЖУ

DESIGN OF BATTERY CHARGING AND DISCHARGING ALGORITHM BASED ON GRID-CONNECTED CONVERTER

Мирко Бештић, Стеван Грабић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Кратак садржај –*У раду су објашњене основне методе пуњења оловних батерија. Поред тога, приказан је развој прекидачког симулционог модела претварача на мрежи који контролише пуњење и пражњење. Развијени су усредњени модели за праћење процеса пуњења/пражњења који су нумерички мање захтјевни. На крају рада дати су одзиви који су потврдили веродостојност симулационих модела.*

Кључне речи: *батерија, претварач повезан на мрежу, методе пуњења*

Abstract – *This paper describes the basic methods of charging lead-acid batteries. Additionaly, the development of the switching grid-connected converter simulation model is presented. Averaged models have been developed in order to monitor the charging and discharging processes. These models are numerically less demanding. At the end of the paper, the simulation results are given to confirm the performance of the presented models.*

Keywords: *Battery, Grid-connected converter, Charging methods*

1. УВОД

Примјена батерије у различитим апликацијама енергетског сектора је врло изазовна и разносврсна. Тако на примјер, батерија се користи као главни извор енергије у електричним и хибридним возилима. Поред функције доминатног извора енергије, батерије у возилима имају и друге улоге - обскрбљивање других подсистема возила. Батерија представља и једну од основних компонетни паметних електричних мрежа, у којима су неки чворови и произвођачи и потрошачи електричне енергије.

Батерија у паметним мрежама има улогу складиштења вишка електричне енергије која се послије, при потреби за енергијом може или послати у мрежу или обскрбити сопствени захтјеви за потрошњом. Свакако, модерне техногије и захтјеви за све већом енергетском ефикасношћу доводе до пораста употребе батерија, самим тим и до пораста њиховог броја и значаја на тржишту.

Прогноза је да ће батерије бити друге по важности од десет кључних стратешких технологија које ће обликовати пословање у 21. веку. Ово се може поткријепити чињеницом да постоји огроман пораст у продаји преносних електронских уређаја (мобилни телефони, лаптоп и преносиви рачунари, камкордери итд.) којима је потребно напајање из батерије, као и уређаја прикључених на мрежу који користе батерије као складиште енергије. У индустрији и трговини појављује се велики раст потражње за стационарним батеријама које обезбеђују тренутну снагу у случају неуспјешног напајања из мреже. Енергетска стабилност захтјева све већи број батерија за складиштење произведене електричне енергије како би се ускладиле флуктуације између снадбевања и потражње [1].

Фокус овог истраживачког рада јесте развој симулационих модела који на адекватан начин приказују процес пуњења и пражњења батерија помоћу претварача повезаног на мрежу. Након увода у коме је приказан значај батерија, у другом поглављу је дат кратак резиме о оловним батеријама, као и методе пуњења. У трећем поглављу дат је математички модел разматраног претварача на мрежи, који је искоришћен за развијање модела чији је опис дат у поглављу 4. Приказани су симулациони резултати који су послужили за верификацију креираних модела након чега је изведен закључак истраживачког рада.

2. ОЛОВНЕ БАТЕРИЈЕ И МЕТОДЕ ПУЊЕЊА

Батерије су битно еволуирале у претходних нешто више од два вијека. Најчешће употребљаване пуњиве батерије данашњице су оловна, никл-кадмијумска, никл-метал хидридна и литијумска.

Иако најстарији тип пуњиве батерије, оловна батерија и даље има многобројну употребу. Њен модел је коришћен у фокусу истраживања овога рада. По својим карактеристикама је робусна и економична, али има ниску специфичну енергију и ограничен број циклуса пуњења и пражњења. У режиму употребе гдје се празни великим струјама вијек трајања им знатно опада. Капацитет на ниским температурама им такође опада, али нема потребе за загријавањем као код неких других, нпр. батерија на бази натријума. Номинални напон једне ћелије оловне батерије је 2 *V*. Посједује значајну унутрашњу отпорност, веома дуго вријеме пуњења које није фиксно усљед велике унутрашње отпорности. Такође, ефекат самопражњења је значајно изражен [2].

НАПОМЕНА:
Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Стеван Грабић, ванр. проф.

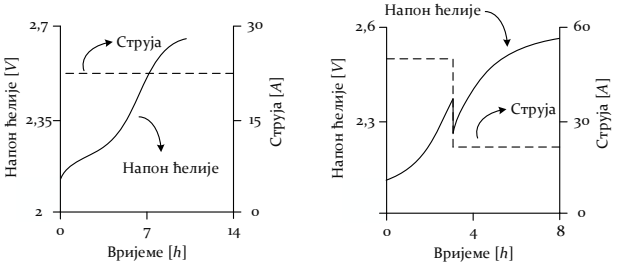
2.1 Методе пуњења оловне батерије

Главни допринос овог рада представља симулациони модел оловне батерије и претварача повезаног на мрежу. Симулациони модел коришћен је ради анализе пуњења и пражњења оловних батерија, чије методе су описане у овом поглављу. У литератури [3] је извршена подела на дванаест метода пуњења оловних батерија, између осталог и метода пуњења константом струјом и константим напоном који ће бити коришћени у симулационом моделу.

2.2 Пуњење константном струјом

Пуњење константном струјом једне или више вриједности није често коришћено у случају оловних батерија, осим када се струја пуњења одржава на ниском нивоу. Ово за посљедицу има дуго вријеме пуњења, 12 сати и дуже. Слика 1 приказује карактеристике пуњења константном струјом. На слици лево приказано је пуњење струјом константе вредности, док је на слици десно приказано пуњење са двије различите вредности константе струје током периода пуњења.

Пуњење константном струјом се користи код оловно-киселинских батерија нижег капацитета. Ова метода пуњења се користи приликом „формирања“ батерије. Пуњење константном струјом се понекад користи и у лабораторији због погодности израчунавања капацитета, као и због тога што се пуњење константном струјом може обавити једноставном и јефтином опремом. Пуњење константном струјом чија је вриједност половина номиналне може се користити за смањење сулфације у батеријама, које су превише испражњене или превише напуњене. Овакав третман може да скрати вијек трајања батерије и требало би да се користи само уз препоруку произвођача батерије.

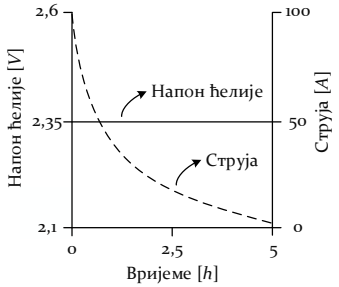


Слика 1. *Карактеристике пуњења батерије константном струјом*

2.3. Пуњење константним напоном

Постоји више метода пуњења константним напоном, а најзаступљенија је метода пуњења константним напоном са константном почетном струјом. Ова метода се користи за путничка возила и системе непрекидног напајања (енгл. *Uninterruptible Power Supply - UPS*).

У овом случају, коло за пуњење има ограничење струје и ова вриједност се одржава до унапријед одређеног напона који треба да се постигне. Затим се напон одржава константним. Унапријед се мора одредити ограничење струје и вриједност констатног напона. Избор зависи од временског тренутка када је батерија под константним напоном и у стању напуњености од 100%. За ово одржавање напона батерије пожељно је да струја буде ниска и на тај начин да се спријечи прекомјерно пуњење. Прекомјерно пуњење може довести до низа лоших појава на батерији као што је на примјер губитак воде у електролиту. Да би се постигло потпуно пуњење са ниским константатним напоном неопходан је правилан избор стартне струје, која се бира на основу спецификације произвођача. На слици 2 је приказана карактеристика пуњења константним напоном.



Слика 2. *Карактеристика пуњења константним напоном*

3. МАТЕМАТИЧКИ МОДЕЛ ПРЕТВАРАЧА ПОВЕЗАНОГ НА МРЕЖУ

Први корак у управљању радом претварача на мрежи је формирање нормализованог математичког модела у синхроно ротирајућем dq домену, који се може описати системом једначина датих у наставку.

$$\tau_s \cdot \frac{di_d}{dt} = -r_s \cdot i_d + x_s \cdot n_{MRZ} \cdot i_q - u_{dMRZ} + u_{ds} \quad (1)$$

$$\tau_s \cdot \frac{di_q}{dt} = -r_s \cdot i_q - x_s \cdot n_{MRZ} \cdot i_d + u_{qs} \quad (2)$$

$$\frac{1}{\omega_s} \cdot \frac{d\theta_{MRZ}}{dt} = n_{MRZ} \quad (3)$$

$$p_{MRZ} = i_d \cdot u_{dMRZ} \quad (4)$$

$$q_{MRZ} = -i_q \cdot u_{dMRZ} \quad (5)$$

Главни изазов при развоју овог модела је формирање петље за регулацију напона батерије. Циљ поставке претварача на мрежи у овом раду је да се контролише струја пуњења/пражњења батерије.

Управо из тог разлога је наведени модел неопходно прилагодити тако да се преко струје мреже контролише струја батерије. Међусобна веза између наведених струја се може успоставити преко чињенице да је $p_{DC} = -p_{MRZ}$. Када се одговарајуће величине уврсте у формулу за снагу добијају се изрази (6) и (7).

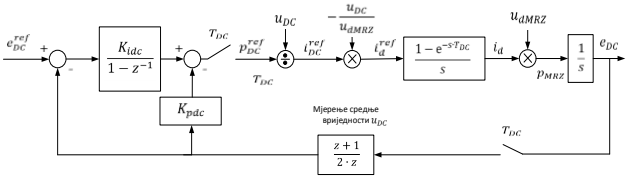
$$p_{DC} = u_{DC} \cdot i_{DC} = -u_{dMRZ} \cdot i_d \quad (6)$$

$$i_d = i_{DC} \cdot \left(-\frac{u_{DC}}{u_{dMRZ}}\right) \quad (7)$$

Како би се извела структура регулационе петље у линеарном облику уместо напона *DC* кола претварача u_{DC} регулише се проток енергије у једносмерном колу

e_{DC}. При чему је енергија у нормализованом домену изражена као $e_{DC} = \frac{1}{2}(u_{DC})^2 C'_{bat}$.

На основу израза (7) може се формирати блок дијаграм напонске петље као што је приказано на слици 3.



Слика 3. *Блок дијаграм напонске петље*

Параметри регулатора у напонској петљи прорачунати су оптималном методом која је детаљно објашњена у литератури [4].

Додатно, параметри су скалирани чланом $\frac{u_{dMRZ}}{u_{DC}}$ како би се постигло исто кружно појачање у петљи. Параметри су дати изразима (8) и (9).

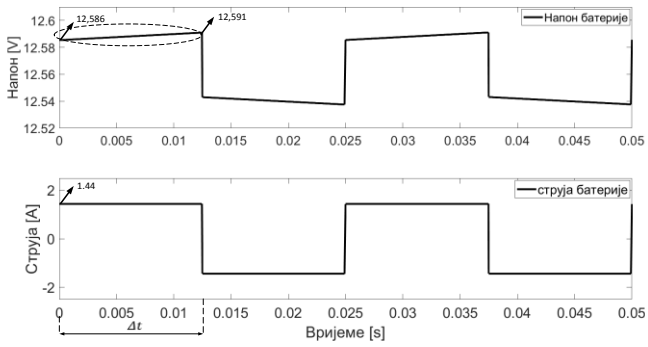
$$K_{pdc} = \frac{0{,}203}{K^*} \cdot \frac{u_{dMRZ}}{u_{DC}} \tag{8}$$

$$K_{idc} = \frac{0{,}035}{K^*} \cdot \frac{u_{dMRZ}}{u_{DC}} \tag{9}$$

Како би се израчунала енергија *DC* кола неопходно је одредити капацитет батерије. За потребе истраживачког рада коришћене су оловне батерије, номиналног напона 12 *V*. Капацитивност оловне батерије се може одредити коришћењем израза (10).

$$C_{bat}\,[F] = \frac{\Delta Q}{\Delta U} = \frac{I \cdot \Delta t}{\Delta U} \tag{10}$$

Ради одређивања капацитивности спроведена је симулација при чему се оловна батерија пунила и празнила струјом правоугаоног облика, као што је приказано на слици 4.



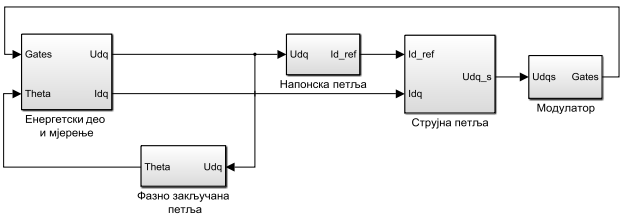
Слика 4. *Одзив напона батерије при тест струји правоугаоног облика*

На основу приказаног одзива одређен је пораст напона изазваног капацитивношћу, вредност струје, као и временски период пуњења.

Одређене вредности искоришћене су за прорачун капацитивности батерије која овдје износи 0,6 *F*. Додатно, ова вредност је нормализована ради усклађивања са остатком математичког модела.

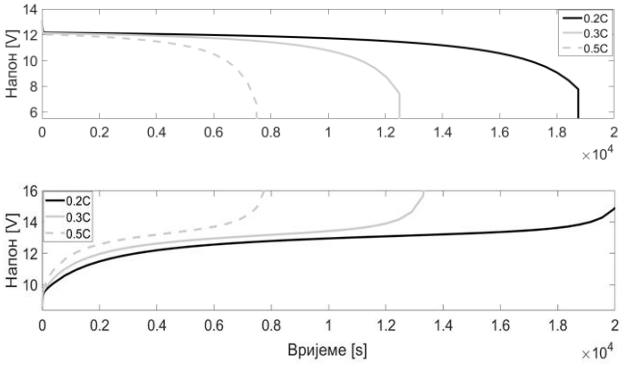
4. СИМУЛАЦИОНИ МОДЕЛ ПРЕТВАРАЧА НА МРЕЖИ

У истраживачком раду креирани су прекидачки и усредњени модели у *MATLAB/Simulink* софтверском окружењу. Креирани модели се састоје из подсистема: Енергетски део и мјерење, напонска петља, струјна петља, фазно закључана петља (енгл. *Phase looked loop - PLL*), модулатор, као што је приказано на сл. 5.



Слика 5. *Симулациони модел претварача повезаног на мрежи*

Енергетски део чини шест оловних батерија смјештених у *DC* коло, филтерска капацитивност, претварач, спрежна идуктивност и мрежа. За потребе истраживачког рада коришћена је оловна батерија која је моделована блоком из *Simulink* библиотеке. На слици 6 приказане су карактеристике пражњења и пуњења при различитим вредностима струја.



Слика 6. *Криве пуњења и пражњења оловне батерије*

За потребе реализације контролног алгоритма, извршено је мјерење фазних напона и струја који су одговарајућим трансформацијама пребачени у *dq* домен у коме је вршена регулација.

PLL подсистем неопходан је ради синхронизације претварача са мрежом. *PLL* петља регулише компоненту q напона, u_q, на нулу и на тај начин полифазор напона мреже поставља у *d* осу референтног ротирајућег координатног система.

У моделу контролни алгоритам има каскадну структуру при чему је подсистем Напонска петља надређен у односу на подсистем Струјна петља. Подсистем Напонска петља формиран је користећи блок шему са слике 3. Излаз напонске петље је *d* компонента струје мреже, i_d, и она представља улаз за подређени подсистем Струјна петља. Овај подсистем је формиран користећи изразе (1) и (2). Задата вриједност струје у q оси, i_q, је нула, из разлога што није примењена контрола тока реактивне снаге.

Подсистем Модулатор на основу излаза струјне петље одређује времена вођења транзистора којим ће се

остварити жељени напони и на тај начин успјешно реализовати комплетна контрола.

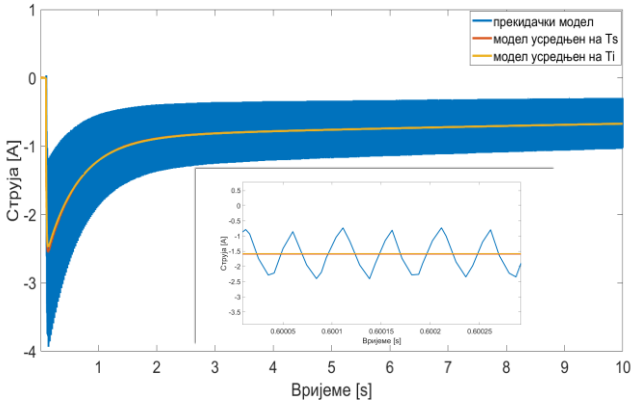
Прекидачки модел детаљно описује све радне операције у току извршавања контролног алгоритма, међутим превише је нумерички захтјеван за примену на рачунару. Усљед те чињенице развијени су усредњени модели који су мање нумерички захтјевни.

Први модел који је усредњен на периоди прекидања *Ts* усваја предпоставку да је *PLL* подистем ефикасно извршио сихронизацију претварача на мрежу (u_d и n имају вриједност 1 *rj*) . Сигнали које модулатор добија на свом улазу су напони u_{ds} и u_{qs} које претварач остварује на свом излазу као средњу вриједност унутар периода прекидања *Ts*. Другим ријечима његова преносна функција је једнака јединици унутар периода прекидања. Ова чињеница оправдава да се модел може усредњити на периоду *Ts* тако што се модулатор и претварач замијене јединичним појачањем. Са друге стране, усредњен утицај претварача и модулатора на *DC* коло може се представити струјним извором чији је излаз једнак $I_{DC} = \frac{P_{DC}}{u_{DC}}$.

Други модел је усредњен на временској константи струје петље *Ti*, при чему је усвојена предпоставка да је динамика промјене струје мреже за најмање ред величине бржа од динамике промјене напона у DC колу. Односно, струјна петља замењена је јединичним појачањем, и самим тим важи $i_{dc} = i_{dc}^{ref}$.

На слици 7 приказана је струје батерије у прекидачком и два усредњена модела при методи пуњења константним напоном. Може се приметити да струја пуњења током симулација спроведених користећи прекидачки модел испољава таласност између вршних вриједности. Ово је последица прекидачког рада претварача.

Примећује се да струје пуњења усредњених модела прате средњу вриједност струје пуњења прекидачког модела, што је и очекивано. Спроведене симулације потврђују вјеродостојност поступка прорачуна регулатора, понашање прекидачког модела и усредњених модела, који надаље могу послужити за значајно једноставнију анализу пуњења претварачем повезаним на мрежу.



Слика 7. *Поређење струје пуњења прекидачког и усредњених модела*

5. ЗАКЉУЧАК

Јасно је да поред употребе обновљивих извора енергије развој друштва мора да се усмјери и на повећање енергетске ефикасности, где уређаји за складиштење енергије имају једну од кључних улога. У будућности, технолошки развој батерија ће дефинитивно дефинисати пут којим ће се човечанство развијати.

Истраживачки рад базира се на основном моделу претварача повезног на мрежу, који је искоришћен ради примене методе пуњења константним напоном на оловним батерија. У раду је изложен поступак развоја управљачког алгоритма и прорачуна параметара регулатора. Приказани су прекидачки и усредњени модели креирани у *MATLAB/Simulink* софтверском окружењу, а који могу бити искоришћени и за примену других метода пуњења, али и врста батерија. На крају рада приказано је поређење струја пуњења прекидачког и усредњених модела, чиме је потврђена вародостојност симулација, односно показано је да су сва три модела примјењива. Даљи правци у истраживачком раду су примјена симулациони модела и различитих метода пуњења на другим типовима батеријама.

6. ЛИТЕРАТУРА

[1] R. Dell and D. A. J. Rand, Understanding batteries. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2001.

[2] J. Larminie and J. Lowry, *Electric vehicle technology explained*, Second edition. Chichester, West Sussex, United Kingdom: Wiley, a John Wiley & Sons, Ltd., Publication, 2012.

[3] T. B. Reddy and D. Linden, Eds., *Linden's handbook of batteries*, 4th ed. New York: McGraw-Hill, 2011.

[4] Скрипта из предмета Управљање енергетским претварачима, Факултет техничких наука, др Стеван Грабић, 2016.

Кратка биографија:



Мирко Бештић рођен је у Невесињу 5. новембра 1998. године. Средњу школу је завршио у родном граду 2017. године. Исте године је уписао на Факултету техничкин наука у Новом Саду смјер Енергетика електроника и телекомуникације. Основне академске студије завршио је 2021. године. контакт: besticmirko@uns.ac.rs



Ванр. проф. др Стеван Грабић диломирао је 1997. године на Факултету техничких наука, смјер Индустријска електроника. Докторирао је на Факултету техничких наука 2011. године. Запослен је на катердри за енергетску електронику и електричне претвараче. Област интересовања су управљање енергетским претварачима и енергетска електроника.

контакт: grabics@uns.ac.rs

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 621.39:681.7.068
DOI: https://doi.org/10.24867/20BE54Knezevic

IT INFRASTRUKTURA VELIKIH PREDUZEĆA U PRAKSI – OPTIMIZACIJA KAŠNJENJA PRISTUPA PODACIMA

IT INFRASTRUCTURE OF LARGE ENTERPRISES IN PRACTICE – OPTIMIZATION OF DATA ACCESS LATENCY

Ivan Knežević, Dejan Nemec, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – *Ovaj rad bavi se IT infrastrukturom velikih preduzeća, a poseban akcenat stavlja se na optimizaciju kašnjenja pristupa podacima. Brzina rada informacionog sistema, njegova složenost i način obrade podataka preduzeća su mera učinkovitosti preduzeća. Optimizacija rada informacionog sistema uveliko zavisi od brzine pristupa podacima, odnosno od kašnjenja pristupa podacima. Optimizacija kašnjenja pristupa podacima i paralelizacija procesa rada informacionog sistema su dva najviše razvijana aspekta IT-a.*

Ključne reči: *Kašnjenje, CPU, RAM, keš memorija, svič, bafer, arhitektura, mrežna infrastruktura.*

Abstract – *This work deals with the IT infrastructure of large companies, and a special emphasis is placed on the optimization of data access latency. The speed of operation of the information system, its complexity and the method of processing the company's data are a measure of the company's efficiency. Optimizing the operation of the information system largely depends on the speed of data access, that is, on the latency of data access. Optimization of data access latency and parallelization of information system work processes are the two most developed aspects of IT.*

Keywords: *Latency, CPU, RAM, cache memory, switch, router, buffer, architecture, network infrastructure.*

1. UVOD

Krajem prošlog veka računari, programi i povezivanje računara ušli su u masovnu komercijalnu i profesionalnu upotrebu. Razvijane su tehnologije za povezivanje informacionih sistema na geografski udaljenim lokacijama. To je dovelo do toga da su se preduzeća počela transformisati i prihvatati tehnološka rešenja radi ubrzavanja i pojeftinjenja procesa. Neka preduzeća su to prihvatala više, neka manje, dok se nije došlo u situaciju da nema preduzeća ni procesa u preduzećima koji nije obavljen, kontrolisan ili ispraćen računarom koji je deo centralnog informacionog računarskog sistema. Podrazumevano je da se svi podaci stiču na jedno mesto i da se centralno obrađuju uz pomoć upravljačkog programa.

Cilj rada jeste prikaz tehnologija koje su direktno uticale na razvoj preduzeća. Teško je oceniti šta su to velika a šta srednja preduzeća, zavisi od kriterijuma. Po procenama autora rada a na osnovu IT literature, broj računara određuje veličinu IT infrastrukture, ali i oslikava i veličinu preduzeća. Preduzeća koja imaju od 1.000 do 10.000 računara, na više desetina do nekoliko stotina lokacija, i bar dva data centra jesu, po merilima autora ovog rada, velika preduzeća.

Učinkovitost preduzeća lako se meri novcem odnosno profitom preduzeća koji se obračunava na godišnjem nivou i češće. Na profit preduzeća direktno utiče brzina obrade podataka, što zavisi i od brzine pristupa podacima.

2. PERFORMANSE I METRIKA

Sa sigurnošću se može reći da je razvoj optičkih komunikacija direktno doveo do razvoja globalnog Interneta i omasovljenja upotrebe Interneta i računara. Ranije su postojali protokoli i tehnologije, na kojima i danas rade mreže i Internet, ali ovako mala kašnjenja signala i širinu kanala su omogućile optičke komunikacije. Internet kao svetsko čudo je dalje uticao na razvoj ekonomije, društva i ljudske svesti na zaista neviđene načine. Od devedesetih godina prošlog veka, može se praktično besplatno poslati *e-mail* prijateljima na Novi Zeland, koji je od nas tačno suprotna tačka na planeti. Ta poruka stiže za vreme koje se meri u ms (milisekundama), zavisno od protokola i kašnjenja na serverima a manje od telekomunikacija. Danas je lako dokazati da pingovanje neke javne IP (*Internet Protocol*) adrese u Vijetnamu, do kojeg putanja od nas ide preko Amerike (2/3 Zemljinog obima) daje rezultate od oko 300 ms. Može se aproksimirati da za 500 ms signal pređe zemaljskim komunikacijama ceo obim Zemlje, i to je RTT (*Round Trip Time*) što znači da je putanja „tamo i nazad" obavljena za pola sekunde, a u jednom smeru za ¼ sekunde, kroz svu infrastrukturu optičkih kablova i uređaja više različitih provadera servisa.

2.1. Merenje performansi IT sistema

Merenje performansi sistema zahteva analizu kompletnog informacionog sistema, uključujući sve fizičke komponente i sve programske pakete. Sve što je put kojim prolaze podaci, aplikacije i uređaji koji obrađuju podatke utiče na performanse. Za distribuirane sisteme kao što je virtualno okruženje ili oblak, merenje uključuje više servera, drugih uređaja i još više aplikacija.

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Živko Bojović, vanr. prof.

Cilj merenja performansi sistema jeste da se poboljša kvalitet usluge i zadovoljstvo korisnika, tako što će se smanjiti kašnjenje pristupa korisničkom servisu, pored toga i smanjenje koštanja obezbeđivanja usluge, što je bitno preduzećima. Poboljšanje performansi i smanjenje cene se postiže elimisanjem ili smanjivanjem uticaja neefikasnih tačaka u sistemu, povećenjem protoka podataka kroz sistem i generalno finim podešavanjem komponenti sistema.

Merenja performansi sistema obavljaju timovi inženjera specijalizovanih za tu vrstu posla. Uglavnom ih imaju najveća preduzeća (npr. Netflix, Google, i druga globalna IT preduzeća) koja imaju potrebe i računicu da plaćaju tim stručnjacima koji će se baviti samo performansama.

Idealno bi bilo kada bi inženjering performansi počinjao sa radom pre nego što se odabere oprema i pre nego što počne pisanje programa. Prvi korak bi trebalo biti postavljanje ciljeva i pravljenje modela performansi. Najčešće se ovo preskače i programi se razvijaju bez učešća inženjera performansi, tek kasnije se pozivaju kada iskrsne problem. Kako se proizvod razvija sve je teže rešiti problem performansi koji je proistekao iz ranijih arhitektonskih rešenja i odluka.

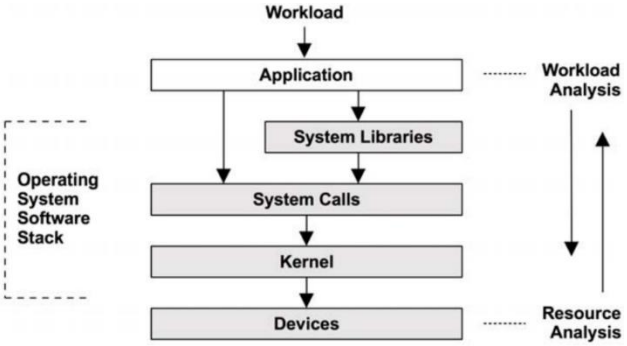
Kompleksan zahtev merenja performansi informacionog sistema može se raščlaniti na mesta u sistemu gde se nalaze komponente uređaja, uređaje i programe koji direktno utiču na performanse, i na metriku performansi. Mesta na kojima mogu da se izmere performanse jesu centralni procesor CPU (*Central Processor Unit*), radna memorija RAM (*Random-Access Memory*), skladištena memorija (HDD – *Hard Disk Drive*, SSD – *Solid State Drive*), mreža, aplikacije, operativni sistem OS (*Operating System*), *file* sistem i *Cloud Computing*. Mogu da se izmere neke vrednosti koje su bitne za procenu rada sistema kao i za procenu skalabilnosti. Metrike performansi su kašnjenje (*latency*), iskorišćenost (*utilization*) i zasićenje (*saturation*). Merenja mogu dati i IOPS (*Input Output per Second*) broj operacija u sekundi, i protok (*troughput*) koji je količina operacija ili količina podataka u sekundi.

Merenje performansi sistema prilikom rešavanja problema može biti prilično kompleksno zbog očiglednog nedostatka informacije gde početi analizu. U okruženjima *cloud*-a, obično se ne zna ni na kojem serveru početi istraživanje. Nekad se počinje sa hipotezom da je mreža ili baza uzrok problema sporog odziva servisa, ali to mora da se utvrdi i da se analiza nastavi u pravom smeru. Ponekad su problemi u interakciji podsistema koji nezavisno rade kako treba i pri pojedinačnom testiranju ne pokazuju nedostatak performansi.

Problem performansi se mogu sagledavati iz različitih perspektiva. Slika 1 ilustruje dve perspektive analiziranja performansi operativnog sistema, analiza opterećenja sistema (*workload analysis*) i analiza resursa sistema (*resource analysis*). Uobičajeno je da analizu resursa sprovode administratori sistema, a analizu opterećenja sprovode programeri.

2.2. Kašnjenja pristupa podacima u bazi podataka

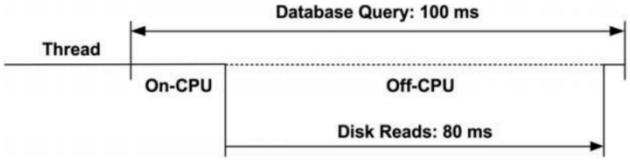
Kod kompleksnih višestrukih problema performansi sistema, u toku analize najbitnije je utvrditi koji faktor najviše utiče na problem.



Slika 1. *Perspektive analiziranja performansi [1]*

Ovo znači da je najvažnije kvantifikovati veličinu pojedinačnih problema, da bi mogli da ih uporedimo i obradimo. Metrika koja je najpogodnija za kvantifikovanje problema jeste kašnjenje.

Slika 2 daje prikaz merenja brzine odziva upita bazi podataka, gde je jasno da je procesor čeka 80% vremena odziva da bi uradio upit i prosledio podatke dalje. Tih 80% vremena je izgubljeno u procesu učitavanja podataka sa diska.



Slika 2. *Vreme odziva pri upitu ka bazi podataka [1]*

Najveće ubrzanje procesa upita prema bazi podataka bi se, u ovom slučaju, postiglo elimisanjem kašnjenja koje dodaje učitavanje sa diska. Umesto direktnog učitavanja podataka sa diska, podaci bi se mogli učitati iz neke privremene radne memorije koja je višestruko brža.

Taj proces se zove keširanje podataka (*caching*) i može biti kvantifikovan kada se kašnjenje u ovom slučaju od 80% eliminiše primenom brze memorije čija se brzina pristupa meri u ns (nano sekundama). Okvirno to znači da je vreme sa 100 ms smanjeno na 20 ms obrade upita, što je ubrzanje od pet puta.

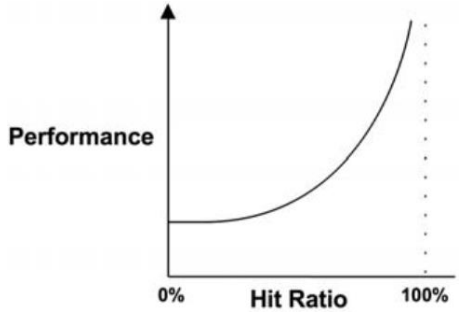
3. KEŠIRANJE

Keširanje jeste proces koji se često koristi da bi se unapredile performanse komponenti (uređaja) informacionog sistema. Upravo keširanje je tehnika kojom se prevazilazi veći deo kašnjenja i praznog hoda sistema. Keš upisuje podatke iz obrade ili iz sporije memorije ili diska u bržu memoriju, tako da se budući zahtevi za tim istim podacima brže izvrše.

Konkretan primer je upis podataka sa sporog rotacionog diska u RAM, ili učitavanje podataka iz RAM-a u keš memoriju u centralnom procesoru. Fizičke sistemske komponente koje imaju više i brže privremene memorije (keš), i bolje algoritme za učitavanje unapred, imaju mnogo bolje performanse a samim tim su i skuplje.

Proces keširanja najviše zavisi od primenjenog algoritma učitavanja podataka unapred. Što algoritam bolje predviđa to su performanse bolje. Slika 3 prikazuje grafikon merenih vrednosti odnosa pogodaka spram ukupne količi-

ne podataka učitanih u keš. Pogoci su podaci koji su učitani iz sporijih memorija unapred pre nego što se pojavila potreba za njima, a bili su upotrebljeni nešto kasnije.



Slika 3. *Zavisnost performansi sistema od pogodaka [1]*

Realno se računa 95% kao najbolji rezultat algoritama za predviđanje, i na osnovu tog broja pogodaka se računaju najbolje performanse uređaja, npr. IOPS-i kod diskova, gde se proizvođači opreme ograđuju da su to vrednosti na osnovu rezultata od 95% pogodaka prethodno učitanih podataka.

To znači dve stvari, najčešće neće biti učitano u keš 5% podataka koji nam trebaju (postoji 5% promašaja), i ono važnije je da rezultat od 95% niko ne garantuje. Moguće je ostvariti 100% pogodaka u praksi, ali koliko dugo traje takvo stanje i koliko često se dešava zavisi od upotrebe sistema, rada algoritma i veličine keša.

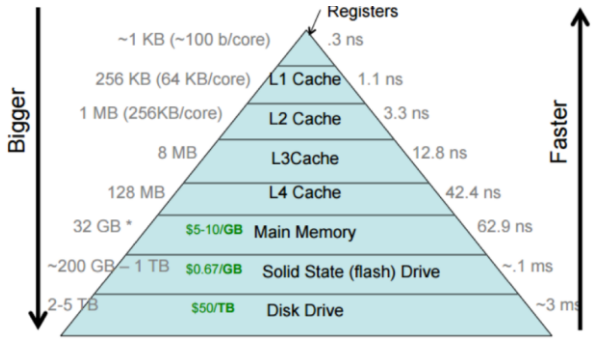
3.1. Operacije keširanja

Centralni procesori i lokalni diskovi koriste fizički implementiran keš u samom uređaju. Programi kao što su Internet pregledači ili serveri Internet stranica, oslanjaju se na programsko keširanje gde koriste RAM memoriju ili sporiju memoriju HDD ili SSD diska za privremeno skladištenje podataka i ubrzavanje rada programa.

U slučaju otvaranja Internet stranica, to može da znači da se u keš unapred smeštaju delovi stranice kojoj se pristupilo, ali samo naslovnom delu, a nije još u drugi ili treći sloj gde se nalaze podaci organizovani po ideji administratora. Ili se zbog bržeg pristupa i otvaranja Internet stranici delovi stranice nalaze na lokalnom disku, pa će u trenutku uključenja Internet pregledača biti brže učitani i obrađeni a stranice će biti samo osvežene sa novim podacima sa sporijeg pristupa Internetu.

Keš je napravljen od grupe zapisa, gde svaki zapis ima pridružene podatke, koji su kopije podataka iz spore (pozadinske) memorije. Svaki zapis takođe ima obeleživač (tag) koji specifikuje identitet podatka u pozadinskoj memoriji, čija je kopija. Tagovanje omogućava istovremeno korišćenje keš orijentisanih algoritama da funkcionišu u više slojeva bez interferencije jednog sa drugim. To je nužno pošto se isti podaci keširaju na više mesta na putu obrade.

Slika 4 grafički prikazuje veličine i brzine različitih memorija kao i putanju podataka. Od dole ka gore brzina pristupa raste, kašnjnje pristupa se smanjuje, veličina memorije se smanjuje. I upravo je to inicijalna putanja podataka, od diska ka procesoru [2].



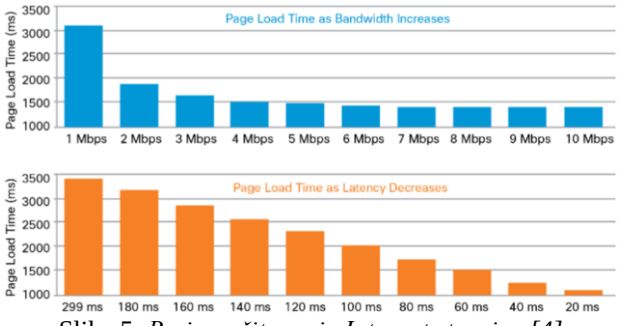
Slika 4. *Slojevi keša u toku pristupanja podacima [1]*

3.2. Primer uticaja smanjivanja kašnjenja u mreži

Informaciono-centričko umrežavanje, ICN (*Informational-Centric Networking*), jeste pristup koji je razvio infrastrukturu Interneta, daleko od uređaj-centričke (*host-centric*) paradigme, bazirane na trajnoj povezanosti i principu sa-kraja-na-kraj (*end-to-end*), do mrežne arhitekture kojoj je fokus na identifikaciji informacija (ili sadržaja ili podataka). Zbog nezaobilazne mogućnosti keširanja na uređajima u ICN, može biti viđena kao slabo povezana mreža keševa [3].

Za razliku od proksi servera, u ICN-u keširanje je rešenje na nivou mreže. Tako da je posledica brza razmena stanja keša i visoka zahtevnost pristizanja novih podataka. Nadalje, manje veličine keša zahtevaju druge zahteve pred politike odstranjivanja sadržaja iz keša. Konkretno, politike odstranjivanja za ICN treba da budu brze i lake za izvršavanje.

Slika 5 daje prikaz vremena učitavanja (ms) Internet stranica, merene u laboratorijama kompanija Akamai i Cisco [4]. Očigledan je značaj smanjivanja kašnjenja na vreme učitavanja stranica, koje linearno opada sa smanjivanjem kašnjenja, dok povećanje protoka kroz mrežu donosi benefite samo u početku, a posle 5 Mbit/s nema uticaja.

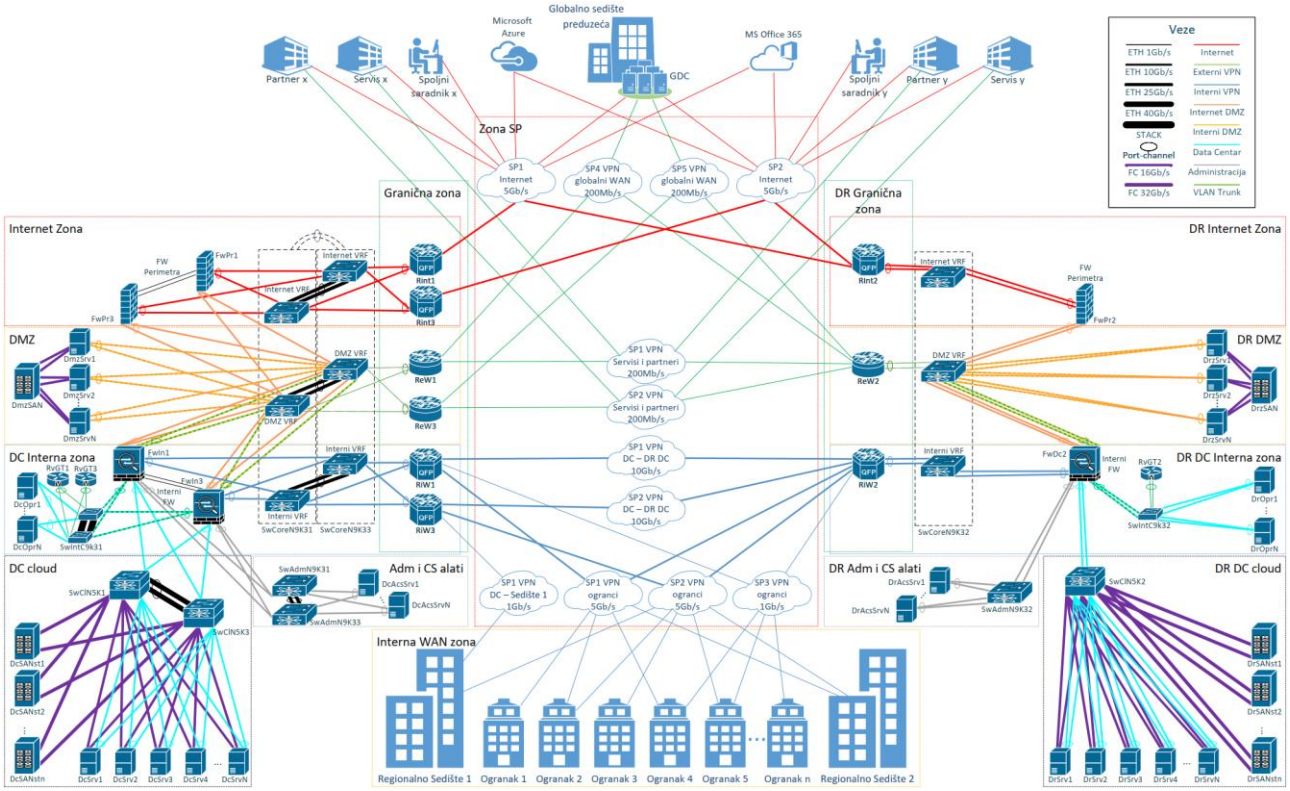


Slika 5. *Brzina učitavanja Internet stranica [4]*

4. IT INFRASTRUKTURA VELIKIH PREDUZEĆA

Na slici 6 prikazana je uprošćena tipična arhitektura infrastrukture velikih i srednjih preduzeća, gde su lokacije data centara i ostale, na geografskim udaljenim rastojanjima.

Fokus je na arhitekturi data centara (glavnog i rezervnog) i redundantnim vezama uređaja, kao i redundantnim vezama koje povezuju geografski udaljene lokacije.



Slika 6. *Fizička šema povezanosti data centara i veza između geografski udaljenih lokacija preduzeća*

3. ZAKLJUČAK

Ideja ovog master rada je da predstavi razvoj pojedinih infrastrukturnih IT tehnologija, koje su unapredile poslovanje i učinile rad velikih preduzeća mogućim i lakšim.

Način na koji su zahtevi velikih preduzeća određivali razvoj tehnologija se kao bumerang vratio, promenio i ubrzao poslovanje i upravljanje preduzećima.

IT infrastruktura preduzeća danas zajedno sa servisima koji rade na njoj, čine „nervni sistem" preduzeća. Ne bi bilo moguće upravljati i kontrolisati tako velika i geografski rasprostranjena preduzeća da ne postoje upravljački programi i odgovarajuće infrastrukturne tehnologije, koje su upravo za te namene i razvijene.

Fokus razvoja opreme i programa danas, bazira se na paralelnom procesiranju programa i smanjenju kašnjenja pristupa podacima. Sa kašnjenjem pristupa podacima, „praznim hodom" sistema, bori se na svim tačkama prenosa podataka, na svim nivoima i svim uređajima.

Uvek je neka nova brža tehnologija primenjena da kešira podatke, i približi ih bar privremeno centralnom mestu obrade, procesoru. Nanosekunde, mikrosekunde i milisekunde su bitne, zbog ogromnog broja paketa i kumulativnog kašnjenja na putu podataka od mesta čuvanja, preko mesta obrade, do korisnika.

Arhitektura infrastrukture je takođe razvijana uz razvoj pojedinačnih tehnologija konkretnih uređaja. Pored ubrzavanja i bezbednost je postala najznačajniji element o kome se vodi računa kada se pravi arhitektura IT sistema. Na tačno određena mesta, moraju da se postave uređaji određenog tipa da bi cela informatička i bezbednosna struktura radila optimalno i bezbedno.

4. LITERATURA

[1] Brendan Gregg, Systems performance: Enterprice and the cloud, Prentice Hall, 2014.

[2] https://cs.brown.edu/courses/csci1310/2020/assign/labs/lab4.html , Mart 2022

[3] P.G.Shynu, Fadi Al-Turjman, Data-centric routing and caching approach for mobile and social sensing applications, Computers & Electrical Engineering, Volume 94, September 2021.

[4] Bill Reilly, Application optimization and the intelegent WAN (IWAN), Publication BRKRST-2514, Cisco Public, 2015.

Kratka biografija:



Ivan Knežević rođen je u Novom Sadu 1973. god. Poseduje višegodišnje radno iskustvo u internacionalnim i globalnim preduzećima na IT inžinjerskim i menadžerskim pozicijama. Master rad na FTN iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Telekomunikacije odbranio je 2022.god.
kontakt: ivanknezevic.021@gmail.com



Dejan Nemec rođen je 1972. god. Diplomirao, specijalizirao i magistrirao je na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva. Oblast interesovanja su telekomunikacije i obrada signala.

Zahvalnica:
Izradu ovog rada pomogao je Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, Departman za energetiku elektroniku i telekomunikacije, u okviru projekta pod nazivom „Razvoj i primena savremenih metoda u nastavi i istraživačkim aktivnostima na Departmanu za energetiku, elektroniku i telekomunikacije".

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 624.012.4.059
DOI: https://doi.org/10.24867/20CG01Sljivar

HIDRAULIČKO HIDROLOŠKA ANALIZA UTICAJA MOSTOVA NA VELIKE VODE NA PRIMERU NOVOG MOSTA NA RECI TISI

HYDRAULIC HYDROLOGICAL ANALYSIS OF THE IMPACT OF BRIDGES ON LARGE WATERS WITH THE EXAMPLE OF THE NEW BRIDGE ON THE TISA RIVER

Milica Šljivar, Slobodan Kolaković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO, HIDROTEHNIKA

Kratak sadržaj – *Zadatak rada bio je modeliranje hidrauličkih uticaja novog mosta koji će se nalaziti na reci Tisi, u okviru novoplaniranog autoputa Beograd-Zrenjanin-Novi Sad. Samo modeliranje rađeno je u softverskom paketu HEC RAS. Vršena je simulacija poplavnog talasa iz 2006. godine kako bi se dobili rezultati koji pokazuju mogući uspor koji može nastati usled izgradnje mosta. Proračun je rađen za ustaljeno i neustaljeno tečenje reke Tise.*

Ključne reči: *reka Tisa, HEC RAS, poplavni talas*

Abstract – *The task of the paper was to model hydraulic impact of the new bridge that will be located on the Tisa River, within the newly planned highway Belgrade-Zrenjanin-Novi Sad. The modeling itself was done in the HEC RAS software package. A simulation of the flood wave from 2006 was carried out in order to obtain results that show the possible delay that may occur due to the construction of the bridge. The calculation was made for steady and unstable flow of the Tisa River.*

Keywords: *Tisa River, HEC RAS, flood wave*

1. UVOD

Prema Idejnom projektu planirana je izgradnja novog autoputa Beograd-Zrenjanin-Novi Sad na kome će se nalaziti i most preko reke Tise na stacionaži 33+538 km. Potrebno je ispuniti odgovarajuće propise od strane sektora za prostorno planiranje i urbanizam, ali isto tako zadovoljiti i hirauličko-hidrotehničke probleme koji se javljaju u rečnom koritu prilikom izgradnje mosta. Sam problem predstavlja uspor koji se javlja nakon izgradnje mosta, ali isto tako i povećanje brzina oko mostovskih stubova, kao i sama erozija. Navedeni problemi će se raditi u softverskom paketu HEC RAS, koji će dati precizne rezultate o usporu nakon izgradnje mosta, usled ustaljenog i neustaljenog tečenja.

2. OPIS PROBLEMA UKRŠTANJA VODOTOKA I SAOBRAĆAJNICA

2.1. Hidraulička analiza uticaja na velike vode

Mostovi predstavljaju građevine koje su napravljene radi premošćavanja prirodnih ili veštačkih prepreka, kao što su vodotokovi, doline, pruge ili putevi. Svrha mosta je da omogući prelaz ljudima i vozilima preko određene prepreke. Hidrotehnička problematika mostova pre svega govori o usporu koji mostovsko suženje izaziva na uzvodnoj deonici vodotoka i o eroziji koja se javlja na celom potezu suženja kao i lokalno u neposrednoj okolini stubova.

Uspor koji nastaje suženjem poprečnog preseka toka u profilu mosta, u nekim slučajevima može izazvati značajno plavljenje područja uzvodno od mosta, što je često bitan činilac u ekonomskim analizama. Zato je važno ispravno proceniti vrednost uspora i, po potrebi, predvideti mere da se uspor smanji.

Erozija u mostovskom suženju nastaje zbog povećane brzine vode u odnosu na poremećenu oblast strujanja ispred suženja. Sa brzinom se povećava i vučna sila (erziona sposobnost) toka, pa nastaje produbljivanje korita do nivoa koja omogućava da se ponovo uspostavi narušena ravnoteža između vučne sile toka i stabilizujućeg dejstva sile težine nanosa.

Neposredno uz konturu stuba i obalskog oslonca dolazi do lokalnog povećanja brzina i stvaranja vrtloga, čime se dodatno povećava i erozija dolazi do lokalne erozije, uz podlokavanja stubova i oslonaca.

Procena erozije u suženju (prosečne erozije) i erozije oko stubova i oslonaca (lokalne erozije), omogućava da se ispravno odredi položaj kote temelja stubova (oslonaca) i/ili da se predvide mere za smanjenje erozije [1].

3. HIDROLOŠKO HIDRAULIČKA ANALIZA UTICAJA MOSTA NA VELIKE VODE

3.1. Hidrotehničke karakteristike vodotoka Tise

Najveće promene koje se danas mogu primetiti na reci Tisi su nastale u inundacijama sa malim padovima u ravničarskim delovima. Do promene Maningovog koeficijenta rapavosti došlo je pokrivanjem šumama inundacije, što ima za cilj smanjenje propusne moći tokom velikih voda.

Pokretanje nanosa reke Tise prostire se na čitavo plavno područje, međutim nakon izvršenih regulacionih radova sve se dešava između nasipa u značajno većoj koncentraciji. Trenutno pronos nanosa reke Tise se menja od sektora do sektora.

Eroziona moć reke proporcionalna je brzini vode i pada vodnog ogledala.

Rečne pregrade na Tisi malo su izmenile proces pronosa nanosa. Na srednjem delu reke Tise pronos suspendovanog nanosa je relativno izbalansiran.

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio doc. dr Slobodan Kolaković.

3.2. Vodni režim reke Tise

Reka Tisa sa slivnom površinom od 157.200 km^2 smatra se jednom od najvažnijih pritoka reke Dunav.

Reka Tisa smatra se jednom od najpromenljivijih reka u ovom regionu, njena karakteristika su vrlo česte i ponekad ekstreme poplave, ali i pojava dugotrajnih perioda sa niskim vodostajima. Karakteristike reke potiču od oblika površine sliva, odnosno između dotoka vode od pritoka i glavnog toka, malih padova na dugačkim deonicama toka u ravničarskom delu, od ekstremnih klimatskih uslova tokom godine i konačno, od regulacionih radova u glavnom major koritu.

Regulacioni radovi mogu se videti duž celog toka reke Tise.

Proticajni uslovi za poplavni talas menjaju se celom dužinom toka. Reka Tisa praktično celim tokom od izvorišta do ušća teče između nasipa za odbranu od velikih voda.

Tri pregrade (brane) koje su izgrađene u koritu u poslednjih pedeset godina, dve brane u gornjem toku reke i jedna u Srbiji kod Bečeja, promenile su uslove oticanja pri niskim i srednjim vodostajima, pri velikim vodama (poplave) otvaraju se sva prelivna polja na njima tako da je uspor od ovih pregrada zanemarljiv.

Na slivnom području reke Tise, poplavni talasi se uglavno pojavljuju tokom proleća tj. U martu i aprilu. Tako da će se i u daljem izlaganju govoriti o poplavnom talasu iz 2006. godine, koji je bio krajem marta, pa sve do maja meseca.

Što se same pojave leda tiče na reci Tisi treba se napomenuti da se pojavljuje relativno rano i može dugo da traje.

3.3. Poplavni talas na Tisi

Za izradu master rada, bio je potrebno odrediti i proračun proticaja reke Tise usled poplavnog talasa koji se dogodio 2006. godine. Svi potrebni podaci za ovaj proračun dobijeni su iz RHMZ-a, koji će u daljem nastavku biti prikazani.

Do poplavnog talasa 2006. godine došlo je usled obimnih padavina koje su se desile u Mađarskoj. Velika količina padavina pala je u decembru i martu, kada je izmerena količina 1,5-2 puta veća od prosečne.

Analizirajući poplave kroz istoriju na Tisi može se zaključiti da su maksimumi u donjem delu reke Tise manji od merodavnih. Ovo se može tumačiti sa tim da je u donjem i srednjem delu došlo do znatnih promena u vegetacionom pokrivaču u inundacionom prostoru (povećanje rapavosti) a što koči i rasplinjava poplavni talas u tom delu.

Na osnovu dobijenih geodetskih podloga, hidrološko hidrauličkih podataka o reci Tisi, podacima o vodnom stanju same reke, kao i iznetim podacima o poplavnom talasu koji su dobijeni iz RHMZ-a odrađen je proračun u softverskom programu HEC RAS.

4. KRATAK PREGLED SOFTVERSKOG PAKETA HEC RAS

Softverski paket razvijen je 1995. godine od strane korporacije za hidraulička istraživanja U.S Army Corps of Engineers.

Programska aplikacija HEC RAS predstavlja integrisani softver za modeliranje linijskog tečenja u otvorenim tokovima. Konstantno dopunjavan i poboljšavan tokom godina , HEC RAS danas predstavlja robusnu programsku aplikaciju sa mogućnošću modeliranja: ustaljenog i neustaljenog tečenja u otvorenim tokovima proizvoljne geometrije, zatim proračuna pronosa nanosnih sedimenata i deformacije rečnog korita kao posledice kretanja tog nanosa, kao i rešavanje linijskog transporta potencijalnih zagađenja.

Pored toga, sposobnost aplikacije da veoma jednostavno modelira veliki broj lokalnih objekata kao što su mostovi, lokalna suženja i proširenja, brane, itd. Može i da veoma kvalitetno vizuelno i numerički prikaže i isprati svaki zahtev modeliranog slučaja, HEC RAS definiše kao sveobuhvatni numerički softver koji može kvalitetno da odgovori na najzahtevnije hidrauličke uslove nametnute od strane prirodnih vodotoka.

Kao takav programski paket HEC RAS je danas u velikoj meri zastupljen u inženjerskoj praksi kao osnovni alat za rešavanje i analizu velikog spektra hidrauličkih problema, pa zbog toga i zauzima vodeće mesto među programima za jednodimenzionalno numeričko modeliranje strujanja u otvorenim tokovima [2].

5. HIDRAULIČKA ANALIZA USTALJENOG TEČENJA

5.1. Formiranje hidrauličkog modela reke Tise za ustaljeno tečenje

Ukoliko posmatramo određene veličine, dubinu, brzinu, protok i dr. u jednom preseku u toku vremena i ukoliko se ne javljaju promene duž datih veličina, govori se o ustaljenom tečenju [3].

Za potrebe navedenog projekta autoputa Zrenjanin-Novi Sad izrađen je hidraulički model reke Tise. Korišćen je softverski paket HEC RAS za 1D ustaljenog tečenja.

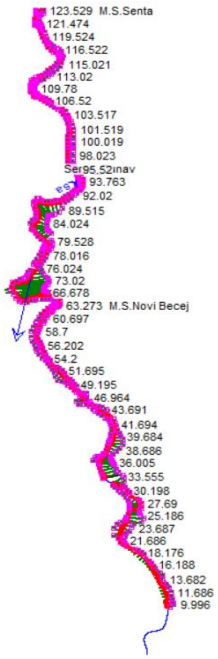
Pre svega, da bi program HEC RAS radio, potrebno je uneti ulazne podatke.

Ulazni podaci obuhvataju:

- Geometrijske podatke, koji se sastoje od šematskog prikaza vodotoka i njihovih pritoka, podataka o poprečnim profilima i objektima, kao i o rapavosti korita (vrednost Maningovog koeficijenta)
- Podatke o protocima i graničnim uslovima.

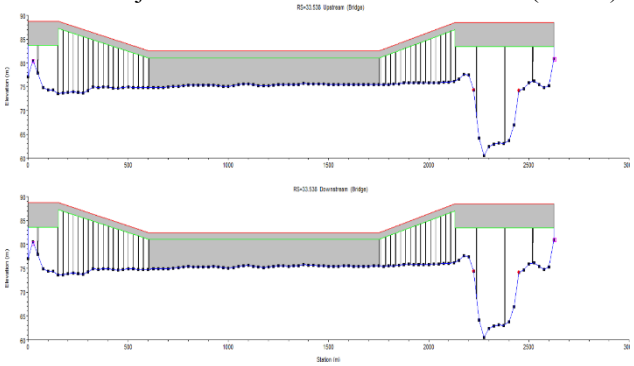
Geometrija rečnog korita kao i poprečni profili glavog korita Tise, za deonicu kroz Srbiju snimani su 2010. godine. Sama morfologija korita reke je promenljiva i bilo bi pogrešno smatrati da je jednom uspostavljen hidraulički model reke konačan.

Intenzitet morfoloških promena na ravničarskim rekama varira tokom godine. Shodno tome, poprečni profil glavnog korita Tise sa razmakom od 200 m, od MS Senta do MS Titel, snimani 2020. godine od strane Direkcije za plovne puteve, integrisani su u HEC RAS i zajedno sa postojećim podacima o priobalju (slika 1).



Slika 1: *Geometrija rečnog korita reke Tise*

Za svaki profil definisano je odstojanje do sledećeg nizvodnog profila i to tri vrednosti: po glavnom koritu, levoj inundaciji i desnoj inundaciji. Na taj način se poprečni profili učitavaju selektivno u nizvodnom smeru.
Kod izrade hidrauličkog modela za proračun proticajnog kapaciteta glavnog korita i inundacija važan faktor je kalibracija preko promene koeficijenta rapavosti.
Maningov koeficijent otpora je, kao što je poznato, hidraulički parametar koji se menja sa promenom protoka, pa bi bilo logično da se zadaje zajedno sa protokom, a ne sa geometrijom korita.
Međutim, u programskom paketu HEC RAS Maningov koeficijent vezuje se za poprečni presek (geometriju) projekta. Zbog toga je za hidrauličke proračune potrebno napraviti onoliko datoteka sa geometrijom, koliko ima analiziranih protoka.
Za ovako formiran i kalibrisan hidraulički model iskorišćen je za proračun uticaja, stvaranje uspora uzvodno od novog mosta (miran režim Fr<1), i za samu konstrukciju mosta i za prilazne rampe u inundaciji. Na predmetnom području izrađeno je tri mosta kao i Brana Novi Bečej preko reke Tise koji su integrisani u model.
Na isti način je integrisan i novoprojektovani most preko reke Tise koji se nalazi na stacionaži 33.538 km. (slika 2).

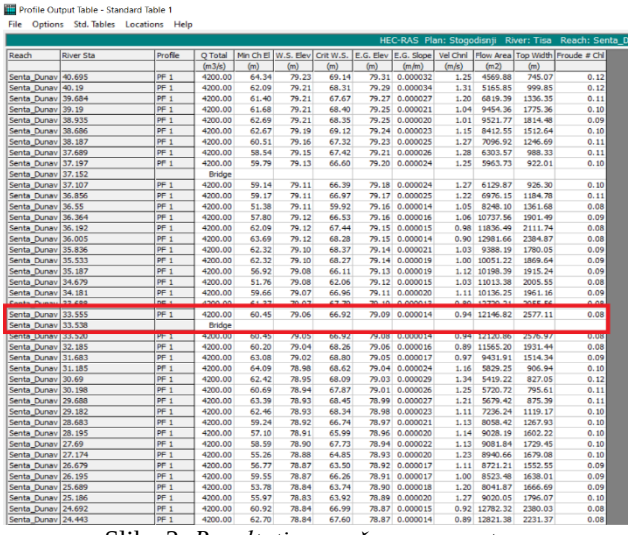


Slika 2: *Poprečni profil mosta*

Model bez novoprojektovanog mosta kao i model sa projektovanim mostom, kalibrisan je na ustaljeno tečenje podacima verovatnoće pojave 1%.
Proticaj kod Sente 100 godišnjeg povratnog perioda prema dostavljenim podacima iz RHMZ-a iznosi 4200 m^3/s.
Sprovedeno je nekoliko simulacija uz variranje Maningovog koeficijenta dok nije postignuto zadovoljavajuće podudaranje sračunatih podataka i rezultata modela.

5.2. Rezultati analize i zaključak

Rezultati linijskog modela su prethodne zaključke i potvrdili.
Pokazali su uspor od 1 cm.
Tabelarni prikaz rezultata uzvodnih profila sa mostom i bez mosta iz softvera za 1% veliku vodu dati su na slikama 3 i 4.


Profile Output Table - Standard Table 1
File Options Std. Tables Locations Help
HEC-RAS Plan: Stogodisnji River: Tisa Reach: Senta_D

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Senta_Dunav	40.695	PF 1	4200.00	64.34	79.23	69.14	79.31	0.000032	1.25	4569.88	745.07	0.12
Senta_Dunav	40.19	PF 1	4200.00	62.09	79.21	68.31	79.29	0.000034	1.31	5165.85	999.85	0.12
Senta_Dunav	39.684	PF 1	4200.00	61.40	79.21	67.67	79.27	0.000027	1.20	6819.39	1336.35	0.11
Senta_Dunav	39.19	PF 1	4200.00	61.68	79.21	68.40	79.25	0.000021	1.04	9454.36	1775.36	0.10
Senta_Dunav	38.935	PF 1	4200.00	62.69	79.21	68.35	79.25	0.000020	1.01	9521.77	1814.48	0.09
Senta_Dunav	38.686	PF 1	4200.00	62.67	79.19	69.12	79.24	0.000023	1.15	8412.55	1512.64	0.10
Senta_Dunav	38.187	PF 1	4200.00	60.51	79.16	67.32	79.23	0.000025	1.27	7096.92	1246.69	0.11
Senta_Dunav	37.689	PF 1	4200.00	58.54	79.15	67.42	79.21	0.000026	1.28	6303.57	988.33	0.11
Senta_Dunav	37.197	PF 1	4200.00	59.79	79.13	66.60	79.20	0.000024	1.25	5963.73	922.01	0.10
Senta_Dunav	37.152		Bridge									
Senta_Dunav	37.107	PF 1	4200.00	59.14	79.11	66.39	79.18	0.000024	1.27	6129.87	926.30	0.10
Senta_Dunav	36.856	PF 1	4200.00	59.17	79.11	66.97	79.17	0.000025	1.22	6976.15	1184.78	0.11
Senta_Dunav	36.55	PF 1	4200.00	51.38	79.11	59.92	79.16	0.000014	1.05	8248.10	1361.68	0.08
Senta_Dunav	36.364	PF 1	4200.00	57.80	79.12	66.53	79.16	0.000016	1.06	10737.56	1901.49	0.09
Senta_Dunav	36.192	PF 1	4200.00	62.09	79.12	67.44	79.15	0.000015	0.98	11836.49	2111.74	0.08
Senta_Dunav	36.005	PF 1	4200.00	63.69	79.12	68.28	79.15	0.000014	0.90	12981.66	2384.87	0.08
Senta_Dunav	35.836	PF 1	4200.00	62.32	79.10	68.37	79.14	0.000021	1.03	9388.19	1780.05	0.09
Senta_Dunav	35.533	PF 1	4200.00	62.32	79.10	68.27	79.14	0.000019	1.00	10051.22	1869.64	0.09
Senta_Dunav	35.187	PF 1	4200.00	56.92	79.08	66.11	79.13	0.000019	1.12	10198.39	1915.24	0.09
Senta_Dunav	34.679	PF 1	4200.00	51.76	79.08	62.06	79.12	0.000015	1.03	11013.38	2005.55	0.08
Senta_Dunav	34.181	PF 1	4200.00	59.66	79.07	66.96	79.11	0.000020	1.11	10136.25	1961.16	0.09
Senta_Dunav	33.688	PF 1	4200.00	61.37	79.06	67.79	79.09	0.000013	0.89	13730.31	2055.51	0.08
Senta_Dunav	33.555	PF 1	4200.00	60.45	79.06	66.92	79.09	0.000014	0.94	12146.82	2577.11	0.08
Senta_Dunav	33.538		Bridge									
Senta_Dunav	33.520	PF 1	4200.00	60.45	79.05	66.92	79.08	0.000014	0.94	12120.86	2576.97	0.08
Senta_Dunav	32.185	PF 1	4200.00	60.20	79.04	68.26	79.06	0.000016	0.89	11565.20	1931.44	0.08
Senta_Dunav	31.683	PF 1	4200.00	63.08	79.02	68.80	79.05	0.000017	0.97	9431.91	1514.34	0.09
Senta_Dunav	31.185	PF 1	4200.00	64.09	78.98	68.62	79.04	0.000024	1.16	5829.25	906.94	0.10
Senta_Dunav	30.69	PF 1	4200.00	62.42	78.95	68.09	79.03	0.000029	1.34	5419.22	827.05	0.12
Senta_Dunav	30.198	PF 1	4200.00	60.69	78.94	67.87	79.01	0.000026	1.25	5720.72	795.61	0.11
Senta_Dunav	29.688	PF 1	4200.00	63.39	78.93	68.45	78.99	0.000027	1.21	5679.42	875.39	0.11
Senta_Dunav	29.182	PF 1	4200.00	62.46	78.93	68.34	78.98	0.000023	1.11	7236.24	1119.17	0.10
Senta_Dunav	28.683	PF 1	4200.00	59.24	78.92	66.74	78.97	0.000021	1.13	8058.42	1267.93	0.10
Senta_Dunav	28.195	PF 1	4200.00	57.10	78.91	65.99	78.96	0.000020	1.14	9028.19	1602.22	0.10
Senta_Dunav	27.69	PF 1	4200.00	58.59	78.90	67.73	78.94	0.000022	1.13	9081.84	1729.45	0.10
Senta_Dunav	27.174	PF 1	4200.00	55.26	78.88	64.85	78.93	0.000020	1.23	8940.66	1679.08	0.10
Senta_Dunav	26.679	PF 1	4200.00	56.77	78.87	63.50	78.92	0.000017	1.11	8721.21	1552.55	0.09
Senta_Dunav	26.195	PF 1	4200.00	59.55	78.87	66.26	78.91	0.000017	1.00	8523.48	1638.01	0.09
Senta_Dunav	25.689	PF 1	4200.00	53.78	78.84	63.74	78.90	0.000018	1.20	8041.87	1666.69	0.09
Senta_Dunav	25.186	PF 1	4200.00	55.97	78.83	63.92	78.89	0.000020	1.27	9020.05	1796.07	0.10
Senta_Dunav	24.692	PF 1	4200.00	60.92	78.84	66.99	78.87	0.000015	0.92	12782.32	2380.03	0.08
Senta_Dunav	24.443	PF 1	4200.00	62.70	78.84	67.60	78.87	0.000014	0.89	12821.38	2231.37	0.08

Slika 3: *Rezultati proračuna sa mostom*


Profile Output Table - Standard Table 1
File Options Std. Tables Locations Help
HEC-RAS Plan: plan1 River: Tisa Reach: Senta_D

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Senta_Dunav	40.695	PF 1	4200.00	64.34	79.23	69.14	79.30	0.000032	1.25	4564.20	745.03	0.12
Senta_Dunav	40.19	PF 1	4200.00	62.09	79.21	68.31	79.28	0.000034	1.31	5158.15	999.81	0.12
Senta_Dunav	39.684	PF 1	4200.00	61.40	79.20	67.67	79.26	0.000027	1.20	6809.06	1336.31	0.11
Senta_Dunav	39.19	PF 1	4200.00	61.68	79.21	68.40	79.25	0.000021	1.04	9440.60	1775.32	0.10
Senta_Dunav	38.935	PF 1	4200.00	62.69	79.20	68.35	79.24	0.000020	1.01	9507.46	1814.44	0.09
Senta_Dunav	38.686	PF 1	4200.00	62.67	79.18	69.12	79.23	0.000023	1.15	8400.74	1512.60	0.10
Senta_Dunav	38.187	PF 1	4200.00	60.51	79.15	67.32	79.22	0.000025	1.27	7087.11	1246.64	0.11
Senta_Dunav	37.689	PF 1	4200.00	58.54	79.14	67.42	79.21	0.000026	1.28	6295.77	988.28	0.11
Senta_Dunav	37.197	PF 1	4200.00	59.79	79.13	66.60	79.19	0.000024	1.25	5956.42	921.92	0.10
Senta_Dunav	37.152		Bridge									
Senta_Dunav	37.107	PF 1	4200.00	59.14	79.10	66.39	79.17	0.000024	1.27	6122.51	926.22	0.10
Senta_Dunav	36.856	PF 1	4200.00	59.17	79.10	66.97	79.16	0.000025	1.22	6966.71	1184.72	0.11
Senta_Dunav	36.55	PF 1	4200.00	51.38	79.11	59.92	79.15	0.000014	1.06	8237.29	1361.63	0.08
Senta_Dunav	36.364	PF 1	4200.00	57.80	79.11	66.53	79.15	0.000017	1.06	10722.40	1901.41	0.09
Senta_Dunav	36.192	PF 1	4200.00	62.09	79.11	67.44	79.14	0.000015	0.98	11819.63	2111.68	0.08
Senta_Dunav	36.005	PF 1	4200.00	63.69	79.11	68.28	79.14	0.000014	0.90	12962.65	2384.80	0.08
Senta_Dunav	35.836	PF 1	4200.00	62.32	79.10	68.37	79.14	0.000021	1.03	9373.94	1779.99	0.09
Senta_Dunav	35.533	PF 1	4200.00	62.32	79.09	68.27	79.13	0.000019	1.00	10036.23	1869.59	0.09
Senta_Dunav	35.187	PF 1	4200.00	56.92	79.08	66.11	79.12	0.000019	1.12	10182.93	1915.20	0.09
Senta_Dunav	34.679	PF 1	4200.00	51.76	79.07	62.06	79.11	0.000015	1.03	10997.19	2005.51	0.08
Senta_Dunav	34.181	PF 1	4200.00	59.66	79.06	66.96	79.10	0.000020	1.11	10120.31	1961.11	0.09
Senta_Dunav	33.688	PF 1	4200.00	61.37	79.05	67.79	79.09	0.000013	0.89	13717.53	2055.51	0.08
Senta_Dunav	33.555	PF 1	4200.00	60.45	79.05	66.92	79.09	0.000014	0.94	12125.82	2577.00	0.08
Senta_Dunav	33.538	PF 1	4200.00	60.45	79.05		79.08	0.000014	0.94	12136.81	2591.55	0.08
Senta_Dunav	33.520	PF 1	4200.00	60.45	79.05	66.92	79.08	0.000014	0.94	12120.86	2576.97	0.08
Senta_Dunav	32.185	PF 1	4200.00	60.20	79.04	68.26	79.06	0.000016	0.89	11565.20	1931.44	0.08
Senta_Dunav	31.683	PF 1	4200.00	63.08	79.02	68.80	79.05	0.000017	0.97	9431.91	1514.34	0.09
Senta_Dunav	31.185	PF 1	4200.00	64.09	78.98	68.62	79.04	0.000024	1.16	5829.25	906.94	0.10
Senta_Dunav	30.69	PF 1	4200.00	62.42	78.95	68.09	79.03	0.000029	1.34	5419.22	827.05	0.12
Senta_Dunav	30.198	PF 1	4200.00	60.69	78.94	67.87	79.01	0.000026	1.25	5720.72	795.61	0.11
Senta_Dunav	29.688	PF 1	4200.00	63.39	78.93	68.45	78.99	0.000027	1.21	5679.42	875.39	0.11
Senta_Dunav	29.182	PF 1	4200.00	62.46	78.93	68.34	78.98	0.000023	1.11	7236.24	1119.17	0.10
Senta_Dunav	28.683	PF 1	4200.00	59.24	78.92	66.74	78.97	0.000021	1.13	8058.42	1267.93	0.10
Senta_Dunav	28.195	PF 1	4200.00	57.10	78.91	65.99	78.96	0.000020	1.14	9028.19	1602.22	0.10
Senta_Dunav	27.69	PF 1	4200.00	58.59	78.90	67.73	78.94	0.000022	1.13	9081.84	1729.45	0.10
Senta_Dunav	27.174	PF 1	4200.00	55.26	78.88	64.85	78.93	0.000020	1.23	8940.66	1679.08	0.10
Senta_Dunav	26.679	PF 1	4200.00	56.77	78.87	63.50	78.92	0.000017	1.11	8721.21	1552.55	0.09
Senta_Dunav	26.195	PF 1	4200.00	59.55	78.87	66.26	78.91	0.000017	1.00	8523.48	1638.01	0.09
Senta_Dunav	25.689	PF 1	4200.00	53.78	78.84	63.74	78.90	0.000018	1.20	8041.87	1666.69	0.09
Senta_Dunav	25.186	PF 1	4200.00	55.97	78.83	63.92	78.89	0.000020	1.27	9020.05	1796.07	0.10
Senta_Dunav	24.692	PF 1	4200.00	60.92	78.84	66.99	78.87	0.000015	0.92	12782.32	2380.03	0.08
Senta_Dunav	24.443	PF 1	4200.00	62.70	78.84	67.60	78.87	0.000014	0.89	12821.38	2231.37	0.08

Slika 4: *Rezultati proračuna bez mosta*

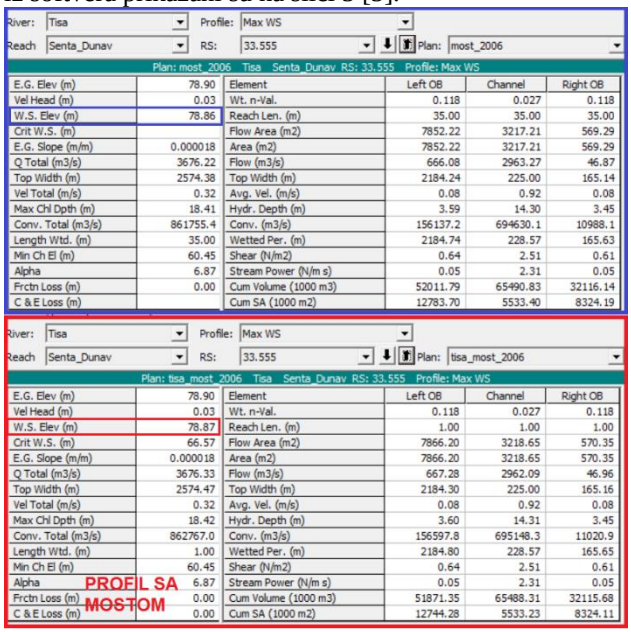
6. HIDRAULIČKA ANALIZA NEUSTALJENOG TEČENJA

6.1. Formiranje hidrauličkog modela reke Tise za neustaljeno tečenje

Pod neusaljenim tečenjem podrazumeva se promena veličina kao što su dubina, brzina, protok i dr. tokom vremena [4].
Za proračun neustaljenog tečenja, sama geometrija u programu se nije menjala, osim podešavanja Maningovog koeficijenta. U odnosu na ustaljen režim, može se primetiti znatna promena Maningovog koeficijenta.
Ono što je karakteristično pri proračunu neustaljenog tečenja u HEC RAS-u je to što je potrebno uvesti uzvodne i nizvodne granične uslove.
Za reku Tisu pri projektovanju novog mosta, uzvodne granične uslove predstavlja brana kod Novog Bečeja.
Zadaje se hidrogram-promena protoka kroz vreme. Hidrogram će se posmatrati za period od 30. marta 2006. godine do 03. maja 2006. godine.
Nizvodni granični uslov predstavlja promena nivoa reke Tise kod Titela, odnosno do ušća Tise u Dunav.
Na osnovu unetih graničnih uslova ponovo je pušten proračun i usledili su novi rezultati.

6.2. Rezultati analize i zaključak

Rezultati proračuna za poslednji poplavni talas iz aprila 2006. godine su takođe potrvrdili razliku od 1 cm.
Tabelarni prikaz rezultata uzvodnog profila sa i bez mosta iz softvera prikazani su na slici 5 [5].



Slika 5: *Rezultati proračuna sa mostom i bez mosta*

7. ZAKLJUČAK

Na osnovu iznetih činjenica o izgradnji autoputa Beograd-Zrenjanin-Novi Sad, koji će uključiti i izgradnju novog mosta preko reke Tise ustanovilo se da su zadovoljeni svi uslovi od stane sektora za prostorno planiranje i urbanizam, ali isto tako je zadovoljena i hidrološko hidraulička analiza. Na osnovu dobijenih potrebnih podataka od stane RHMZ-a modeliran je model novoplaniranog mosta u softverskom paketu HEC RAS i odrađen je proračun za poslednji poplavni talaz iz 2006. godine, za ustaljeno i neustaljeno tečenje reke Tise.
Zaključak iz analiza proizilazi da je uticaj mosta na propagaciju poplavnog talasa zanemarljiv, odnosno da se stvara uspor od svega 1-2 cm.

8. LITERATURA

[1] Ljubodrag M. Savić (2009). Hidrotehničke građevine, Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu
[2] Ljubomir Budinski, HEC RAS, priručnika za studente, Građevinski fakultet, Univerzitet u Novom Sadu
[3-4] Georgije Hajdin, Mehanika fluida, Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu
[5] Slobodan Kolaković (2017). Doktorska disertacija: Model upravljanja poplava na ravničarskim rekama na primeru Dunava kroz Srbiju, FTN, Univerzitet u Novom Sadu

Kratka biografija:



Milica Šljivar rođena je u Pančevu 1997. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iza oblasti Građevinarstvo-Hidrotehnika odbranila je 2022. godine.
Kontakt: milicasljivar@gmail.com.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 624.05
DOI: https://doi.org/10.24867/20CG02Stanojevic

PLANIRANJE I PRAĆENJE IZGRADNJE SAOBRAĆAJNICE KRALJEVO-MATARUŠKA BANJA PRIMENOM BIM SOFTVERA

PLANNING AND MONITORING OF THE KRALJEVO-MATARUŠKA BANJA ROAD CONSTRUCTION USING BIM SOFTWARE

Dragana Stanojević, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – *Predmet rada jeste definisanje osnovnih problema prilikom upravljanja građevinskim projektima i njihovo rešavanje primenom BIM metodologije rada. Objašnjeni su osnovni pojmovi vezani za BIM pristup paraćeni primerima njegove primene u putogradnji. Takođe je praktičnim primerom opisano modeliranje saobraćajnice, a zatim planiranje i praćenje toka izgradnje predmetne deonice primenom BIM softvera.*

Ključne reči: *BIM, Putogradnja, 4D analiza, Planiranje i praćenje, BEXEL Manager, Plateia, IFC*

Abstract – *This paper presents the basic problems in the management of construction projects and solving them by applying the BIM work methodology. The basic terms related to the BIM approach are explained, followed by examples of its application in road construction. A practical example is also used to describe the modeling of the road, and then the planning and monitoring of the construction course. Planning and monitoring of the section in question has been done using BIM software.*

Keywords: *BIM, Road construction, 4D analysis, Planning and monitoring, BEXEL Manager, Plateia, IFC*

1 UVOD

Građevinska industrija veoma kasni kad je u pitanju industrijska revolucija 4.0. Kašnjenje je prouzrokovano kompleksnošću i jedinstvenošću građevinskog projekta, koji zbog svojih karakteristika onemogućuje kreiranje prototipa. Proučavajući ograničenja u kojima se realizuje građvinski projekat, kao što su vreme, troškovi i obim, dolazi se do podatka da 70% projekata probija dinamiku, a 72% budžet [1]. Rad u različitim softverima i programima kao i njihovo kombinovanje uzrokuje rasipanje informacija. Rešenje navedenih problema se nalazi u BIM metodologiji koja redukuje broj nepotrebnih aktivnosti.

Tema rada je zasnovana na primeni BIM-a u putogradnji i njegovom načinu doprinosa posmatranoj oblasti. U prvom delu rada prikazane su teorijske osnove BIM-a kao pristupa, dok je drugi deo posvećen praktičnom primeru projekta pripremljenog za analizu u BIM softveru.

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Igor Peško, docent.

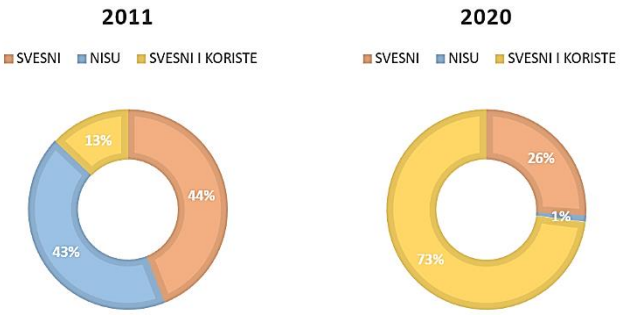
2 BIM METODOLOGIJA

Postavlja se pitanje šta je BIM tačno, da li je to softver, model zgrade, proces ili organizacioni skup podataka. Odgovor je da BIM nije samo 3D model nego čitava filozofija upravljanja i realizacije projekta, tj. sve prethodno navedeno [2].

Skraćenica BIM ima nekoliko značenja:

- Buliding Information Model – upravljanje informacijskim modelom građevine,
- Buliding Information Modeling – modeliranje informacijama o građevini,
- Buliding Information Management – upravljanje infrmacijama građevine.

U suštini BIM predstavlja kreiranje digitalnog blizanca postujeće ili buduće izgrađene okoline. Digitalni prototip je potkrepljen brojnim informacijama što omogućava simulaciju objekta i razumevanje njegovog ponašanja pre početka same izgrdanje.
Zbog mnogobrojnih prednosti koje pruža veliki broj arhitektonskih i građevinskih inženjera, kao i projekt menadžera, počinju da koriste nove BIM tehnologije.



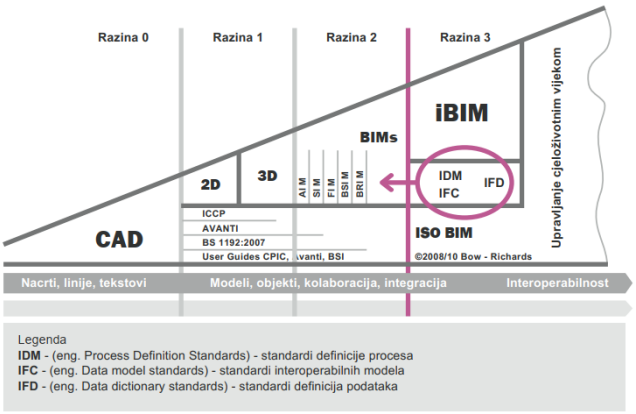
Slika 1 BIM „svesnost" i upotreba 2011. i 2020. god [3]

2.1 Istorijski razvoj BIM metodologije

Tehnološka ograničenja često su sprečavala vizionarske ideje da postanu stvarnost čim bi bile osmišljene, kao što je slučaj i sa BIM-om. Još 1960-ih, mislioci su zamišljali da koriste računare i softver za snimanje vizuelnog dizajna i tehničkih specifikacija zgrada na način koji bi se lako mogao prilagoditi po potrebi. Međutim, računari, baze podataka i druga neophodna IT infrastruktura nije bila toliko razvijena kao danas. Iako su ljudi imali ideju o BIM-u, bili su primorani da čekaju tehnološki razvoj [4].

Proces razvijanja BIM-a je opisan modelom sa četiri nivoa razvijenosti, sa ciljem definisanja standarda i

prepoznavanja potreba za postizanje određenog nivoa. Model je razvio Bew-Richards i prikazan je na slici ispod.



Slika 2 Bew-Richards model zrelosti BIM-a [5]

Na nivou 1 se trenutno nalazi većina korporacija. Ovaj nivo predstavlja kombinaciju 3D CAD-a za koncepciju rada i 2D za izradu projekta i tehničke dokumentacije.

2.2 BIM standardi

Ideja BIM-a je da više timova radi na istom projektu u što užoj saradnji. Zbog tog razloga neophodno je imati standarde kojih će se zainteresovane strane moći pridržavati i to po mogućnosti ne na samo jednom projektu nego i na svim ostalim, da bi se izbeglo neuspešno sarađivanje zbog različitih viđenja stvari [6].

BIM standarda ima jako mnogo, a svi se temelje na buildingSMARTinternational standardima. Building smart international je međunarodna neprofitna organizacija koja je za cilj imala digitalizaciju građevinske industrije i omogućavanje laganog načina rada bez obzira na primenjeni softver. Zbog toga nastaje .ifc koji je ustvari otvoreni format datoteke [7].

Ono što je .pdf za word to je .ifc za BIM. Ako se osobi pošalje .pdf ona ga može otvoriti iako nema instaliran word i tad se javlja *open* komunikacija. Konkretno gledajući BIM ako osoba radi u revitu i pošalje .ifc fajl osoba koja radu u allplanu može ga takođe otvoriti iako je u pitanju drugi softver [7].

2.3 BIM dimenzije

Dinamika građenja je oblast na kojoj su BIM softveri mnogo napredovali poslednjih godina. Akcenat je da se u fazi planiranja razradi svaki detalj projekta, zbog čega su BIM alati prerasli trodimenzionalno i napredovali prema višedimenzionalnom projektovanju. Svaka dimenzija predstavlja jedan aspekt projekta, kao što na primjer 3D predstavlja prostorni model objekta. Dalji napredak tehnologije iskoristio je kao bazu 3D model, na koji se vežu i razvijaju dodatne dimenzije, poput vremena (4D), troškova (5D), održivosti i potrošnje energije (6D) te upravljanja i održavanja objekta (7D).

2.4 Planiranje i praćenje - 4D BIM

Dodavanjem vremenske dimenzije 3D modelu dobija se 4D model koji pre svega služe kao komunikacijski alati za poboljšanje saradnje i otkrivanje mogućih uskih grla projekta, koji projektnom i izvođačkom timu daje bolji uvid u glavne događaje projekta kao i u plan građenja.

4D model pruža mogućnost kreiranja 4D animacija. Kordinacija građevinskih procesa se može poboljšati korišćenjem BIM softvera uz pomoć kojih će se elementi u modelu povezati sa kreiranim akivnostima u aplikaciji za upravljanje projektima. Ovo stvara vremensku animaciju rasporeda građenja u kojem elementi postaju vidljivi istim tokom kao i njihove aktivnosti koje su organizovane u planu građenja. [8] Time izvođači pregledaju 4D simulacije kako bi osigurali što je moguće više održivim i efikasnijim plan građenja.

3 BIM U PUTOGRADNJI

Iako postoji mnogo uspešnih priča o korišćenju BIM-a za vertikalno okruženje, ipak je mnogo manje slučajeva za njegovo korišćenje u onome koje je poznato kao horizontalno, tačnije za puteve i druge linijske objekte. Uzrok toga su razlike u geometriji objekata ili broju kolizija između elemenata koji je kod putnih objekata znatno manji.

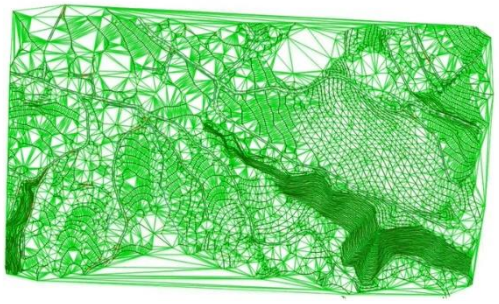
Ipak, BIM dobija zamah u svojoj primeni na razvoj infrastrukture zbog njegovih višestrukih prednosti koje utiču na smanjenje svakodnevnih problema kompatibilnosti, grešaka u dizajnu ili analizi, te smanjenju vremena i troškova [9].

BIM modeli koji se koriste za infrastrukturne projekte ne moraju biti samo povezani sa modelima različitih struktura koje su deo ili su u interakciji sa njima (stanice metroa duž tunela ili mostovi duž puta), već i sa geografskim informacionim sistemima (GIS) koji obuhvataju sisteme urbanih razmera [10].

3.1 Projektovanje

Tradicionalni način izrade autoputeva je počinjao izradom 2D crteža projektno tehničke dokumentacije. Svaki korak se završavao pre nego što je započet sledeći. Ovakav pristup funkcioniše dobro dok ne dođe do potrebe za izmenama na projektu.

Dok se primenom BIM-a za projektovanje saobraćajnica počinje izradom kvalitetnih 3D podloga terena, kao što su digitalni model terena (DTM). On predstavlja modeliranu mrežu sa vrednostima nadmorskih visina na svakom čvoru, što stvara digutalnu predstavu površine terena, koja je ujedno dinamički povezana sa osovinama, uzdužnim i poprečnim profilima.



Slika 3 Primer izgleda digitalnog modela terena [11]

3.2 BIM u modeliranju postojećih objekata

BIM pomaže u prikazu trenutnog stanja terena namenjenog za građevinske radove, koristeći različite ulazne podatke kao što su GIS podaci ili korišćenjem različitih tehnologija kao što je lasersko skeniranje, za razvoj pouzdanog modela postojećeg građevinskog stanja itd. Ovaj model se zatim koristi za simulaciju uticaja predloženih dizajnerskih rešenja, angažovanje zainteresovanih strana u zajednici i vizuelizaciju. [12] Mobilno (MLS) i avionsko (ALS) lasersko skeniranje je vrlo pogodno za snimanje koridora i saobraćajnica svih vrsta.
Velika prilagodljivost ovih tehnika prikupljanja prostornih informacija omogućava kreiranje oblaka tačaka veoma visoke prostorne rezolucije (nekoliko desetina hiljada tačaka po kvadratnom metru). Ovako velika gustina prikupljenih podataka pruža detaljan uvid u stanje kolovoza i sve eventualne anomalije koje je potrebno sanirati.

3.3 Softveri

Kvalitetna primena BIM-a ne bi bila moguća bez primene BIM sefrtifikovanih softvera, neki od njih su namenjeni za projektovanje objekata, drugi za analizu, a postoje i oni koji služe za samo pregledanje objekata bez ikakvih mogućnosti menjanja informacija. BIM softver mora imati mogućnost prezentovanja fizičkih i funkcionalnih svojstava građevine kao modela na koji se veže baza podataka.

Organizacija bulidingSmart sprovodi sertifikaciju BIM softvera i na svojoj stranici se nalazi njihov popis [5] među kojima se nalaze Autodesk Infraworks, Autodesk Civil 3D, Bentley OpenRoads, and Bentley OpenRail kao i CGS Labs Plateia i BEXEL Manager koji su bili korišćeni za potrebe ovog rada.

3.4 Primene BIM-a u svetu

Jedana od velikih prednosti BIM-a je njegova mogućnost upotrebe u razvoju i implementaciji obimne dokumentacije i šablona što omogućuje njegovu primenu u izazovnim projektima kao što je na primer projekat Rail Baltica. Rail Baltica je ambiciozan pokušaj da se baltičke države integrišu u široku evropsku železničku mrežu. Ujedno je najveći infrastrukturni projekat u tom regionu u prošlom veku. Njegova veličina nije jedini ambiciozni deo. Tehnološki je napredan i opremljen za progresivan svet, sa ekološki prihvatljivim dizajnom.

Sa oko 870 km koloseka i više od 400 novih mostovskih konstrukcija, ovaj infrastrukturni projekat je veoma obiman. Preduzetni i progresivni atributi ovog projekta čine ga savršenim poduhvatom za implementaciju BIM pristupa dizajnu usredsređenog na podatke koji pomaže da AEC industrija bude efikasnija i naprednija [13].

4 IDEJNO REŠENJE PUTA KRALJEVO-MATARUŠKA BANJA

U master radu je izvršeno planiranje i praćenje izgradnje saobraćajnice II-B reda, broj 410 Kraljevo-Mataruška Banja ukupne dužine L~4km, tj. 4D analiza putne deonice.

Tehničko rešenje je izrađeno u skladu sa važećim Standardom. Saobraćajnica je prikazana kroz:

- Elemente projektne geometrije,
- Kolovoznu konstrukciju i
- Predmer radova uz tehnički opis.

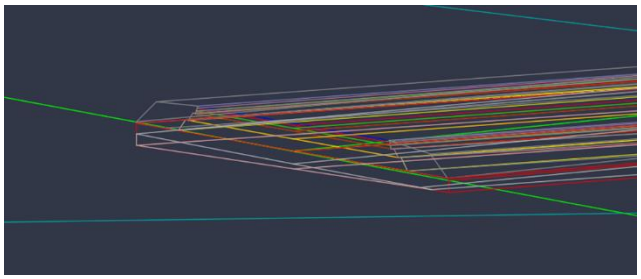
Kao podloga za analizu izrađen je 3D model predmetne saobraćajnice pomoću CGS Labs Plateia paketa. Dalje analize i vizuelizacije izvršene su pomoću programa BEXEL Manager. Kombinacija modela izrađenih korišćenjem različitih softvera zasnovana je upravo na principu interoperabilnosti koji korisnicima omogućava razmenu informacija.



Slika 4 Predmetna deonica, Plateia

4.1 Modeiranje saobraćajnice u programu Plateia

Zarad dobijanja tačne analize pre svega je neophodno posedovanje kvalitetnog modela koji sadrži relevantne informacije. S tim u vezi prilikom izrade rada velika pažnja je posvećena kreiranju detaljnog modela saobraćajnice, što prvenstveno podrazumeva kreiranje digitalnog modela terena, a zatim projektovanje geometrije puta. Zarad izradu 3D modela saobraćajnice neophodno je planimetrisanje količina što korisnicima daje mogućnost povezivanja definisanih materijala u projektima sa bazom podataka o materijalima u softverima za procenu i analizu troškova.



Slika 5 3D solid model, Plateia

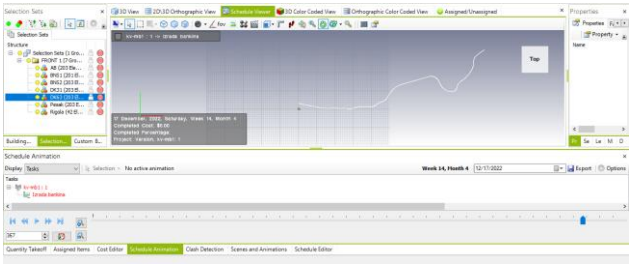
Završni korak je izvoz .ifc formata pri čemu će se obezbediti kompatibilnost između softvera za modeliranje i softvera za upravljanje projektima.

4.2 4D analiza u programu BEXEL

Uz pomoć mnogih alata kojima program raspolaže izvršena je vizuelna obrada 3D modela, izrada pogleda i animacija kao i suštinska animacija dinamičkog plana, samim tim 4D model.

U programu BEXEL moguće je kreiranje novog, uređenje postojećeg, uvoz ili izvoz dinamičkog plana. Za potrebe ovog rada na osnovu potrebnih aktivnosti kreiran je dinamički plan u programu MS Project-u koji je importovan u BEXEL u formatu XML. Povezivanjem grupa elemenata sa pozicijama dinamičkog plana dobija se gantogram sa svim neophodnim parametrima.

4D model i animacija dinamičkog plana predstavljaju konačni proizvod povezivanja elemenata 3D modela sa dinamičkim planom. Da bi se animacija postigla programu se zadaje naredba za izvršenje simulacije toka izgradnje objekta, čija je simulacija vidljiva u posebnom pogledu *Schedule Viewer*. Na taj način je moguće ispratiti napredak radova kroz vreme i u svakom momentu videti u kojoj fazi je neka od aktivnosti.



Slika 6 Animacija dinamičkog plana, BEXEL Manager

5 ZAKLJUČAK

Kroz master rad je pored teorijskog upoznavanja sa BIM metodologiom i njegovom primenom u putogradnji prikazan praktičan primer 4D analize projekta saobraćajnice. Master radom je kreirana simulacija dinamičkog plana izgrdnje puta IIB reda Kraljevo-Mataruška Banja, primenom savremenih BIM sertifikovanih softvera.

Primena BIM-a kao i bilo koje savremene tehnologije nosi sa sobom određene prednosti i nedostatke. Prilikom istraživanja uočeni su određene barijere koje umanjuju primenu BIM pristupa a među njima se izdvajaju:

- Novčani gubici. Novac uložen u BIM pristup je najveći na početku ali se adekvatnom upotrebom BIM metodologije on može kompenzovati. Neki od većih novčanih gubitaka koji se mogu izdvojiti su na primer obuka radnika ili kupovina softvera.
- Ljudska priroda. Čovek u strahu stvara averziju prema novitetima i sumnja u njihovu efikasnost, te izbegava njihovo korišćenje.
- Manjak znanja i inženjerskog iskustva od strane inženjera, kao i nedostatak veština upravljanja softverima.

Ipak nasuprot navedenim barijerama sve je veći broj ljudi koji je upoznat sa BIM-om što indukuje rast njegove primene.

Prednosti 4D simulacije se ne ogledaju samo u mogućnosti bolje vizuelizacije nego i u pružanju tačnijih interpretacija projekta, koje bi umanjile mogućnost nastanka zastoja, promene redosleda u gradnji ili probijanje rokova. Kako je praćenje izvedenih radova dosta pojednostavljeno primenom 4D simulacija, izvođaču radova se ujedno povećava svest o neophodnoj efikasnosti u radu. Zbog toga jedna od BIM-ovih najvećih prednosti je pouzdan prenos informacija između projektnih timova i pouzdanost informacija za one koji održavaju objekat.

6 LITERATURA

[1] https://www.youtube.com/watch?v=gU62ez3eWIU
[2] https://www.youtube.com/watch?v=wsXnjZnZ48c
[3] NBS' 10th National BIM Report
[4] https://www.digitalschool.ca/building-information-modeling-a-history/
[5] M.Jurčević, M.Pavlović, H.Šolman; Opće smjernice za BIM pristup u graditeljstvu; Zagreb, 2017
[6] https://bim4me.com/bim-standardi/
[7] https://www.digitalschool.ca/building-information-modeling-a-history/
[8] https://bim4me.com/bim-standardi-ogranicenje-ili-sloboda/
[9] https://www.digitalschool.ca/a-look-at-calgarys-green-line-for-students-in-bim-courses/
[10] Dana K. Smith, FAIA Michael Tardif, Assoc. AIA, CSI, Hon. SDA; Building Information Modeling A Strategic Implementation Guide for Architects, Engineers, Constructors, and Real Estate Asset Managers; 2012
[11] https://www.youtube.com/watch?v=TAnIrMyTWCA&t=291s
[12] https://revitbimservices.blogspot.com/2016/05/bim-for-roads-and-highways transforming.html
[13] https://www.digitalschool.ca/rail-baltica-and-bim-what-students-should-know/

Kratka biografija:



Dragana Stanojević rođena je u Muhadžer Takinovcu 18.05.1998. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo " Planiranje i praćenje izgradnje saobraćajnice Kraljevo-Mataruška Banja primenom BIM softvera" odbranila je 2022.god.

Kontakt: dragana.stanojevic@uns.ac.rs.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 725.39
DOI: https://doi.org/10.24867/20CG03Terzic

УРГЕНТНО ОДРЖАВАЊЕ ПУТЕВА – ПРИМЕР УРГЕНТНОГ ОДРЖАВАЊА ПУТЕВА НА ДЕОНИЦИ ПУТА ІБ 27, КРСТ - ЗАВЛАКА

URGENT ROADS MAINTENANCE – EXAMPLE OF URGENT ROADS MAINTENANCE AT SECTION OF ROAD IB27, KRST – ZAVLAKA

Милица Терзић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај: *У оквиру рада приказане су теоријске основе пројектовања радова на ургентном одржавању путева. Дефинисан је појам ургентног одржавања уз поређење врста радова који се изводе при редовном и ургентном одржавању. Анализирана је постојећа законска регулатива одржавања путева у Републици Србији, као и институционална хијерархија у ванредним ситуацијама. Разматрани су могући правци унапређења одговора путног сектора у поменутим околностима. Израђен је идејни пројекат ургентног одржавања пута ІБ 27, деоница: Крст – Завлака, од km 0+000.00 до km 4+955.00.*

Кључне речи: *ургентно одржавање путева, ванредне ситуације, оштећења коловоза*

Abstract: *In this paper theoretical bases of design at urgent road maintenance are presented. Also, the term of urgent maintetnance is specificly defined, emphasising the comparation of types of work performed during regular and urgent maintenance. Current legal regulation of road maintenance in the Republic of Serbia was analyzed, as well as the institutional hierarchy in emergency situations. Possible ways of improving road sector's response in the mentioned circumstances were discussed. A conceptual project for the urgent maintenance of road IB 27, section: Krst - Zavlaka, from km 0+000.00 to km 4+955.00, was prepared.*

Keywords: *urgent road maintenance, emergency situations, pavement damages*

1. УВОД

Специфичност пута као објекта је да се стање неминовно погоршава током његовог животног века и то интезитетом који зависи од уграђених материјала, оптерећења, климатских утицаја, итд. У зависности од временске дистанце (у односу на почетак експлоатације), обима радова и „ритма“ понављања одржавање се може категорисати као:

1. редовно
2. превентивно
3. периодично и појачано
4. рехабилитација
5. реконструкција
6. интервентно – ургентно.

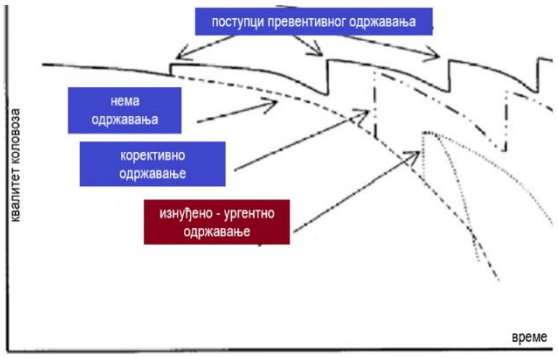


График 1: *Приказ пропадања коловоза и потребног нивоа интервенције*

Радови на редовном и превентивном одржавању су најважнији фактори (након пројектовања пута) који утичу на квалитет пружања услуге и продужење животног века пута. Сад друге стране, приликом различитих природних непогода и катастрофа (поплава, земљотреса високих магнитуда) и разних ванредних околности, најчешћа последица је тренутна неупотребљивост пута (необезбеђена мобилност) и небезбедни услови одвијања саобраћаја.

На подручју Републике Србије природни хазарди који највише утичу на путну инфраструктуру су:

- поплаве – интезивне падавине, топљење снега:

оне могу блокирати тунеле, уништити мостове или прекинути саобраћајне везе

- јаке падавине и/или земљотреси:

утичу на стабилност косина, активирају се клизишта због чега се блокира или оштећује, па и разара инфраструктура

- ерозија речних обала
- ледене и снежне падавине.

2. ИНСТИТУЦИОНАЛНИ ОКВИРИ

Одржавањем путева баве се предузећа која формирају и управљају базама за одржавање, што представља уговорну обавезу извођача да успостави сопствени капацитет за одржавање путева. То подразумева располагање капацитетима у виду механизације и запослених. Закон о јавним путевима прописује процедуру за отклањање последица елементарних непогода када дође до прекида

НАПОМЕНА:
Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био проф. др Небојша Радовић.

одвијања саобраћаја и управљач јавног пута је дужан да поступа у складу са њом. Процедура хронолошки дефинише конкретне радове који се спроводе током и након ванредне ситуације, почев од постављања привремене саобраћајне сигнализације, преко радова за елиминисање оштећења и оспособљавање пута за безбедно коришћење, до обављања ванредних прегледа и извођења радова.

Уговарање и финансирање одговора на ванредне ситуације спроводи Јавно предузеће Путеви Србије (ЈППС) за мрежу путева која је у надлежности ове институције. Тиме се ЈППС дефинише као веза са Сектором за ванредне ситуације и представља организациону подршку у ванредним ситуацијама.

3. ОШТЕЋЕЊА И НАЧИНИ ЊИХОВОГ САНИРАЊА ПРИ УРГЕНТНОМ ОДРЖАВАЊУ

Обим и врста радова на одржавању било ког нивоа пре свега зависи од врсте коловозне конструкције (крута или флексибилна).

Са аспекта врста оштећења посебна пажња се посвећује пукотинама, ударним рупама и удубљењима насталим смицањем слојева коловозне конструкције или неравномерним слегањима услед неког од инцидентних дејстава.

Проблем пукотина се решава површинском обрадом, испуном и обновом застора. Одабир материјала за заптивање или испуњавање пукотина зависи од климе, обима саобраћаја, густине и дубине пукотина, расположиве опреме, итд. Најчешће се примењују следеће групе материјала:

- термопластични хладно применљиви материјали
  - а. течни битумен
  - б. полимер-модификовани течни битумен
- термопластични топло применљиви материјали
  - а. битумен
  - б. мешавина битумена и филера
  - в. мешавина битумена и влакана
  - г. мешавина битумена и гуме
- термовезујући хемијски материјали
- самоизравнавајући силикони

Рупе су нешто комплекснији проблем, па самим тим према њиховој дубини и површини постоје различите технике санације, од којих су најсложеније:

- распршивање – инјектирање:

издувавање воде из рупе, прскање емулзије или разређеног битумена, издувавање битуменизираног материјала у рупу, покривање закрпљене поршине агрегатом;

- поправка дубоких рупа:

одреди се оштећена површина и увећа за 30cm, вертикално се опсече, дно и странице се препрскају битуменском емулзијом, након чијег распадања се разастире битумен и врши се збијање.

Оштећења која су последица елементарних непогода, а нарочито земљотреса, значајно су већих габарита од оних која настају при стандардној експлоатацији, па се уз поменуте технике прибегава и инжењерски сложенијим решењима.

4. ПРИМЕР УРГЕНТНОГ ОДРЖАВАЊА НА ДЕОНИЦИ ПУТА ІБ 27, КРСТ-ЗАВЛАКА (km 0+000.00 – km 4+955.00)

4.1. Општи подаци о пројекту и анализа постојећег стања

Поплаве које су у мају 2014. године задесиле централни део Балканског полуострва, те и Републику Србију, значајно су оштетиле све инфраструктурне објекте. Интезитет падавина узроковао је активирање преко 600 клизишта која су одрањала магистралне путеве, порушила или оштетила више од 1000 кућа. Оштећено је више од 4500 km путева. Положај целокупне деонице Крст – Завлака је претежно на падинској страни терена, али захвата део алувијалне и терасне заравни реке Јадар.

Пут коме припада предметна деоница се функционалном класификацијом дефинише као даљински међурегионални пут.

4.2. Стање коловозне конструкције

Теренским испитивањима и лабораторијским анализама кернова, утврђено је да је постојећа коловозна конструкција изведена као вишеслојни систем дебљине између 29 и 110cm. Доњи носећи слој је нехомоген и у лошем стању. Битуменизирана и цементна стабилизација је распаднута. Слојеви туцаника, песковитог шљунка и дробљеног камена су дебљина од 13 до 101cm. Материјал постељице се прашинасто – песковита глина, веома подложна бубрењу те је осетљива на дејство мраза. Дебљина асфалтних слојева такође варира и то од 4 до 17,8 cm. У хабајућем слоју су уочена одступања гранулометријског састава и физичко-механичких карактеристика од стандарда SRPS U.E4.014:90. Други асфалтни слој је такође нехомоген и осим претходно наведеног стандарда, не испуњава ни услове стандарда SRPS U.E9.021:86. Може се закључити да је услед присуства велике количине површинске, те повећања нивоа подземних вода, прво дошло до пропадања доњих слојева коловозне конструкције. Услед њиховог неравномерног слегања и наглог смањења носивоси, у површинским асфалтним слојевима јавила су сложена напонска стања. Пластично посматрано, асфалтни слојеви више нису имали континуирани ослонац у виду доњих слојева коловозне конструкције, што је довело до смицања, а самим тим и појаве пукотина и оштећења ивица коловоза, и најзад улегнућа.

4.3. Стање система за одводњавање

Дуж целе предметне деонице одводњавање је вршено слободним разливањем воде преко банкине, помоћу асфалтних ригола и каналета низ косину насипа, затим пропустима и одводним јарковима. Затечено стање поменутих елемената је видно оштећено, али функционално. Оцена стања елемената система за површинско одводњавање извршена је применом OECD методологије. У оквиру OECD методологије интезитет оштећености дефинише се кроз параметар RCS (енгл. Road Condition Survey – Испитивање стања пута) чије вредности се крећу од 1 до 3 (еквивалентно L, M, H ознакама, респективно). Предмет анализе ове методологије су банкине, јаркови, риголе и пропусти.

4.4. Активирано клизиште на km 1+200.00

Клизиште је лоцирано на око 1.2 km од насеља Крст. Истовремено захвата и терен непосредно испод насипа трупа пута. Дужина оштећене деонице је 130m. Димензије клизне равни су 129m x 42m и обухвата подршину од око 0.54 ha. Дубина клизишта је 2 – 5 m. Орјентациона запремина покренуте масе је Vol=18963 m3 што га, уз податке о површини, сврстава у плитка клизишта. Према начину клижења, у питању је транслаторно клизиште. Један од узрока појаве и активирања клизишта на овом делу државног пута, јесте подизање нивоа изданских вода као и натапање тла у зони пута атмосферским водама, нарочито за време обилних и дуготрајних падавина. Дренажни систем у зони клизишта је слабо одржаван и практично ван функције, што је довело до повећања нивоа подземне воде у терену као и преливања сакупљене воде из дренажног калана који је делимично затрпан наклизалим материјалом по путу и падини испод пута.

4.5. Предлог решења за санацију деонице

За анализу могућих решења за санацију претходно наведених елемената, коришћени су резултати лабораторијских испитивања који се тичу квалитета уграђених материјала и инжењерско-геолошки извештаји о истражним бушотинама.

- На сегментима где је потребно извршити потпуно рушење коловозне конструкције, нова је прорачуната према стандарду SRPS U.C4.015. Уз овај стандард се примењују и специфични изрази за потребе израде појачања постојећих коловозних конструкција. Тренутна носивост коловозне конструкције исказана је ефективним структурним бројем SN_{eff} који се одређује на основу дефлексија површине коловоза, оштећености и преосталог века коловозне конструкције (помоћу података о обиму протеклог саобраћајног оптерећења).

$$SN_{eff} = 0{,}0237 \text{ x } D \text{ x } Ep^{1/3}$$

D - укупна дебљина коловозне конструкције (cm)

Ep - ефективни модул коловозне конструкције (MPa)

$$d_{poj} = \frac{SN_{potr} - SN_{eff}}{a_1}$$

Потребан структурни број се одређује према релевантном стандарду и функција је меродавног саобраћајног оптерећења, резилијентног модула постељица и пројектног века. Потези km 0+000.00 – km 0+400.00 и km 0+400.00 – km 0+700.00 су најсложенији са аспекта оштећености, те се за њих предлажу: *стругање постојећих асфалтних слојева d=11cm и риперовање слојева дубине 20 cm уз додатак дробљеног камена 0/31mm дебљине од 7-10 cm, тако да након збијања добијемо слоју минималној дебљини dmin=20cm* (за први потез) и *рушење постојеће коловозне конструкције до d=76cm уз замењену постељице од песковитог шљунка или дробљеног камена 0/80mm d=25cm* (за други потез).

На сегментима где је потребно извршити само санирање површинских оштећеа примењују се следеће методе: за пукотине ширине до 5mm предлаже се чишћење компримованим ваздухом и попуњавање битуменском емулзијом; за пукотине ширине између 5mm и 20mm поступак је идентичан, с тим да се чишћење обавља четкама и топлим ваздухом. Дубина интервенције најмање је једнака дубини завршног асфалтног слоја.

- Санација клизишта темељи се на изради дренажног система у виду ровова и одводног канала. Ширина ровова је 1.5m и константна је дуж критичне зоне клизишта. Дубина ровова је промењљива, уз напомену да се изводи подграда зидова када дубина ископа пређе 1m, што је случај у самом телу клизишта где она мора бити већа од дубине клизне равни (4 – 5 m) како би дренирање имало ефекта. Испуна дренажног рова је од ломљеног камена. Да би се испуна од ломљеног камена сепарисала од околног, аутохтоног тла и сачувала од запуњивања ситним честицама, предвиђа се је сепарационо-филтерски слој од термопресованог нетканог геотекстила. Косина са „низбрдне“ стране пута се мора осигурати армирањем земље или габионима у зони шкарпе пута. Габионске корпе се предлажу као оптимално решење будући да постоји опасност од онемогућеног слободног отицања процедних вода у случају извођења класичне армиранобетонске потпорне конструкције.
- Врсте радова на обнови система за одводњавање дефинишу се кроз OECD методологију. Општим визуелним прегледом закључено да вегетација не представља ограничавајући фактор за функционисање јаркова. Такође риголе које се налазе са десне стране пута нису значајније структурно оштећене. Предлаже се чишћење пропуста на стационажама km 1+967.85, km 3+676.66, km 4+000.08 и km 4+936.80.

Услед опасности од поновног покретања клизишта, прецизно се дефинише редослед извођења група радова. На дужини од 130m у зони клизишта врши се уклањање коловозне конструкције, као и покренутог дела насипа трупа пута. Потом се приступа изради новог насипа трупа пута уз истовремено постављање габионских елемената. У ламелама дужине 4 – 5m врши се ископ дренажних ровова, те и њихова испуна.

5. ЗАКЉУЧАК

Путни сектор је још увек најосетљивији на утицаје и последице природних хазарда. Присутан је недостатак капацитета за проналажење и оцену ризика, оцену вероватноће његове појаве и озбиљности последица, али и санацију. Реформом друмског сектора се предлаже да овај проблем буде решен на нивоу државе, те да се обезбеде резервни физички капацетити који ће бити стављени на располагање у ситуацијама где је неопходно ургентно деловање.

Специфичност ургентног одржавања огледа се и у технологији и разноврсности извођења радова; као у приказаном примеру на деоници пута Крст – Завлака, прибегава се комбинованим решењима: од једноставног запуњавања прслина коловоза, преко израде слојева за ојачање, до потпуног рушења коловозне конструкције, све у циљу што бржег поновног оспособљавања путне деонице за неометано функционисање.

6. ЛИТЕРАТУРА

[1] Радовић, Небојша и Шешлија, Милош. *Управљање путном мрежом*. Нови Сад : Факултет техничких наука, 2017.
[2] Узелац, Ђорђе. Коловозне конструкције. Нови Сад : Факултет техничких наука, 2015.
[3] Спремност предузећа за одржавање путева на реакцију приликом ванредних догађаја. Јокановић, Игор и Зељић, Драгана. 2019., Пут и саобраћај.

Кратка биографија:



Милица Терзић рођена је у Чачку 1998. године. Мастер рад на Факултету техничких наука у Новом Саду, на смеру Грађевинарство – Путеви, железнице и аеродроми, одбранила је 2022.године.
Контакт:
milicaterzic24@gmail.com

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 621.18
DOI: https://doi.org/10.24867/20AM06Dokic

ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ ОДВОЂЕЊА АТМОСФЕРСКИХ ВОДА СА САОБРАЋАЈНИЦА НА ПРИМЕРУ ДЕОНИЦЕ ПУТА РАШКА-НОВИ ПАЗАР

CONCEPTUAL DESIGN OF STORMWATER DRAINS FROM ROAD ON THEEXAMPLE OF A ROAD SECTION RAŠKA-NOVI PAZAR

Биљана Митровић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област: ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – *У оквиру овог рада обрађене су теоретске основе хидролошке анализе и хидрауличког прорачуна које су неопходне за одводњавање атмосферских вода са саобраћајница. Хидраулички прорачун вршен је помоћу софтверског пакета „Urbano Canalis“. Неопходни подаци преузети су са сајта Хидрометеоролошког завода Републике Србије. Израђено је идејно решење атмосферске канализације за деоницу пута Рашка – Нови Пазар у дужини од 17.974 km.*

Кључне речи: *Хидраулички прорачун, одвођење атмосферских вода, одводњавање саобраћајница*

Abstract – *In this paper the theoretical bases of hydrological analysis and hydraulic calculation, vhich are necessary for the drainage of stormwater from roads are processed. The hydraulic calculation was performed using the „Urbano Canalis“ software. The necessary data were taken from the website of the HydrometeorologicalInstitute of the Republic of Serbia. A conceptual project of storm sewerage for the section of the road Raška – Novi Pazar a leght of 17.974 km, was prepared.*

Keywords: *Hydraulic calculation, drainage of atmospheric water, drainage of the road section*

1. УВОД

Како се развој и раст државе директно повезују са развојем саобраћајне инфраструктуре, увиђа се колики значај имају инвестиције повезане са развојем саобраћајне мреже. Наиме, поред осталих видова саобраћаја, који су у данашње време све више заступљени, велике количине средстава улажу се у копнени саобраћај, односно развијање железница и путева.

Ради повећања безбедности на путевима, али и због превенције у настанку оштећења, обавезно је пројектовати систем за одводњавање атмосферских вода Основни циљ тог система јесте контролисано прикупљање и одвођење отицаја са коловоза како би се спречило отежано одвијање саобраћаја услед формирања слоја воде на самом коловозу.

Поред утицаја на саобраћај, овим системом се доприноси и додатној заштити животне средине, јер се загађени кишни отицај пречишћава до захтеваног степена, пре испуштања у коначни реципијент [1].

Концепт који ће се одабрати за прикупљање и одвођење отицаја зависи од услова на деоници која се разматра. Тако се на местима где се предвиђа велико загађење, и где би пречишћавање било обавезно бира затворени систем, односно систем затворених колектора.

У условима који не захтевају пречишћавање, као и где то нивелација постојећег и пројектованог терена дозвољава, отицај се води отвореним каналима, што значајно смањује инвестицију у овај систем [2]. У специфичним случајевима, где услови дозвољавају примењује се систем од комбинације претходно поменутих.

У овом раду обрађено је оптимално решење одвођења атмосферске воде са деонице магистралног пута (државног пута другог реда) у смеру Рашка – Нови Пазар у укупној дужини од 17.974km.

2. АТМОСФЕРСКЕ ВОДЕ

Када је реч о водама које је потребно одвести из урбанизованих подручја, говори се о отпадним водама. Оне су загађене различитим минералним и органским материјама, као и микроорганизмима који могу имати штетно дејство на здравље људи и квалитет животне средине. Према свом пореклу деле се на [3,4]:

- Комуналне отпадне воде – употребљене воде из домаћинстава, установа, школа, болница...
- Индустријске отпадне воде – употребљене воде из индустријских погона и
- Атмосферске отпадне воде (које су од значаја за овај рад) – падавине које са површине терена спирају и односе различите материје.

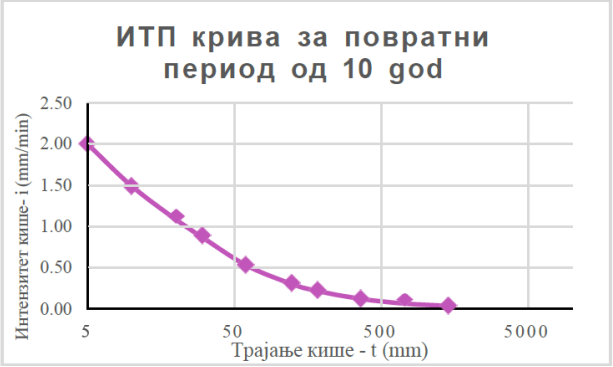
Међу утицајима које је урбанизације донела на кишни отицај, један од најизраженијих је квалитет ових вода. Загађења која су присутна потичу од спирања материја са површине терена. Како су све врсте ових загађења дифузне, веома их је тешко контролисати.

Поред променљивог квалитета, атмосферске воде прати и чињеница да су њихове количине у току године врло променљиве.

Наиме, у току сушног периода може се десити да је отицај једнак нули, тј да не постоји, док исто тако

НАПОМЕНА:
Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био доц. др Горан Јефтенић.

може веома нагло да порасте толико да премаши запремину осталих отпадних вода и за 100%.
У процесу пројектовања различитих хидротехничких објеката потребно је вршити хидролошке анализе, које би као резултат дале меродавне величине за димензионисање тих објеката. Величине које су од значаја за овакве пројекте су најчешће протицаји, нивои воде и запремине, што би зависило од врсте објекта. Које вредности ће се узимати као меродавне зависи од жељеног степена заштите (коју тај објекат треба да пружи) или допустивог ризика.
Како се располаже различитим методама прорачуна, најчешће се бира она за коју постоје расположиви подаци, такође на избор утиче и значај објекта за који се прорачун врши, тј. коју врсту штете би могао да узрокује систем уколико закаже. Када се говори о одводњавању саобраћајница, то је посебна класа неизучених сливова јер се мерења на системима било опште, било кишне канализације, на територији Републике Србије не спроводе систематски, осим у ретким сличајевима експерименталних сливова [7].
Практично, једини могући начин за одређивање меродавних протицаја на неизученим сливовима јесте концепт рачунских киша.
Када се рачунске висине киша поделе са својим трајањем добија се просечни интезитет кише. Иако за неке друге анализе просечан интензитет није довољан, у пракси се за прорачун кишних колектора показала као оправдано примењивана рационална метода која користи управо овако добијене ИТП криве (интензитет-трајање- повратни период).



Слика 1. *Пример ИТП криве*

У пракси, за потребе пројектовања система који је предмет овог рада најчешће се користи рационална метода, која се показала као довољно поуздана за мале, хомогене површине, где је веза падавина и отицаја релативно једноставна, па је примена једноставнијих метода као што је ова, сасвим оправдана. Из тог разлога, примена ове методе је ограничена на сливове мање од 80 ha. Рационална метода даје меродавни поток преко једначине:

$$Q = \eta * i * A \qquad (1)$$

Где је:
Q – меродавни проток,

η – коефицијент отицаја са површине, као бездимензионални коефицијент,
i – интензитет пале кише

Основно питање јесте питање избора рачунске кише, односно за рационалну методу то је бирање меродавног трајања кише те се као меродаван за пројектовање узима најкритичнији случај, који се добије када се изједначе време концентрације слива и време трајања кише.
Када је реч о примени методе за прорачун система за одводњавање, он се спроводи тако што се рационална метода примењује на више сливних површина у низу. Разматрана деоница се подели на делове између тачака прикупљања и онда се поступно димензионише у зависности од количине воде која долази до одређеног чвора. Први корак јесте да се димензионише отицај који стиже до узводног краја колектора, односно отицај са прве сливне површине. Рачуна се време које је потребно да отицај дотекне до (најчешће) сливника, са ограничењем да се не усвоји време мање од 5 минута због нереалних интензитета кише. Затим се одређује из зависности ИТП кривеинтензитет и рачуна се максимални проток кроз колектор на основу ког се исти димензионише.
Када се пређе на наредни колектор, потребно је узети уобзир и отицај са претходне сливне површине, и сада се на заједнички са сливне површине разматраног колектора, и поменуте претходне димензионише колектор.
Такође, сабирају се и време концентрације посматраног колектора, и време кроз течење претходног, те је то сада време концентрације деонице. Поступак се наставља до места излива спојених колектора. Уколико отицај који долази на сливник премашује капацитет самог сливника за рачунање наредног колектора потребно је узети у обзир и ту воду која ће дотећи са претходне деонице. Ту се стиже до значаја рачунања размака између сливника, који треба да буде такав да сваки сливник може да прими читав отицај са своје сливне површине. На основу срачунатог протока усвајају се геометрија попречног пресека и подужни нагиб деонице [5].
Прорачун међусливничког растојања као и капацитет канала, врши се помоћу Шези – Манингове (Shezy - Maninng) формуле:

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{\frac{2}{3}} * \sqrt{I} \qquad (2)$$

Где је:
Q – проток,
n – Шези Манингов коефицијент ,A – површина ,
R – оквашени обим,I – подужни пад.

3. СИСТЕМ ЗА ПРЕЧИШЋАВАЊЕ

Ако је реч о саобраћајницама, поред кишног дотицаја у колекторе доспевају и нечистоће са коловоза тако што их киша спира и повлачи са собом. Са еколошког становишта, потребно је пречистити загађен отицај пре испуштања у крајњи реципијент. У коалесцентним сепарторима, појачано ефектом коалесценције, до одвајања нафтних деривата долази услед појаве гравитационог одвајања нафте и воде. Чврсте минералне материје суспендоване у отпадној води се таложе у процесу седиментацције и филтрације у коалесцентном материјалу.
Конструкција сепаратора је таква да успорава проток отпадне воде, и излив је формиран тако да буде

потопљен што директно спречава да одвојене нечистоће уђу у реципијент.
Стандардна опрема уређаја је коалесцентни филтер заједно са пловком за затварање одводне воде који се активира када се достигне максимални капацитет ускладиштеног уља у сепаратору, и дефектор – успоривач дотока. Вентил са пловком спречава испирање акумулираних нафтних деривата у колектор.
Поред лаких нафтних деривата, у колекторе долазе и чврсте материје те је потребно и њих третирати процесом таложења. Зато постоји таложник, који може бити засебан уређај или пак интегрисан са коалесцентним сепаратором, где се он поставља испред филтера [6,7,8].

4. СОФТВЕР „URBANO CANALIS“

Из пакета „URBANO“ који представља колекцију софтвера за пројектовање водовода, канализације и других цевних конструкција, за потребе овог рада коришћен је софтвер „URBANO CANALIS“. Читав пакет спаја стандардни инжењерски приступ - рад кроз ситуацију и уздужне профиле, са захтевима коришћења дигиталног модела терена и приказа елемената у 3Д-у, као и извозима у разне БИМ формате и увозима постојеће инфраструктура из ГИС база података.
Модул „CANALIS“ служи за прорачун канализационих система, како атмосферских, тако и санитарних. Како се предметни рад заснива на атмосферској канализацији, напоменуће се да овај модул кроз задавање сливних површина и са могућношћу различитих метода за прорачуне протока, може да димензионише и гравитационе, и цевоводе под притиском.
Овај софтвер је надограња на AutoCad или Civil3D.
Почиње се од креирања састава и затим се наставља са исцртавањем мреже која се састоји од деоница и чворова. У међувремену, неопходно је направити дигитални модел терена на који ће се наша мрежа пројектовати.
Најчешће се праве два модела: модел постојећег и модел новопројектованог терена, како би оставили могућност програму да очита количине као што су ископ, насип, постељице, оплате и слично.
Након тога, прелази се на задавање података као што су материјал и пречник цеви, додељују се висине терена сваком чвору, исписују се ознаке деоница и чворова, задају се окна на местима где су предвиђена и слично.
Исцртавањем уздужних профила добија се увид у нивелету цеви, котама задатих терена, окнима и сл. Из уздужних профила најлакша је манипулација нивелетом која се уређује задавањем дубине чвора и подужним падом. Подаци као што су нивелете и дубине, зависе од правила струке и специфичности самог пројекта.
Након задавања мреже јавља семогућност да софтвер одради хидраулички прорачун. Помоћу задатих улазних параметара попут ИТП криве, сливних површина и других, софтвер табеларно приказује хидраулички прорачун за сваку деоницу.

5. СТУДИЈА СЛУЧАЈА – ДЕОНИЦА РАШКА – НОВИ ПАЗАР

Почетак саме деонице јесте у граду Рашка на месту изласка из кружног тока у смеру кретања ка Новом Пазару на приближној стационажи 236+020, док је крај у месту Нови Пазар, на приближној стационажи 253+891. Укупна дужина разматране деонице износи 17.974 km и паралелно уз њу пружа се десна обала реке Рашке од Новог Пазара до њеног ушћа у реку Ибар.
Концепт одводњавања је такав да је предвиђена евакуација воде риголима ка пропустима, који прикупљене отицаје преводе кроз труп пута на десну страну предметне деонице у смеру раста стационажа.
Како је већ речено да је избор меродавне кише најзначајнији, у конкретном случају, како се говори о путу на ком је рачунска брзина већа од 75 km/h , према правилнику путева Републике Србије, усвајају се кише повратног периода од 10 година.
Отицај са коловоза, који је загађен, евакуише се уз ивичњак и посредством испуста у оквиру ивичњака и корубе дободи се до путног јарка. Пре испуштања отицаја у путни јарак предвиђени су сепаратори лаких нафтних деривата. На месту испуштања отицаја, потребно је обезбедити облогу од камена како не би дошло до оштећења (ерозије) самог јарка.
Предвиђени елементи система за одводњавање су:

- Линијски сливници,
- Бетонски канали,
- Систем затворене канализације у зони пешачких стаза (мисли се на затворену канализацију у смислу затворених колектора којима се отицај прикупља и води).

Читав систем састоји се од комбинације следећих елемената:

- Сливника (тачкастих или линијских),
- Сливничких шахтова,
- Ревизионих шахтова и
- Колектора (цеви)

Одабране су полипропиленске (ПП) глатке цеви типа SN-8 и SN16 до пречника Ø400 mm са одговарајућим гуменим заптивним прстеновима. Веза цев – шахт је остварена еластичним спојем преко КГФ улошка за шахт.
Армирано-бетонски канали се уводе на месту ригола када капацитет ригола није довољан да прихвати дотицаје са коловоза. Канали на месту ригола су пројектовани са ивичњаком како би у потпуности преузели улогу ригола.
Хидраулички прорачун ове деонице почео је од одређивања растојања између сливника. Критеријум су била два ограничења:
1. Висина воде уз ивичњак је ограничена на максимално 10 cm (d),
2. Допустиво је плављење половине возне траке, што је у разматраном случају 1.8m (Bpl).

Након одређивања међусливничког растојања помоћу софтвера је настављен прорачун који је као резултат дао потребне димензије отворених канала као и пречнике колектора способних да приме отицај који долази.

6. ЗАКЉУЧАК

При решавању, основни усвојени параметар који је утицао на даљи ток прорачуна била је одабрана меродавна киша, десетогодишњег повратног периода у трајању од 20 минута. Усвојене су колектори различитих пречника и материјала, са максималним пречником од 400 мм. Усвојени концепт одводњавања обухватио је сливнике, колекторе, шахтове, линијске сливнике и бетонске канале. Зацевљени делови пре излива у постојеће водотокове пречишћавају се помоћу коалесцентних сепаратора. Сви су димензионисани пратећи теоретска начела, и усвајајући методе које се у пракси најчешће користе (због релативне једноставности и довољне тачности).

На основу пројекта саобраћајнице, прикупљених података, и самосталним истраживањем дошло се до оптималног решења за одводњавање атмосферског отицаја са деонице магистралног пута Рашка – Нови Пазар.

7. ЛИТЕРАТУРА

[1] Бабић Младеновић М., Уређење водотока, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Београд. 2018.

[2] Јавно предузеће Путеви Србије.,Приручник за пројектовање путева у Републици Србији – 8.3. систем за одводњавање, Београд, 2011.

[3] Колаковић С., Хидротехничке мелиорације, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, 2006.

[4] Петровић Ј., скрипта, Увод у хидрологију, Грађевински факултет, Универзитет у Београду, 2001.

[5] Стипић М., скрипта, Комунална хидротехника део 2 – Каналисање насеља, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, 2019.

[6] Хајдин Г., Механика флуида, Грађевински факултет, Универзитет у Београду, 1980.

[7] Хидрометеоролошки завод Републике Србије.

[8] https://www.ucg.ac.me/skladiste/blog_21438/objava_65654/fajlovi/I_predavanje.pdf

Кратка биографија:



Биљана Митровић рођена је у Београду 1998. године. Мастер рад на Факултету техничких наука у Новом Саду, на смеру Грађевинарство – Хидротехника одбранила је 2022. године.

Контакт:
mitrovicbiljana286@gmail.com

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 624.012.4.059
DOI: https://doi.org/10.24867/20CG05Pantic

PROCENA STANJA I SANACIJA AB KONSTRUKCIJE SPORTSKOG CENTRA ''SAJMIŠTE'' U NOVOM SADU

THE ASSESSMENT AND REPAIR OF RC STRUCTURE OF SPORTS CENTER ''SAJMIŠTE'' IN NOVI SAD

Vladan Pantić, Slobodan Šupić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – *Rad se sastoji iz teorijskog i praktičnog dela. U teorijskom delu je opisano određivanje optimalne debljine zaštitnog sloja betona u cilju obezbeđenja zahtevane trajnosti AB konstrukcija. U praktičnom delu je urađena procena stanja AB konstrukcije sportskog centra ''Sajmište''. Kako bi se utvrdio stepen oštećenja i dao predlog sanacionih radova, sproveden je detaljan vizuelni pregled svih dostupnih elemenata konstrukcije. Na osnovu analize registrovanih defekata i oštećenja, rezultata terenskih ispitivanja, kontrolnog proračuna sa opterećenjima koja odgovaraju novoj funkciji objekta i arhitektonskom rešenju, dat je predlog sanacionih mera u cilju obezbeđebnja nosivosti i trajnosti novoprojektovane AB konstrukcije.*

Ključne reči: *procena stanja, defekti, oštećenja, sanacija, zaštitni sloj betona*

Abstract – *The paper consists of a theoretical and a practical part. The theoretical part describes the determination of the optimal thickness of the concrete protective cover in order to ensure the required durability of RC structures. In the practical part, an assessment of of the RC structure of the sports center "Sajmište" was carried out. In order to determine the degree of damage and propose repair measures, a detailed visual inspection of all available structural elements was conducted. Based on the analysis of registered defects and damages, results of in situ tests, control calculation that corresponds to the new function of the building and the architectural solution, a proposal for repair measures was provided in order to ensure the load-bearing capacity and durability of the newly designed RC structure.*

Keywords: *assessment, defects, damages, repair, concrete cover*

1. ODREĐIVANJE OPTIMALNE DEBLJINE ZAŠTITNOG SLOJA BETONA

1.1 Osnovna uloga zaštitnog sloja betona

Pravilno projektovan i izveden zaštitni sloj betona ima ulogu da: zaštiti armaturu od korozije i štetnih uticaja iz okoline, izoluje čelik od ekstremne toplote kao sto je požar, obezbedi adekvatno prianjanje armature za beton i obezbedi trajnost konstrukcije**.**

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Slobodan Šupić, docent.

Zaštitni sloj betona je ključan kako bi se armaturni čelik zaštitio od korozije nastale uticajima iz spoljašnje sredine. Kada čelična armatura nije pravilno postavljena ili zaštićena od okoline, ona će početi da korodira usled oksidacije. Kao posledica dejstva korozije dolazi do bubrenja čelika, pojave unutrašnjeg naprezanja na zatezanje, koje, ako prekorači čvrstoću betona na zatezanje, dovodi do pojave pukotina i ljuskanje u zaštitnom sloju - Slika 1.



Slika 1 - Otpadanje zaštitnog sloja betona usled korozije

Modul elastičnosti čelika značajno opada sa povećanjem temperature, što može dovesti do velikih deformacija i sloma konstrukcije. Stoga je debljina zaštitnog sloja betona od suštinskog značaja za održavanje armaturnog čelika hladnijim od spoljašnjih delova elementa u uslovima visokih tempepratura (požar).

S druge strane, prevelika debljina zaštitnog sloja betona dovodi do povećanja širine pukotina. Velike širine pukotina (veće od 0,3 mm) izazivaju povećan prodor vlage i štetnih uticaja iz spoljašnje sredine. To dovodi do ubrzane korozije armature i time utiče na smanjenje trajnosti betona. Zaključak je da debljinu zaštitnog sloja betona treba postaviti na minimalnu (nominalnu) vrednost koja je propisana Pravilnikom EN 1992-1-1.

2 PROCENA STANJA OBJEKTA

2.1 Opis konstrukcije

Objekat se nalazi u Novom Sadu, u ulici Novosadskog Sajma 37 - Slika 2. Izgrađen je kao prizemna zgrada i sastoji se iz dve celine: disko klub i sanitarne i tehničke prostorije. Objekat je pravougaone osnove, dimenzija u osnovi 11,05x17,5m (disko klub) i 10,8x12,0m (sanitarne i tehničke prostorije). Svetla visina veće celine objekta (disko klub) je 3,76m, a manje celine 2,85m.

Dominantan konstruktivni sistem objekta je skeletni, sa nosećim AB stubovima i AB gredama. Jedino u dograđenom delu objekta, konstruktivni sistem je

mešoviti sa AB stubovima i zidanim fasadnim zidovima. AB međuspratna (krovna) ploča je debljine 10cm. Objekat je fundiran na plitkim temeljima.



Slika 2 – Postojeće stanje objekta

2.2 Procena stanja – vizuelni pregled objekta

Detaljnim vizuelnim pregledom obuhvaćeni su svi dostupni elementi AB konstrukcije objekta.

Vizuelnim pregledom detektovan je veliki broj defekata koji potiču iz perioda građenja objekta (mala debljina zaštitnog sloja betona, linijska segregacija na mjestima spojeva oplate, betonska gnijezda, geometriske imperfekcije, nepravilno izvedeni prekidi betoniranja i rupičasta površina usled zarobljenih mehurića vazduha u oplati) i oštećenja koja su se razvila usled višegodišnje izloženosti objekta atmosferilijama i usled nabrojanih defekata (korozija armature, mehanička oštećenja rastvaranje i ispiranje $Ca(OH)_2$, prsline i biološka korozija). Na narednim slikama su ilustrovani ovi defekti i oštećenja.



Slika 3 – Površinska korozija poprečne armature uz otpadanje zaštitnog sloja betona



Slika 4 – Lokalno mehaničko oštećenje maltera i betona duž ivice unutrašnjeg stuba



Slika 5 – Lokalno jaka korozija poprečne armature na AB gredi



Slika 6 – Poprečna i kose pukotine u ploči sa tragovima procurivanja, bele mrlje od naslaga $CaCO_3$, mestimično vidljiva korodirala armatura

2.3 Terenski istražni radovi

Terenski istražni radovi obuhvatili su: naknadno određivanje čvrstoće betona pri pritisku na izvađenim betonskim jezgrima, proveru stanja zaštitnog sloja betona, merenjem dubine karbonatizacije, utvrđivanje dimenzija i oblika temelja i određivanje slojeva ravnog krova.

Radi utvrđivanja čvrstoće pri pritisku betona ugrađenog u osnovne elemente noseće konstrukcije, izvađeno je 9 betonskih jezgara, po 3 jezgra iz ploče iznad prizemlja (P1, P2, P3), stubova prizemlja (S1, S2, S3) i temelja samca (T1, T2, T3) - Slika 7.



Slika 7 – Betonski cilindri pripremljeni za ispitivanje čvrstoće pri pritisku

Na osnovu dobijenih rezultata, sračunati su osnovni statistički parametri za čvrstoće betona pri pritisku za tri partije betona:

- Partija betona 1 (S1, S2, S3): Beton ispunjava uslove za **MB 35**,
- Partija betona 2 (uzorci P1, P2, P3): Beton ispunjava uslove za **MB 30**,
- Partija betona 3 (T1, T2, T3): Beton ispunjava uslove za **MB 60**.

Za određivanje stanja zaštitnog sloja betona sa aspekta zaštite armature od korozije, odabrana je kolorimetrijska metoda pomoću fenol-ftaleina. Na osnovu prikazanih rezultata merenja dubine karbonatizovanog sloja AB elemenata, mogu se izvesti sledeći zaključci:

- Ni na jednom od ispitanih AB elemenata karbonatizacija betona nije registrovana i može se zaključiti da je očuvana zaštita armature od korozije.

3 KONTROLNI PRORAČUN

Postojeća konstrukcija između osa A i E se nadograđuje, dok se na preostalom delu, u konstruktivnom smislu, ništa ne menja. Zid u osi A je zajednički sa susednim objektom, a kako je planirana nadogradnja, zbog nemogućnosti radova ne pojačanju postojeće temeljne konstrukcije, predviđeno je izvođenje novog nosećeg zida koji će prihvatiti deo opterećenja sa nove međuspratne ploče i nove krovne ploče. Novi zid se izvodi od opeke standardnog formata, sa horizontalnim i vertikalnim serklažima i trakastim AB temeljima (b/h=45/80cm). Vertiklani serklaži se, po dužini zida, moraju postaviti na međusobnim rastojanjima od najviše 4m, dok se horizontalni serklaži izvode u nivou novih AB ploča.

S obzirom na to da je krovna ploča u delu između osa A i B niža u odnosu na ostatak ovog dela objekta, predviđeno je uklanjanje postojeće krovne AB ploče i izvođenje nove međuspratne ploče (d=15cm) i novog dvokrakog AB stepeništa u polju A-B/2-3 (stepenišni krak: d=12cm; podest: d=14cm) koje je oslonjeno na novu temeljnu gredu u osi 3 (25x80cm), zid u osi 2 i novu gredu u sklopu ploče iznad prizemlja u osi A-B/3 (25x35cm).

U delu između osa 4-6/D-E je previđeno izvođenje hidromasažne kade, što je uslovilo isecanje postojeće ploče u tom polju i delova zidova u osi 4-6/E. Konstrukcija hidromasažne kade se izvodi od armiranog betona, kao skeletna konstrukcija koju čini šest AB stubova (25x25cm) povezana sa pet AB greda (25x40cm), na koje se oslanja AB bazen hidromasažne kade. Cela konstrukcija se izvodi unutar postojećeg rastera stubova. Temeljna konstrukcija u ovom polju se izvodi od AB temeljnih greda dimenzija 50x70cm. Na delu koji se nadograđuje, stubovi se izvode u nastavku postojećih (25x50cm), pri čemu se novi stubovi sa postojećom konstrukcijom povezuje ankernim šipkama ubušenim sa gornje strane strane ploče u gabaritima poprečnog preseka postojećih stubova. Nova krovna ploča izvodi se kao puna AB ploča debljine 15cm, oslonjena direktno na stubove.

Postojeća AB ploča je debljine 10cm i nema dovoljnu nosivost za novoprojektovana opterećenja. Kako je i na osnovu Elaborata o proceni stanja zaključeno da je nosivost ploče ugrožena, predviđena je sanacija ove ploče dodavanjem sloja betona debljine 5 cm sa gornje strane. Takođe, na ovoj ploči su predviđeni i radovi na sanaciji korodirale armature i sanaciji prslina.

Krovna konstrukcija je projektovana kao drvena rešetka oslonjena direktno na AB ploču. Svi novi AB elementi se izvode od betona MB35 (C30/37) i armiraju armaturom B500B. Statički proračun konstrukcije urađen je na osnovu definisanih parametara modela u softveru za analizu konstrukcija Tower 8 - Slika 8.



Slika 8 – Model objekta za statički proračun konstrukcije

4 RADOVI NA SANACIJI KONSTRUKCIJE

Radovi na sanaciji konstrukcije obuhvataju:

- Sanaciju prslina sa donje strane ploče;
- Sanaciju korodirale armature sa donje strane ploče;
- Reprofilaciju i izvođenje novog zaštitnog sloja na delovima na kojima je došlo do pucanja i otpadanja betona na svim AB elementima konstrukcije;
- Nanošenje antikorozione zaštite kao aktivnog premaza na mestima nedovoljne debljine zaštitnog sloja betona i površinske korozije armature gde nije došlo do pucanja i otpadanja betona.

Lokalna sanacija korodiralih šipki armature u zonama sa oštećenim presekom elementa obuhvata sledeće operacije:

- Pažljivo uklanjanje oštećenog zaštitnog sloja betona ručnim štemovanjem ili pneumatskim čekićima oko i duž korodiralih šipki armature.
- Čišćenje vidljivih delova armature od korozije i cementne skrame do metalnog sjaja. Čišćenje pripremljenih površina vazduhom pod pritiskom.
- Premazivanje „otkrivenih“ šipki armature sredstvom koje treba da zaštiti armaturu od korozije, a istovremeno obezbeđuje i bolju prionljivost (premaz P1), u svemu prema uputstvu proizvođača.
- Reprofilacija odštemanog dela betona reparaturnim malterom (RM1), u svemu prema uputstvu proizvođača.

Lokalna sanacija korodiralih šipki armature u zonama bez oštećenog betonskoh preseka obuhvata sledeće operacije:

- Čišćenje žičanom četkom vidljivih delova armature od korozije i cementne skrame do metalnog sjaja i priprema površine za nanošenje premaza (P1).
- Čišćenje pripremljenih površina vazduhom pod pritiskom. Premazivanje otkrivenih šipki armature sredstvom za antikorozionu zaštitu armature (premaz P1), u svemu prema uputstvu proizvođača.

5 ZAKLJUČAK O STANJU KONSTRUKCIJE SA PREDLOŽENIM MERAMA ZA OJAČANJE I SANACIJU OBJEKTA

Na osnovu detaljnog vizuelnog pregleda dostupnih elemenata noseće AB konstrukcije zaključeno je:

- Na AB fasadnim stubovima su uočeni defekti kao što su: nedovoljna debljina zaštitnog sloja betona, segregacija betona, tragovi oplate i rupičasta površina betona. U zonama defekata je lokalno detektovana površinska korozija poprečne armature. Od ostalih oštećenja, primećene su tanke poprečne prsline na pojedinim elementima na mestima uzengija - na 8 AB stubova. Svi nabrojani defekti i oštećenja su izrazito lokalnog karaktera i ne ugrožavaju nosivost i stabilnost konstrukcije.
- Na AB krovnim vencima lokalno su registrovani defekti, kao što su: nedovoljna debljina zaštitnog sloja betona i tragovi daščane oplate. Karakteristična oštećenja su tanke poprečne prsline, mestimično praćene tragovima procurivanja i izluživanja. Uzrok pomenutog oštećenja je najverovatnije hidrauličko skupljanje betona. Lokalno je, u 3 polja, uočena

površinska korozija uzengija. Svi defekti i oštećenja su izrazito lokalnog karaktera i ne ugrožavaju nosivost i stabilnost konstrukcije.

- Na temeljnim gredama koje su bile dostupne za pregled, od defekata uočena je lokalno nedovoljna debljina zaštitnog sloja betona, dok su od oštećenja uočene samo poprečne prsline.
- Na pregledanim unutrašnjim stubovima su registrovana samo lokalna mehanička oštećenja betona.
- Na glavnim podužnim AB gredama, karakterističan defekt je nedovoljna debljina zaštitnog sloja betona. U zonama ovog defekta registrovana je površinska korozija poprečne armature. Na poprečnim AB gredama uočeni su tragovi slivanja vode, sa krovne AB ploče. Svi nabrojani defekti i oštećenja su izrazito lokalnog karaktera i ne ugrožavaju nosivost i stabilnost konstrukcije.
- Karakteristični defekti na pregledanim AB krovnim pločama su nedovoljna debljina zaštitnog sloja betona i lokalno vidljiva armatura. U zonama ovih defekata registrovana je površinska korozija glavne armature u 9 od 13 pregledanih polja i lokalno jaka korozija armature u 3 polja. U većini polja pregledanih krovnih AB ploča uočene su poprečne i kose prsline/pukotine. Poprečne prsline/pukotine su najčešće locirane na mestima glavne (donje) armature. Kose prsline/pukotine su najčešće locirane u uglovima ploča i uzrokovane su plastičnim skupljanjem betona. Prsline/pukotine su praćene tragovima procurivanja sa izluživanjem. Nabrojani defekti i oštećenja ne ugrožavaju nosivost i stabilnost konstrukcije, ali je potrebno eliminisati uzroke procurivanja i postojeća oštećenja sanirati kako bi se obezbedila funkcionalnost i trajnost konstrukcije.

Na osnovu terenskih istražnih radova i laboratorijskih ispitivanja, zaključeno je:

- Naknadnim ispitivanjem čvrstoće pri pritisku uzoraka betona, izvađenih iz AB stubova, krovnih AB ploča i AB temelja, zaključeno je da beton zadovoljava uslove za marke betona: MB35 (AB stubovi), MB30 (krovna AB ploča) i MB60 (AB temelji).
- Ni na jednom od ispitanih AB elemenata nije registrovana karbonatizacija betona i može se zaključiti da je očuvana zaštita armature od korozije u slučaju kada je zaštitni sloj betona dovoljne debljine.

Na osnovu iznetih zaključaka konstatuje se da su najoštećeniji elementi noseće AB konstrukcije objekta krovne ploče, zbog procurivanja vode, postojanja prslina i pukotina koje verovatno prolaze celom debljinom ploče i korozije glavne armature. Ovi elementi noseće konstrukcije se moraju sanirati odgovarajućim konstrukcijskim merama sanacije, bez obzira na buduće arhitektonsko i funkcionalno rešenje objekta.

Predviđena je sanacija ploče dodavanjem sloja betona debljine 5 cm sa gornje strane, čime će se sprečiti dalji prodor vode i zatvoriti postojeće prsline i pukotine. Takođe, na ovoj ploči su predviđeni i radovi na sanaciji korodirale armature i sanaciji prslina, i to: reprofilacija preseka u zoni prslina (ručnim štemovanjem), čišćenje korodiralih šipki armature do metalnog sjaja, obesprašivanje, nanošenje antikorozione zaštite i popunjavanje reparaturnim malterom.

Stanje ostalih elemenata noseće AB konstrukcije (AB stubovi, AB grede i AB temelji) je zadovoljavajuće, a kontrolnim proračunim sa opterećenjima koja odgovaraju novoj funkciji objekta i arhitektonskom rešenju je pokazano da elementi mogu da prihvate nova opterećenja bez pojačavanja preseka ili drugih konstruktivnih mera. U zavisnosti od oštećenja (površinska korozija armature sa ili bez pucanja i otpadanja zaštitnog sloja betona), predviđene su sanacione mere u vidu: nanošenja aktivnog premaza (antikoroziona zaštita armature) i reprofilacija preseka reparaturnim malterom.

U skladu sa novim arhitektonskim i funkcionalnim rešenjem objekta, predviđeni su sledeći radovi:

- izvođenje novog nosećeg zida u osi A koji će prihvatiti deo opterećenja sa nove međuspratne ploče i nove krovne ploče; zid se izvodi od opeke standardnog formata, sa horizontalnim i vertikalnim serklažima i trakastim AB temeljima,
- uklanjanje krovne AB ploče između osa A i B i izvođenje nove međuspratne ploče i novog dvokrakog stepeništa u polju A-B/2-3 koje je oslonjeno na temeljnu gredu u osi 3, zid u osi 2 i gredu u sklopu ploče iznad prizemlja u osi A-B/3,
- izvođenje hidromasažne kade, što je uslovilo isecanje postojeće ploče u tom polju i delova zidova u osi 4-6/E; konstrukcija hidromasažne kade se izvodi od armiranog betona, kao skeletna konstrukcija koju čini šest AB stubova (25x25cm) povezana sa pet AB greda (25x40cm), na koje se oslanja AB bazen hidromasažne kade,
- Krovna konstrukcija je projektovana kao drvena rešetka oslonjena direktno na AB ploču,

Statički proračun konstrukcije urađen je na osnovu definisanih parametara modela u softveru za analizu konstrukcija Tower 8.

6 LITERATURA

[1] SRPS EN 1504-2:2010. Proizvodi i sistemi za zaštitu i sanaciju betonskih konstrukcija - Definicije, zahtevi, kontrola kvaliteta i vrednovanje usaglašenosti - Deo 2: Sistemi za zaštitu površine betona.

Kratka biografija:



Vladan Pantić rođen je u Milićima 04.12.1998. god. Od 2021. radi kao saradnik u nastavi na Fakultetu tehničkih nauka, uža naučna oblast: Građevinski materijali, procjena stanja i sanacija konstrukcija.
Kontakt: panticvlado@gmail.com



Slobodan Šupić rođen je 1989. god. u Trebinju. Od 2013. godine zaposlen je na Fakultetu tehničkih nauka kao saradnik u nastavi, od 2014. kao asistent, a od 2020. kao docent na Departmanu za građevinarstvo i geodeziju, uža naučna oblast: Građevinski materijali, procjena stanja i sanacija konstrukcija.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 624.012.4.059
DOI: https://doi.org/10.24867/20CG06Zubac

ПРОЦЕНА СТАЊА И САНАЦИЈА КОНСТРУКЦИЈЕ ТРИБИНА СТАДИОНА РФК НОВИ САД

THE ASSESSMENT AND REPAIR OF RC STRUCTURE OF THE STADIUM RFK NOVI SAD

Марко Зубац, Слободан Шупић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област - ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – *Рад се састоји из теоријског и практичног дела. У теоријском делу је описана анализа оптерећења АБ конструкције трибина стадиона. У практичном делу је урађена процена стања носеће АБ конструкције трибина стадиона РФК Нови Сад. Како би се утврдио степен оштећења и дао предлог санационих радова, спроведен је детаљан визуелни преглед свих доступних елемената конструкције. Закључено је да на АБ елементима постоје бројни дефекти и оштећења. На основу анализе регистрованих дефеката и оштећења, као и резултата недеструктивних метода испитивања, дат је предлог санационих мера у циљу повећања трајности и носивости АБ конструкције.*

Кључне речи: *процена стања, дефекти, оштећења, санација, оптерећење трибина стадиона*

Abstract – *The paper consists of a theoretical and a practical part. In the theoretical part, the load analysis of the RC structure of the stadium is described. The assessment of multi-story structure of the stadium RFK Novi Sad, was carried out in the practical part. In order to determine the level and cause of damages, as well as the type of repair measures, the detailed visual inspection of structural elements was undertaken. The large number of defects and damages has been detected. Based on the analysis of those damages and defects and nondestructive material testing, the repair measures were suggested in order to improve the durability of RC structure.*

Keywords: *assessment, defects, damages, the load on the the stadium*

1. АНАЛИЗА ОПТЕРЕЋЕЊА АБ КОНСТРУКЦИЈЕ ТРИБИНА СТАДИОНА

1.1. Категорије оптерећења

Код анализе оптерећења, треба разматрати стално, додатно стално, корисно, сеизмичко и инцидентно оптерећење. Стално оптерећење се анализира у виду сопствене тежине АБ конструктивних елемената.

Додатно стално оптерећење потиче од додатних слојева пода и плафона (уколико их има), столица за седење као и остале опреме инсталиране на трибинском простору.

Према правилнику PBAB 87, уколико су трибине пројектоване са сталним седиштима, корисно оптерећење је интезитета 4,5kN/m^2 а ако нема сталних седишта, онда је 6kN/m^2. На основу SRPS EN 1991-1-1, оптерећење трибина припада категорији корисног оптерећења C, односно поткатегорији C5. Националним анексом усвојено је да корисно оптерећење трибина треба разматрати са 5kN/m^2.

1.2. Пробно оптерећење

Пробно оптерећење се наноси као статичко, на месту које одговара пројектом дефинисаном најнеповољнијем распореду корисног оптерећења. Циљ наношења пробног оптерећења јесте изазивање приближно истих утицаја у носачу који ће се јавити током експлоатације конструкције. Испитивање се врши према стандарду SRPS U.M1.047.



Слика 1 – Испитивање статичким пробним оптерећењем

Режим испитивања:

- детаљан преглед и снимак конструкције пре наношења оптерећења,
- оптерећење до највећег предвиђеног интезитета,
- посматрање понашања конструкције под оптерећењем,
- растерећење,
- посматрање конструкције после растерећења
- детаљан преглед конструкције.

У поступку оптерећивања пробним оптерећењем конструкција се оптерећује у најмање четири једнака корака до предвиђеног нивоа оптерећења. Између појединих корака врше се мерења померања и деформација. Следећи корак оптерећења наноси се тек пошто је дошло до престанка (стабилизације) прираста померања и деформација у претходном кораку. Сматра се да је дошло до престанка прираста

НАПОМЕНА:
Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Слободан Шупић, доцент.

померања и деформација ако је прираст померања и деформације у периоду од 5 минута мањи од 15% претходног прираста за исти временски период или мањи од грешке мерног инструмента. Пробно оптерећење не сме се извести на АБ конструкцијама трибина чија је старост мања од 28 дана. Пошто се на конструкцију нанесе највеће предвиђено пробно оптерећење, оно на њој мора остати најмање 16h. У том периоду врше се посматрања најмање 4 пута. Посматрање конструкције послије растерећења траје такође 16h, односно онолико дуго док се не испуне услови о величини трајних померања. Конструкција АБ трибине изложена пробном оптерећењу задовољава услове за технички исправну конструкцију:

- ако су измерени угиби на местима највећих утицаја мањи или једнаки рачунским угибима под пробним оптерећењем при краткотрајном оптерећењу,
- ако су измерени заостали угиби после 16h од растерећења мањи од 25% највећих измерених угиба,
- ако је ширина измерених прслина мања од величине допуштене према прописима ,
- ако се величина измерених угиба може оценити као таква да не утиче на функционалност или естетски изглед конструкције.

Уколико критеријум о величини заосталих угиба није задовољен, а заостали угиби износе до 50%, испитивање пробним оптерећењем се мора поновити. При поновљеном оптерећењу заостали угиби не смеју бити већи од 12,5%. Уколико су величине заосталих угиба веће од 50% при првом пробном оптерећењу, односно веће од 12,5% при поновљеном пробном оптерећењу, пројекат конструкције се мора поново анализирати и треба пронаћи адекватно санационо решење.

О испитивању пробним оптерећењем прилаже се извештај који садржи све релевантне податке о испитаној конструкцији, поступку испитивања, употребљеним мерним инструментима, потребне теоретске прорачуне, податке о мерењима током испитивања, упоређење теоретских и измерених величина и закључак о понашању конструкције.

2. ПРОЦЕНА СТАЊА КОНСТРУКЦИЈЕ

2.1. Опис конструкције

Стадион РФК „Нови Сад“ налази се у Руменачкој улици бр. 152 у Новом Саду, на парцели број 3847/1, КО Нови Сад I. Фудбалско игралиште датира из 1966. године, док је западна трибина изграђена 1968. године.

Постојећа западна трибина је у основи правоугаоног облика, димензија 111,73m x 10,28m, а ширина на местима степеништа је 13,90m. Трибине имају приземни део и спратни део. У приземном делу објекта били су смештени локали, а на спрату се налази отворен гледалишни простор са прилазним степеницама.

Почетком 2022. године започети су радови на реконструкцији западне трибине стадиона РФК „Нови Сад“. У току извођења радова, односно након уклањања седишта на трибинама, спуштених плафона и преградних зидова у подтрибинском простору, уочена су оштећења на армиранобетонским елементима носеће конструкције трибина. Због тога је било потребно извршити процену стања носеће АБ конструкције са основним циљем да се на основу стварног стања носеће АБ конструкције трибина, као и захтева из архитектонског пројекта реконструкције трибина, предложе оптималне мере санације којима ће се обезбедити носивост и стабилност конструкције западне трибине, као и њена задовољавајућа трајност.



Слика 2 – Изглед трибинског простора из правца Руменачке улице (пре почетка радова на реконструкцији)



Слика 3 – Изглед трибина из правца игралипта

Носећа конструкција западне трибине је изведена као монолитни армиранобетонски скелет, који се састоји од попречних рамова, постављених на међусобном растојању од 5,3m и има укупно 22 рама (слика 4). АБ рамови се састоје од 2 АБ стуба различите висине и косог главног трибинског носача са хоризонталним конзолним деловима.

На рамове су ослоњене АБ монтажне трибинске талпе, АБ греде, АБ пуне плоче и АБ парапетни зид.



Слика 4 – Изглед конструкције трибина

2.2. Визуелни преглед конструкције

Визуелном прегледу су подвргнути сви АБ елементи који чине конструкцију трибине. Прегледом је детектован велики број дефеката који потичу из периода грађења објекта (мала дебљина заштитног слоја бетона, линијска сегрегација на мјестима спојева оплате, бетонска гнезда, геометриске имперфекције и неправилно изведени прекиди бетонирања) и оштећења која су се развила услед вишегодишње изложености објекта атмосферилијама, процуривања

воде у простор испод трибина и услед набројаних дефеката (корозија арматуре и, последично, оштећења бетонских пресјека елемената).

На наредним сликама (5-10) су приказани карактеристични дефекти и оштећења.



Слика 5 – Бетонско гнездо у доњем делу стуба (лево); сађаст, порозан бетон без малтерске компоненте, неоговарајућег гранулометријског састава (десно)



Слика 6 – Изглед стуба С11, недовољна дебљина заштитног слоја, раслојавање, пуцање и отпадање површинског слоја бетона услед јаке корозије арматуре (лево); јака корозија узенгије и главне арматуре (листање челика) изнад прекида бетонирања



Слика 7 – Недовољна дебљина, пуцање и отпадање заштитног слоја, површинска корозија арматуре на целој доњој површини плоче



Слика 8 – Неодговарајући састав бетона, сађаст бетон, трошне ивице, јака корозија арматуре са листањем челика (коси део главног носача, сегмент 8/A-C)



Слика 9 – Карактеристичне угаоне пукотине на крајевима талпи са или без трагова процуривања



Слика 10 – Раслојавање, пуцање и отпадање заштитног слоја бетона, прекинуте кородирале шипке вертикалне арматуре (парапетни зид, сегмент A/5-6)

2.3. Накнадно испитивање чврстоће бетона при притиску

У циљу утврђивања чврстоће при притиску бетона уграђеног у АБ елементе конструкције, укупно је извађено шест бетонских језгара.



Слика 11 – Вађење бетонских језгара

Извађена језгра су у лабораторији детаљно макроскопски прегледана. Након прегледа, бетонска језгра пречника ~98mm одсечена су до висине сса 100mm, а притисне површине су поравнате брушењем. На тај начин формирани су бетонски цилиндри за испитивање чврстоће. Добијене вредности чврстоће при притиску показују да бетон задовољава пројектовану марку бетона МБ30.



Слика 12 – Изглед бетенског језгра извађеног из АБ монтажне талпе (верикални део седишта трибина, сегмент 6-7/5)

За одређивање стања заштитног слоја бетона, одабрана је колориметријска метода помоћу фенолфталеина. Дебљина карбонатизованог слоја бетона је мерена непосредно након вађења бетонских језгара и варира у опсегу од 0cm до 6,5cm.



Слика 13 – Изглед бетенских кернова након прскања фенолфталеин индикатора

3. ГЛОБАЛНЕ МЕРЕ САНАЦИЈЕ

У оквиру предложеног санационог решења предвиђене су следеће операције:

- уклањање остатака завршних облога (боја, малтер...) са површине бетона на свим АБ елементима на којима су ови остаци присутни,
- чишћење арматуре од површинске корозије и заштита,
- репрофилација бетона на месту кородирале арматуре, механичких оштећења и бетонских гнезда,
- растерећење стуба А/15 подупирањем, уклањање великог бетонског гнезда и бетонирање недостајућег дела стуба,
- рачунска провера носивости стубова С/18 и С/20, косих делова главних носача, плоча и греда са јаком корозијом арамтуре, на основу ефективне површине уграђене арматуре (након уклањања кородиралих делова попречног пресека). У зависности од резултата прорачуна предвидети неконструкцијске или конструкцијске мере санације,
- обезбеђење пасивне антикорозивне заштите арматуре на доњој страни плоче (извођење новог заштитног слоја или заштитни премаз),
- извођење недостајућег дела пресека горње плоче са горње стране,
- повећање носивости горње плоче у зависности од резултата контролног прорачуна,
- конструкцијска санација плоче С-С“/8-9 са попречном пукотином у средини распона,
- конструкцијска санација плоче С-С“/21-22 изложене дејству пожара,
- рачунска провера носивости парапетног зида у пољима са прекинутом вертикалном арматуром. У зависности од резултата прорачуна предвидети неконструкцијске или конструкцијске мере санације,
- предвидети адекватно одвођење воде са горње површине горње плоче,
- уклањање оштећених и трошних делова бетона у споју бетонских талпи и извођење нових,
- извођење додатног слоја бетона са горње стране талпи као подлога за нови слој хидроизолације и санација косих пукотина у ослоначким зонама талпи,
- конструкцијска санација греда С/8-9, С“/8-9 са попречном пукотином у средини распона,
- конструкцијска санација греда С/17-18, С/20-21 и С/21-22 са подужном хоризонталном пукотином,
- неконструкцијска или евентуално конструкцијска санација греда С"/6-7, С"/9-10, С"/14-15, С"/15-16 са попречним прслинама у трећинама распона,
- конструкцијска санација или уклањање и поновно извођење греда са великим механичким оштећењима (греде С"/16-17, С"/17-18, С"/18-19).

С обзиром на то да се ради о претходнонапрегнутим елементима, са непознатом силом преднапрезања, предлаже се контролно пробно оптерећење најмање једне талпе након уклањања свих завршних облога.

4. ЗАКЉУЧАК

У раду је дата процена стања и предлог санационог решења за АБ конструкцију трибине стадиона РФК Нови Сад. Услед грешака насталих при извођењу објекта, те услед неадекватне хидроизолације и одвођења воде са трибинског простора, дошло је до бројних дефеката и оштећења.

Анализом свих претходно изведених закључака о стању појединачних елемената конструкције, може се закључити да носећа АБ конструкција трибина има локалну смањену носивост и нарушену трајност, али да се одговарајућим мерама може довести у технички испранво стање.

5. ЛИТЕРАТУРА

[1] Др Живорад Радосављевић, Др Дејан Бајић: Армирани бетон, књига 3 – Елементи армиранобетонских конструкција
[2] Збирка југословенских стандарда за примену Правилника БАБ 87 о техничким нормативима за бетон и армирани бетон
[3] Павилник о класификацији објеката ("Сл. гласник РС", бр. 22/2015).
[4] Павилник за грађевинске конструкције ("Сл. гласник РС", бр. 89/2019, 52/2020 и 122/2020).

Кратка биографија:



Марко Зубац рођен је у Невесињу РС/БиХ 8.11.1998. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарство - Конструкције, процена стања и санација бетонских конструкција је одбранио 2022. год.
Kontakt: marko.zubac98@gmail.com



Слободан Шупић рођен је 1989. године у Требињу. Од 2020. запослен је као доцент на Департману за грађевинарство и геодезију, ужа научна област: Грађевински материјали, процјена стања и санација конструкција.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 725.39
DOI: https://doi.org/10.24867/20CG07Drcelic

АНАЛИЗА СОФТВЕРСКОГ ПАКЕТА CIVIL 3D ЗА ИЗРАДУ ПРОЈЕКАТА САОБРАЋАЈНИЦА

ANALYSIS OF SOFTWARE PACKAGE CIVIL 3D FOR DEVELOPING TRAFFIC PROJECTS

Никола Дрчелић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – *У раду је приказана анализа могућности примене програмског пакета Civil 3D кроз фазу пројектовања пута, његова функционалност и примена. Описани су алати који се користе за израду дигиталног модела терена (ДТМ), дефинисање осовине пута, подужног профила и нивелете пута, коридора, цртање попречних профила и карактеристичних попречних профила, формирање нивелационог плана, обрачун количина радова , итд.*

Кључне речи: *пројектовање путева, Civil 3D*

Abstract - *The paper presents an analysis of the possibilities of applying the Civil 3D software package during the road design phase, its functionality and application. The software tools used for creating a digital terrain model (DTM), defining the road alignment, longitudinal profile and road leveling, corridors, drawing cross sections and typical cross sections, forming a leveling plan, calculating of quantities, etc. are described.*

Keywords: *road design, Civil 3D*

1. УВОД

У раду су описане могућности примене програмског пакета *Civil 3D*. Рад је подељен на два дела: опис програмског пакета *Civil 3D* и израда идејног решења пројекта [1].

Помоћу програмског пакета *Civil 3D* су пројектовани и обележени елементи ситуационог плана, нивелационог плана, подужног профила и попречних профила, а у самом пројекту је димензионисана коловозна конструкција, описан детаљан технички извештај као и предмер и предрачун радова.

2. МОГУЋНОСТИ ПРИМЕНЕ ПРОГРАМСКОГ ПАКЕТА CIVIL 3D

Програмски пакет *Civil 3D* се користи за креирање 3D модела терена, водених токова, цевовода, саобраћајница које имају динамичку повезаност са изворним подацима и другим елементима пројекта.
Укратко, *Civil 3D* се користи за прегледање, дизајнирање, анализирање и оптимизовање инфраструктурних пројеката.

Помаже да се пројекти побољшају и изграде сигурно, на време и у оквиру буџета. Као водеће BIM (*Building Information Modeling*) решење у индустрији, *Civil 3D* је чувен у инжењерским круговима и има примену у широком пољу инфраструктурних пројеката [1,4,5]. Применом програмског пакета *Civil 3D* кориснику се пружа могућност да [4,5]:

- формира и уреди дигитални модел терена;
- пројектује и обележи ситуациони план;
- формира, пројектује и обележи подужни профил;
- формира, пројектује и обележи попречне профиле;
- изврши обрачун количина радова са попречних профила;
- формира и обележи нивелациони план и план обележавања;
- табеларно прикаже списак елемената за исклочавање трасе;
- да формира 3D моделе линијских и површинских елемената и објеката и моделује косине.

Предност овог софтвера је та што се све промене у току рада аутоматски преносе на модел и та синхронизованост омогућава да се промене врше у било којој фази пројекта и да се аутоматски преносе на све зависне елементе пројекта, тако да не постоји потреба за ручним прегледањем пројекта и корекцијом истог [2].

Приказане су фазе израде пројекта кроз овај софтвер почевши од уноса тачака, креирања дигиталног модела терена, дефинисања осовине, израда подужног профила пута и дефинисања нивелете, израда попречних профила, као и додатне опције овог софтвера које могу да нам уштеде време приликом израде пројекта као што су темплејти за дефинисање попречних профила [1,2].

3. ПЛАНИРАЊЕ И ПРОЈЕКТОВАЊЕ ПУТЕВА

Планирање и пројектовање као активности подразумевају мање или више формализоване поступке са циљем да се унапред сагледа будућност са довољно извесности и поузданости те су се данас донеле потребне одлуке и предузеле одговарајуће мере да се побољша постојеће стање и реализују позитивни и умање негативни ефекти развоја који се може предвидети.

Како се ради о будућности која увек садржи и компоненту неизвесности, планирање и пројектовање

НАПОМЕНА:
Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био доц. др Милош Шешлија.

у суштини помажу да се унапред уочи највероватнији исход данас донетих одлука и предузетих корака, а укупна поузданост процеса, пре свега зависи од врсте, обима и поузданости информација, егзактности примењених метода и поступака и способности планера и/или пројектанта да кроз мисаони процес синтетизује резултате анализа, креативно формира могуће варијанте те објективно и непристрасно одмери њихову укупну вредност и предложи оптимално решење.

Приликом пројектовања путева пројектант мора да успостави везу између стратешко постављених програмских услова, саобраћајног оптерећења и димензија пројектних елемената пута. Осим обезбеђивања функционалности, пут мора да буде пројектован тако да обезбеђује саобраћајну безбедност возачима који пут користе у складу са важећим прописима. То значи да елементи пута морају да буду усклађени и састављени тако да, иако му је на читавој дужини пута обезбеђена захтевана прегледност, возач у току нормалне вожње није присиљен да интезивно кочи на појединим местима.
Најчешће грешке које се могу догодити код неусклађеног планирања и лошег пројектовања пута и које угрожавају безбедност током вожње су:

- Превелика брзина вожње;
- Недостатак зауставне прегледности;
- Појава „аквапланинга“;
- Неусклађеност хоризонталних геометријских елемената осе пута и нивелете;
- Прекратке дужине зона за извођење саобраћајних маневара;
- Учесталост прикључака (улаза/излаза);
- Неправилно изведени прелази смањења броја саобраћајних трака на коловозу;
- Незаштићене стрме косине (одрон камења);
- линије.

Да бисмо пројектовали безбедан пут, треба избегавати:

- Превазилажење горњих вредности рачунских брзина;
- Повећање ширине саобраћајних трака у односу на ширину која је прихваћена као стандардизована за појединачну рачунску брзину (проблем: повећање ширине узрокује веће алтернативне полупречнике кружних кривина што даље узрокује повећање брзине);
- Коришћење неусклађеног редоследа кружних и њима припадајућих прелазних кривина;
- нивелетски нижем положају (важно за брзине веће од 70км/ч);
- Умештање мање између две истосмерне кружне кривине у облику О-кривине на нивелетски нижем положају (важно за брзине веће од 70км/ч);
- Мењање профила пута на прекратким растојањима;
- Постављање елемената који онемогућују или смањују прегледност на путу (саобраћајна опрема-табле, и сл.), или уметање уређења дуж пута у зони поља прегледности (стајалишта, паркиралишта, депоније, зидови...);
- Неуважавање могућности доградњивања појединачних уређења на путу и по истеку планираног века;
- Изостављање уређивања објеката, уређаја и уређења за прелазак животиња (екодукти, подземни пролази);
- Изостављање природних уређења регулација водотокова (угрожавање стабилности трупа пута);
- Изостављање процене утицаја снажног ветра и снежних наноса (преграде за заштиту од ветра);
- Пројектовање прелаза у нивоу за пешаке на непрегледним деоницама пута;
- Пројектовање грађевинских објеката у траси унутар слободног профила пута без заштитних уређења (ограда);
- Изостављање уређења проширења насипа (проширена банкина) код путева смањене ширине коловоза (омогућавање мимоиложења).

Основне 3 фазе које се одвијају приликом пројектовања и изградње пута су:

- Припремни радови за потребе пројектовања пута (укључују извођење истражних радова, прикупљање и израду подлога и података за пројектовање);
- Пројектовање пута (израда техничког решења);
- Извођење радова на изградњи пута.

Свака од ових фаза захтева ангажовање великих новчаних средстава, великог броја кадрова различите струке и мноштво разне опреме. За успешно извршење сваке од фаза, неопходно је имати добру организацију и координацију унутар тима. Свака успешна реализација једне фазе је предуслов за успешно извођење наредне фазе. Не треба штедети новац и брзати приликом израде припремних радова и пројектовања, јер ће свака нерационална уштеда на новцу и времену бити скупо наплаћена приликом извођења и експлоатације објекта (пута).

4. ИДЕЈНО РЕШЕЊЕ

4.1. Коловозна конструкција

Да би се извела новопројектована коловозна конструкција у континуитету потребно је порушити постојећу коловозну конструкцију [3,6]. Рушење постојећих објеката, који су се нашли на траси пројектованих саобраћајница нису саставни део пројекта.

За коловозну конструкцију саобраћајнице усвојена је следећа структура:

асфалт бетон АБ11с	д=4.0 цм
битуменизирани носећи слој БНС 32с	д=9.0 цм
дробљени камени агрегат 0/31.5мм	д=15.0 цм
дробљени камени агрегат 0/63 мм	д=25.0 цм
песак	д=30цм

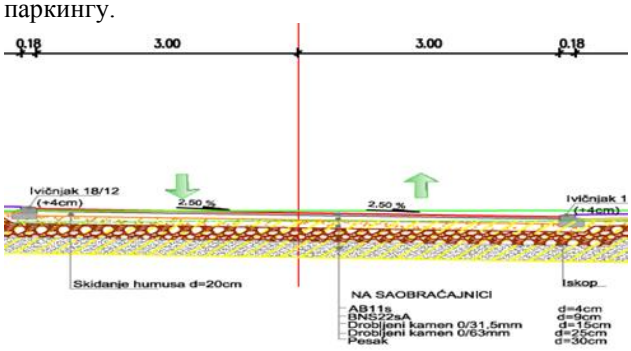
За коловозну конструкцију паркинга усвојена је следећа структура:

Бехатон	д=8.0 цм
Фракција 2/4	д=4.0 цм
Дробљени камени агрегат 0/31.5мм	д=10.0 цм

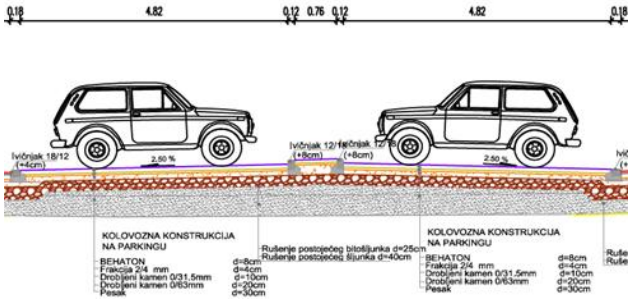
дробљени камени агрегат 0/63 мм	д=20.0 цм
песак	д=30цм

4.2 Елементи попречних профила

Попречни профили су рађени на карактеристичним местима као и на растојању не већем од 15m. Све саобраћајнице су дефинисане у ширини од 2x3.00m, док су паркинг места предвиђена са димензијама 2.80x5.00m. Пројектом је на коловозу предвиђен једностран попречни пад од 2%. Попречни пад паркинга је такође 2% према коловозу.
Карактеристични попречни профил је приказан у размери P=1:100. На Слици 1 и Слици 2 приказани су нормални попречни профили на саобраћајници и паркингу.



Слика 1*: Нормални попречни профил на саобраћајници*



Слика 2: *Нормални попречни профил на паркингу*

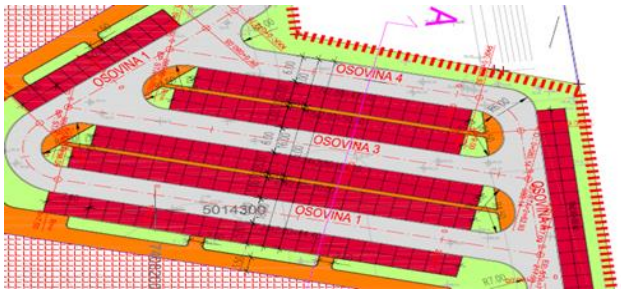
4.3 Ситуационо решење

На ситуационом плану предметне саобраћајнице дефинисане су са четири осовине: осовина 1, осовина 2, осовина 3 и осовина 4.

Осовина 1 је дефинисана применом три правца и две хоризонталне кривине R=7.0m и R=8.0m без коришћења прелазница. Укупна дужина осовине 1 је 217.09m. Осовина 2 је дефинисана применом четири правца и три хоризонталне кривине P=8.10m, P=50.0m и P=50.0m без коришћења прелазница. На стационажи 0+017.25 Осовине 1 се налази укрсно место ове две саобраћајнице. Осовина 2 се на свом крају ситуационо и нивелационо уклапа на ивицу кружног подеоника, док се осовина 1 на свом крају укрштa и уклапа у саобраћајницу дефинисану осовином 4. Укупна дужина осовине 2 је 356.89m.

Осовина 3 је осовина којом је дефинисана саобраћајница унутар паркинга за путничка возила која се на свом почетку на стационажи 0+000.00 укршта са осовином 1, а на свом крају на стационажи 0+076.71 са осовином 4. Дефинисана је применом једног правца. Укупна дужина осовине 3 је 80.15m.

Осовином 4 дефинисана саобраћајница по ободу паркинг простора, чији се почетак на стационажи 0+000.00 налази на укрштају са Осовином 1 док се на свом крају, стационажи 0+136.26 уклапа у кружни подеоник.. Формирана је од два правца и две хоризонталне кривине P=9.0m и P=40.00m без коришћења прелазница. Укупна дужина Осовине 4 је 136.26m. На Слици 3 приказан је део предметне деонице са осовинама.



Слика 3: *Део предметне деонице*

4.4 Подужни профил

Подужно вођење саобраћајница било је условљено уклапањем у постојеће стање на почетку Осовине 1, на стационажи 0+007.52, котом новопројектованих објеката, као и међусобним нивелационим уклапањима осовина једне у другу на својим укрсним местима.

Минимални подужни пад нивелете на Осовини 1 је 0.20%, а максималан 2.50%. Прелом нивелете већи од 0.2% је заобљен вертикалном кривином Rv=500, Rv=500, Rv=200м. Минимални подужни пад нивелете на Осовини 2 је 0.10%, а максималан 2.00%.

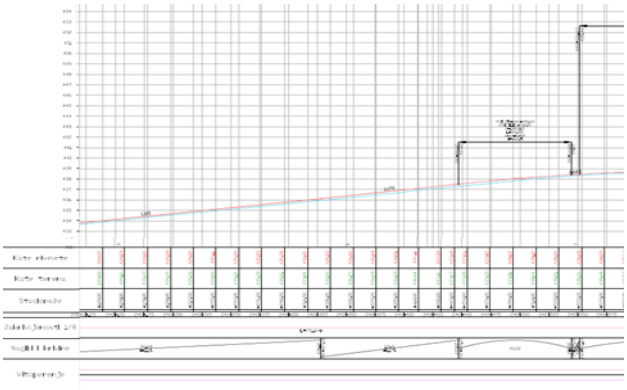
Прелом нивелете већи од 0.2% је заобљен вертикалном кривином Rv=500, Rv=1250.

Минимални подужни пад нивелете на Осовини 3 је 0.30%, а максималан 2.27%. Прелом нивелете већи од 0.2% је заобљен вертикалном кривином Rv=500м, Rv=200м.

Минимални подужни пад нивелете на Осовини 4 је 0.20%, а максималан 1.80%. Прелом нивелете већи од 0.2% је заобљен вертикалном кривином Rv=200м, Rv=1000м. Подужни профили рађени су у размери 1:50/500. На Слици 4 приказан је део подужног профила пута.

4.5 Одводњавање

Систем за одводњавање се гради за потребе контролисаног прикупљања и одвођења кишног отицаја са коловоза. Основни циљ јесте повећање безбедности, али и трајности саобраћајнице. Задржавање воде на коловозу има неповољан утицај на безбедност одвијања саобраћаја.



Слика 4: *Део подужног профила пута*

Одводњавање атмосферских вода са саобраћајница решено је првенствено попречним и подужним падовима. Предвиђен је затворен систем одводњавања. Прикупљена вода са коловоза, паркинга и тротоара се одводи сливницима који су висински и ситуационо прилагођени новопројектованој ситуацији.
Одводњавање је обрађено посебним пројектом – Пројектом хидротехничких инсталација.

5. ЗАКЉУЧАК

Планирање и/или пројектовање као активности подразумевају мање или више формализоване поступке са циљем да се унапред сагледа будућност са довољно извесности и поузданости, те су се данас донеле потребне одлуке и предузеле одговарајуће мере да се побољша постојеће стање и реализују позитивни и умање негативни ефекти развоја који се може предвидети. Развој софтвера за пројектовање путева је многоструко убрзао и упростио процес анализе (истраживања) и пројектовања путева, и сходно томе, велики је број разних софтвера за пројектовање путева, који су у принципу засновани на истој основи.

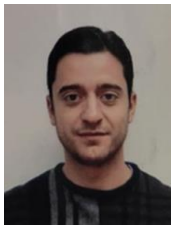
Civil 3D садржи и бројне алатке и функционалности које му омогућују да постане бржи у раду на инфраструктурним пројектима, као што су мреже цевовода, моделовање путева, рачунање кубатура, профилисање терена, геопросторне анализе и многи други.

Последњих пар година програм је усавршаван и данас се користи у решавању најсложенијих инжењерских проблема.

6. ЛИТЕРАТУРА

[1] Радовић, Н.: Одабрана поглавља из пројектовања путева (Скрипта са предавања и вежби, ФТН 2012-2013).
[2] ЈП „Путеви Србије“: Приручник за пројектовање путева у Републици Србији.
[3] Цветановић, А, Банић, Б.: Коловозне конструкције.
[4] State of Florida Department of Transportation: FDOT Civil 3D Subassembly Composer Course Guide.
[5] Graham R., Holland L.: Mastering AutoCAD Civil 3D 2012.
[6] Путеви Србије www.putevi-srbije.rs

Кратка биографија:



Никола Дрчелић рођен је у Краљеву 11.08.1992. год. Гимназију у Краљеву завршава 2010. године, а 2017. године уписује студије грађевинарства на Факултету техничких наука у Новом саду, на коме у јуну 2021. године стиче звање дипломирани инжењер грађевинарства. Мастер рад на одсеку за путеве, железнице и аеродроме са темом “Анализа софтверског пакета Civil 3D за израду пројеката саобраћајница“ одбранио је у јулу 2022. године.

контакт: nikoladrcelic92@gmail.com

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

УДК: 624
ДОИ: https://doi.org/10.24867/20CG08Krstic

ДЕНИВЕЛИСАНЕ РАСКРСНИЦЕ – АНАЛИЗА ВАРИЈАНТНИХ РЕШЕЊА СА ПРИМЕРОМ ИДЕЈНОГ РЕШЕЊА ПЕТЉЕ „ОВЧА”

MULTI–LEVEL INTERSECTIONS – THE ANALYSIS OF VARIANT SOLUTIONS WITH THE EXAMPLE OF 'OVČA' INTERCHANGE PRELIMINARY DESIGN

Панта Крстић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – У *оквиру рада дате су теоријске основе денивелисаних раскрсница и њихова основна подела, приказани и објашњени основни елементи и дата сва правила и препоруке за пројектовање. Примена наведеног дата је на примеру денивелисаног чворишта „Овча” у оквиру ауто-пута Београд – Зрењанин. Извршена је анализа могућег просторног концепта и предложена су два могућа варијантна решења петље. Након вредновања могућих варијанти усвојено је оптимално решење петље и дато образложење за усвајање. Коначно, за усвојено решење дата је скраћена верзија Идејног пројекта са техничким описом, решењем коловозне конструкције, предмером радова и графичким прилозима који садрже решене елементе хоризонталне и вертикалне геометрије.*

Кључне речи: *денивелисане раскрснице, чворишта, спојне рампе, модификована детелина, ауто-пут, вредновање варијанти, идејно решење*

Abstract – *The paper comrises of the theoretical basics and instructions for interchange design, their basic classification and consisting elements. Concrete use of basic rules for interchange design is represented in 'Ovča' interchange road design on the Belgrade-Zrenjanin highway. Two possible solutions for the interchange had been defined according to the analysis of lot and land availability. After the valuation of both concepts, the final solution has been adopted with a specific explanation given. Finally, the preliminary design of the interchange has been made according to the adopted solution including technical description of the facility, pavement design, costs analysis, layouts, profiles and cross sections defining road geometry.*

Keywords: *interchange, loop, ramps, semidirectional interchange, highway, interchange concept valuation, preliminary design*

1. УВОД

Раскрснице представљају чворна места у оквиру путне мреже на којима долази до укрштања путних праваца и дистрибуције корисника на жељене смерове кретања.

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био проф. др Бојан Матић.

Са становишта безбедности и капацитета, раскрснице представљају критичне тачке у путној мрежи. У зависности од значаја праваца који се укрштају, грађевинско решење раскрнице може бити различито – **у нивоу** или **денивелисано**.

Површинске раскрснице могу да пруже задовољавајућа решења за путне правце са саобраћајним оптерећењима до $\boldsymbol{Qm \leq 800\ voz/h}$ у оба смера [2]. За разлику од њих, потреба за денивелисаном раскрсницом ће се јавити у случају укупног саобраћајног оптерећења које је веће од $\boldsymbol{Qm > 12\,000\ voz/danu}$ [2]. Овај услов ће увек бити испуњен у случају аутопутева који већ по своме режиму саобраћаја захтевају денивелисане раскрснице.

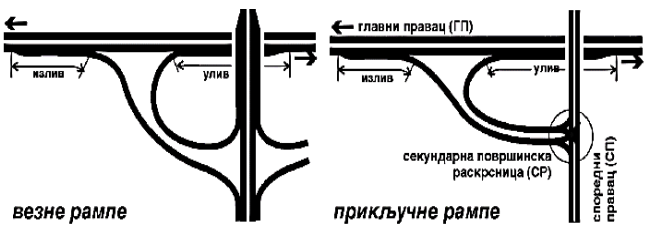
2. ПРОГРАМСКИ УСЛОВИ ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ ДЕНИВЕЛИСАНИХ РАСКРСНИЦА

На денивелисаним раскрсницама се подразумева повезивање укрштених саобраћајних праваца под условом успостављања режима континуалних токова. Овај режим се остварује независним вођењем главног и споредног правца у одвојеним грађевинским нивоима. Критична вредност саобраћајног оптерећења споредног правца (СП) за повезивање на главни правац јесте $\boldsymbol{PGDS \geq 3000\ voz/danu}$ [4].

2.1 Основни елементи денивелисане раскрснице

Свака денивелисана раскрсница се састоји из три групе основних функционалних елемената чијим комбиновањем се добија коначно просторно решење. То су:

1. Укрсни правци (главни правац – ГП и споредни правац – СП)
2. Изливи (I) и уливи (U)
3. Рампе (R) – (прикључне или везне у зависности какве путне правце повезују) [2]



Слика 1: Основни елементи денивелисаних раскрсница [5]

2.2 Типологија денивелисаних раскрсница

Постоје четири основна функционална нивоа денивелисаних раскрсница ван градова: „**A, B, C, и D''.** Функционални ниво А подразумева укрштање ауто-путева приближно једнаких експлоатационих показатеља**,** ниво В укрштање даљинских ауто-путева и даљинских путева**,** ниво С укрштање ауто-путева и везних путева и ниво D безконтактно укрштање ауто-путева и сабирних/приступних путева [3].



Слика 2: Денивалисана раскрсница функционалног нивоа С у Немачкој

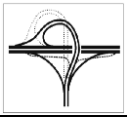
У зависности од дефинисаног система експлоатације, разликују се денивелисана чворишта за комерцијалну и слободну експлоатацију [4].

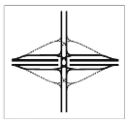
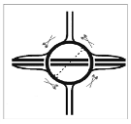
2.3 Основна функционална решења

Два основна начина повезивања главног и споредног правца јесу **прикључци** (трокраке) и **укрштаји** (четворокраке) денивелисане раскрснице.

Прикључци – трокраке денивелисане раскрснице се користе у случају прикључивања секундарних путева на примарне путеве. Укрштаји - четворокраке раскрснице су значајно заступљеније у путној мрежи. У односу на класичне трокраке раскрснице, укрштаји садрже двоструко већи број сукобљених саобраћајних струја (12:6) и пет пута више пресечних тачака [1].

Табела 1 и 2: Типови прикључака и укрштаја [5]

ТИПОВИ ПРИКЉУЧАКА			
„труба''	**„крушка''**	**„троугао''**	**„рачва''**
			

ТИПОВИ УКРШТАЈА		
„ромб''	**„кружни подеоник''**	**„пола детелине''**
		
„детелина''	**„модификова на детелина''**	**„малтешки крст''**
		

2.4 Геометријско компоновање и обликовање

Правилно компоновање главног (ГП) и споредног укрсног правца (СП) постиже се кроз усклађивање ситуационог и нивелационог плана у зони раскрснице. Фактори који у највећој мери утичу јесу топографски услови, природна или вештачка ограничења. Основна правила компоновања су:

1. Укрсни правци треба да буду компоновани тако да се омогући спољашња прегледност денивелисане раскрснице.
2. Раскрсница мора да буде сагледљива са главног путног правца најмање са даљине изоштрене визуре прегледности **La ≅ 4 Vr**.
3. Ток осовине споредног правца мора да буде усаглашен са нивелационим решењем главног правца (ГП), те се максимални нагиб ограничава на **in = 3%,** а најповољнији угао укрштања је **90°**.

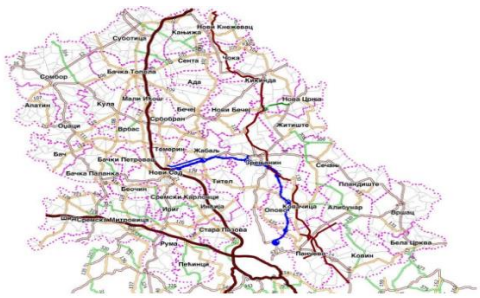
2.5 Спојне рампе

Рампе на денивелисаним раскрсницама се, према свом просторном облику, класификују на **директне**, **полудиректне** и **индиректне**. Комбинација облика рампи и могућност њихове примене зависиће пре свега од функционалног типа денивелисане раскрснице. Индиректне рампе се у већини случајева усвајају са пројектним брзинама између 30 и 40 km/h. Пројектна брзина директних рампи може да варира од 50 па до 80 km/h, у зависности од категорије раскрснице [4].

Приликом обликовања спојних рампи на денивелисаним раскрсницама користе се класични елементи пројектне геометрије: **правци, кружни лукови и прелазне кривине** (могуће и S, O, C криве). Максимални подужни нагиби ограничени су за рампе у успону на $\max i_N = 6\%$, а за рампе у паду на $\max i_N = 7\%$. Резултујући нагиб коловоза не сме да пређе вредност од 9%. Рампе се изводе са једностраним попречним нагибом. Минимални попречни нагиб за одводњавање износи 2,5%**,** док је максимални попречни нагиб у кривинама 6%. Нагиб рампи витоперења уливно – изливних трака и спојних рампи ограничен је на $i_{RV} \leq 1,5\%$ [4]**.**

3. АНАЛИЗА ВАРИЈАНТНИХ РЕШЕЊА ПЕТЉЕ „ОВЧА”

Конкретна примена свих правила за пројектовање приказана је на пројекту денивелисане раскрснице „Овча” на ауто-путу Београд – Зрењанин. Путни правац је пројектован као комплетан профил аутопута, те самим тим захтева пуни програм денивелације.



Слика 3:Коридор аутопута Београд–Зрењанин-Н.Сад

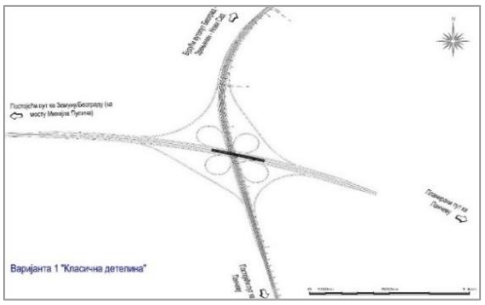
Елементи пројектне геометрије ауто-пута на предметној деоници усвојени су у зависности од типа терена (равничарски) за пројектну брзину Vproj=130km/h. Геометријски попречни профил (ГПП) дат је као типско решење при дефинисаним саоб. условима. У оквиру деонице као најбоље решење за све денивелисане раскрснице одабран је тип „ТРУБА“ (изузев предметне петље „Овча“) због предвиђене комерцијалне експлоатације.

3.1 Просторни положај и значај петље „Овча“

Основна функција петље јесте повезивање новопројектованог аутопута са постојећом трасом „Северне тангенте“ чиме се на индиректан начин ствара веза са аутопутевима Е-70 и Е-75. Због високог ранга саобраћајница које се укрштају предвиђено је чвориште типа „**детелина**“ или „**модификована детелина**. Основна разлика између два концепта јесте у замени индиректних рампи („класична детелина“) полудиректним рампама које омогућавају комфорније везе („модификована детелина“). Изменом облика рампи долази до значајног повећања вредности инвестиције због великог броја објеката у зони петље, те је неопходно детаљније разматрање варијанти.

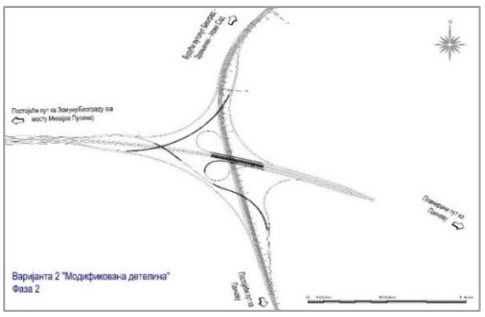
3.2 Вредновање варијантних решења

За полазно решење (*варијанта 1*) одабрана је „класична детелина“, слично постојећој петљи „Ковилово“ на денив. укршају Северне тангенте и државног пута IIB-13 Основни недостаци пројектног решења петље „Ковилово“ јесу небезбедни уливи и изливи и недостатак сервисних саобраћајница, као и битно различити саобраћајни токови на будућој петљи „Овча“.



Слика 4: Просторни концепт у варијанти 1

Због неизвесности изградње пута од петље „Овча“ до Панчева (*варијанта 2*), тип „модификоване детелине“ је размотрен у две фазе изградње, с тим што би се у првој фази градио део петље у облику троугла ради ефикаснијег повезивања праваца који су доминантни у погледу саобраћајног оптерећења.



Слика 5: Просторни концепт у варијанти 2

Могуће варијенте су упоређене по параметру времена путовања учесника у саобраћају по упоредивим линијама кретања и на основу финансијских трошкова који из тога произилазе. Временски оквир који је узет у обзир при анализи варијантих решења јесте 20 година. Након тога извршена је процена обима грађ. радова на основу искуствених вредности везаних за коловозну конструкцију и објекте на рампама.

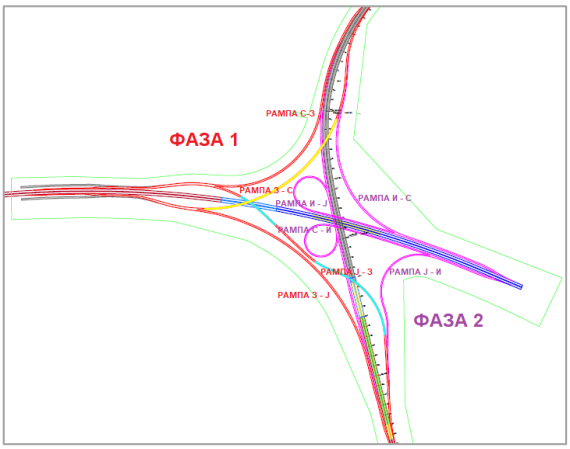
Табела 3 : Процена вредности инвестиције по фазама

Варијанта	Вредност инвестиције (EUR)		
	Фаза 1	Фаза 2	УКУПНО
„Класична детелина“	-	-	**15.947.222**
„Модификована детелина“	25.689.616	23.262.812	**48.952.428**

Економски ефекти коришћења петље су оцењени кроз *нето садашњу вредност* (NPV), *интерну стопу рентабилитета* (IRR) и *рок враћања инвестиције*. С обзиром да је анализом добијена позитивна вредност NPV, IRR је већа од препоручене вредности (7%), а рок поврата инвестиције је 12. година, долази се до закључка да је петља „Овча“ у варијанти „модификована детелина“ **ИСПЛАТИВА** чак и у случају реализације у целости (без фазне изградње).

3.3 Усвојени концепт

Узимајући у обзир неизвесност изградње планиране саобраћајнице ка Панчеву, као оптималније и економски исплативије решење издвојио се концепт „модификоване детелине“ који би био реализован кроз две фазе (*варијанта 2*). У првој фази би се извео денивелисани укрштај у три грађевинска нивоа изнад постојеће трасе Сев. тангенте, као и два денивелисана укрштаја у два нивоа (рампе „запад – север“ и „југ – запад“) са новопројектованим ауто-путем. Током друге фазе изградње петље изводиће се наставак Северне тангенте ка будућој индустријској зони Панчева, као и изградња преостале четири рампе (индиректне рампе „исток – југ“ и „север – исток“, као и директне рампе „југ – исток“ и „исток – север“).



Слика 6: Усвојени концепт и фазна изградња

4. ТЕХНИЧКИ ОПИС УСВОЈЕНОГ РЕШЕЊА

У оквиру петље предвиђена су три денивелисана укрштаја у два нивоа и један денивелисани укрштај у три нивоа. Постојећа траса Северне тангенте користи

се делимично са западне и јужне стране, док је највећи део предвиђен за рушење. Елементи ауто-пута у зони денивелисане раскрснице „Овча“ су пројектовани у односу на пројектну брзину Vproj = 130 km/h**.** У зони петље „Овча“ предвиђено је проширење коловоза ауто-пута ради уметања уливних/изливних трака са стандардних 11,5m ширине на 12,5m.

4.1 Спојне рампе петље „Овча“

Обликовање спојних рампи у ситуационом плану врши се применом праваца, кружнице и клотоиде. Гранични елементи плана и профила су усвојени на основу рачунске брзине, и то:

- За директне и полудиректне рампе (фазе 1-2) – **Vr,r = 80 (70) km/h**
- За индиректне рампе (фаза 2) – **Vr,r = 50 km/h**

Примењени елементи плана и профила рампи су у складу са усвојеним рачунског брзинама на рампама.
Елементи геометријског попречног профила рампи усвојени су у складу са Правилником и то:

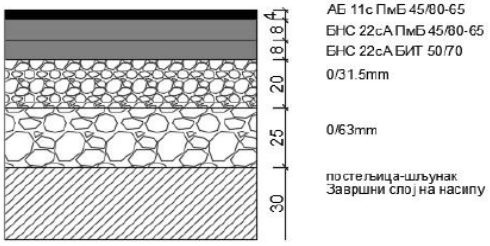
- **Профил „P1“** – профил једнотрачног коловоза ширине 5,50m и **профил „P3“** – двотрачни једносмерни коловоз укупне ширине 7,00 m

Нормални попречни профили (НПП) дати су за карактеристичне положаје рампи на правцу, у левој и десној кривини. Попречни нагиб коловоза рампи (i_P) је једностран и износи **2,5%** (у кривини max **6%**). Попречни нагиб банкине усмерен је ка спољној страни профила и износи **6%** на вишој страни коловоза, или **7%** уз нижу ивицу коловоза. Попречни нагиб постељице је пројектован са минималним нагибом од **2,5%** или прати попречни нагиб коловоза када је он већи од **2,5%.**

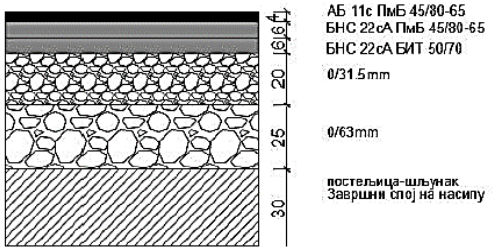
4.2 Коловозна конструкција

Димензионисање коловозне конструкције извршено је према стандарду СРПС У.Ц4.015/1994.

<u>Флексибилна коловозна конструкција рампи денивелисане раскрснице „Овча“ – ТИП 1 (рампе „J – З“ и „З – J“)</u>



<u>Флексибилна коловозна конструкција рампи денивелисане раскрснице „Овча“ – ТИП 2 (рампе „З – С“ и „С – З“), Северна тангента („J – С“ и „З - И“)</u>



5. ЗАКЉУЧАК

Циљ рада био је да прикаже комплексност и сложеност поступка пројектовања и изналажења најбољег могућег решења једног денивелисаног чворишта на саобраћајницама високе категорије као што су будући ауто-пут Београд – Зрењанин и Северна магистрална тангента (СМТ).
Изградњом денивелисане раскрснице „Овча“ у виду „модификоване детелине“ и заменом првобитно планираних индиректних рампи полудиректним постиће ће се боља дистрибуција доминантних саобраћајних токова и доћи ће до драстичног повећања нивоа услуге у зони предметне петље (пројектна брзина на рампама расте са **Vp,r = 50km/h** на **Vp,r = 70km/h,** капацитет рампи се повећава са **1000** на **1500 voz/h**). Имајући у виду доказани високи степен исплативости петље „Овча“ у варијанти „модификоване детелине“ и драстична побољшања услова одвијања саобраћаја која ће уследити, постоји велика оправданост за изградњу петље у наведеном облику.

6. ЛИТЕРАТУРА

[1] ЈП Путеви Србије, „Приручник за пројектовање путева у Републици Србији,“ *Денивелисане раскрснице и прикључци*, Београд, 2012.

[2] Ђ. Узелац, Путеви и градске саобраћајнице, Нови Сад: Факултет техничких наука, 2015.

[3] М. Бублин, Ц. Суада, С. Албиновић и М. Поздер, Цестовна чворишта, Сарајево: Универзитет у Сарајеву, Грађевински факултет, 2019.

[4] М. Малетин, А. Војо и Ј. Катанић, „Техничка упутства за пројектовање денивелисаних раскрсница,“ Београд, Грађевински центар, Београд, 2008.

[5] М. Малетин, А. Војо и Ј. Катанић, "Техничка упутства за пројектовање саобраћајница у градовима," *Пројектовање денивелисаних раскрсница* Београд, Грађевински факултет, 2008.

[6] "Идејни пројекат денивелисане раскрснице Овча на ауто-путу Београд - Зрењанин," Нови Сад, 2022.

Кратка биографија:



Панта Крстић рођен је у Новом Саду 1998. год. Основне академске студије грађевинарства завршио је 2020. год на Факултету техничких наука. Мастер рад из области Грађевинарства – Саобраћајнице одбранио је 2022. године.

Контакт: panta.krstic@yahoo.com

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 624.012.4.059
DOI: https://doi.org/10.24867/20CG09Plakalovic

PROCENA STANjA I ENERGETSKA SANACIJA ZGRADE DEPADANSA SPECIJALNE BOLNICE ZA REHABILITACIJU "TERMAL" U VRDNIKU

ASSESSMENT AND ENERGY REHABILITATION OF THE BRANCH BUILDING OF THE SPECIAL REHABILITATION HOSPITAL "TERMAL" IN VRDNIK

Zoran Plakalović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – *Rad se sastoji iz teorijsko-istraživačkog i praktičnog dijela. U teorijsko-istraživačkom dijelu se govori o ventilacionim gubicima u zgradama, njihovom nastanku, upustvu za postavljanje opreme i mjerenje gubitaka. Procjena stanja za objekat „Depadans“, koji se nalazi u sklopu kompleksa Specijalne bolnice za rehabilitaciju „Termal“ u Vrdniku, je odrađena u okviru praktičnog dijela, koji obuhvata i proračun energetske efikasnosti za pedmetni objekat. Pomenuti proračun je ponovljen za nakon primjene predloženih mjera energetske sanacije. Objekat je prvobitno bio svrstan u energetski razred „E“, a nakon sanacije je svrstan u energetski razred „C“.*

Ključne riječi: *Ventilacioni gubici, Procjena stanja, Energetska efikasnost, Sanacija*

Abstract – *The paper consists of theoretical-research and practical work. The theoretical-research part discusses ventilation losses in buildings, their occurrence, instructions for setting up equipment and measuring losses. The assessment of the condition of the facility "Depadans", which is located within the complex of the Special Hospital for Rehabilitation "Termal" in Vrdnik, was carried out as part of the practical part, which also includes the calculation of energy efficiency for the subject facility. The mentioned calculation was repeated for after the implementation of the proposed energy rehabilitation measures. The building was originally classified in energy label "E", and after rehabilitation it was classified in energy label "C".*

Keywords: *Ventilation losses, Condition Assessment, Energy Efficiency, Renovation*

1. VENTILACIONI GUBICI

1.1. Opše o gubicima

Zagrijevanje objekata se vrši isključivo sistemom grijanja, međutim u praksi se smatra da se energija dobija iz tri izvora:

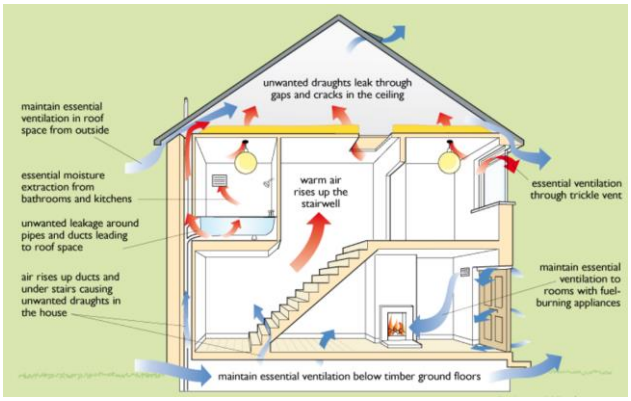
- sistem grijanja
- dobijanje „besplatne toplote“ – od stanara, sijalica, električnih uređaja, korišćenjem tople vode i
- solarni dobici od sunčeve energije.

Da bi se postigla manja ukupna potreba za grijanjem neophodno je smanjiti gubitke toplote. Gubici se mogu podijeliti na sledeće vrste:

- toplotni gubici elemenata konstrukcije – gubici kroz zidove, krov, pod i prozore
- ventilacioni gubici − usled kretanja vazduha kroz objekat
- toplotni gubici dimnih gasova − jer sistem grejanja nije 100% efikasan [1].

1.2. Nastanak ventilacionih gubitaka

Kontrolisano kretanje vazduha je kretanje kroz prozore koji se otvaraju, ventilatore ili, u slučaju većih zgrada, sistem mehaničke ventilacije. Međutim, postoji i nekontrolisana komponenta koja se zove infiltracija koja predstavlja protok vazduha kroz šupljine u omotaču zgrade – pukotine oko prozora, vrata ili između lajsni i podova i sl. Na slici 1 su prikazani putevi ventilacije i infiltracije vazduha kroz jednu kuću, kao i mjesta gdje je važno održavati suštinsku ventilaciju.



Slika 1. *Ilustracija puteva ventilacije i infiltracije*

1.3. Mjerenje ventilacionih gubitaka

Ključni faktor u određivanju toplotnog gubitka ventilacije u zgradi je brzina ventilacije, odnosno prosječna brzina kojom vazduh struji kroz nju. Stopa ventilacije obično predstavlja broj potpunih izmjena vazduha koje se dešavaju na sat (ACH - Air changes per hour). Ukoliko se gradi nova zgrada, prema važećem Pravilniku o energetskoj efikasnosti zgrada, zaptivenost zgrade može biti dobra, srednja i loša odnosno broj izmjena vazduha u prostoriji može biti od 0,5 do 1,5 h^{-1} kako bi zgrada zadovoljila važeće standarde.

Merenje se vrši testom propustljivosti vazduha (blower door) na osnovu razlike u pritiscima. U završnoj fazi

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila prof. dr Mirjana Malešev, red. prof.

gradnje kada su zidovi omalterisani, fasadna stolarija ugrađena, instalacije razvedene oprema za merenje se instalira na ulaznim vratima. Na slici 2 prikazana je postavljena oprema spremna za mjerenje. Mjerenje se vrši na osnovu razlike u pritiscima, najprije se napravi podpritisak u zgradi od 50Pa a potom nadpritisak od 50Pa. Po dostizanju određenog pritiska mjeri se količina vazduha koja je neophodna za održavanje tog pritiska. Ta količina vazduha koja se uduva u prostor izađe nekontrolisano kroz šupljine u objektu (npr. na spojevima konstrukcije za prozorima i vratima). Sva „slaba“ mjesta na kojima vazduh izlazi iz objekta treba sanirati, zatvoriti zaptivnim trakama, folijama i sl [2].



Slika 2. *Blower door*

2. TEHNIČKI OPIS KONSTRUKCIJE

2.1. Lokacija objekta

Objekat Depadans nalazi se u sklopu kompleksa Specijalne bolnice za rehabilitaciju “Termal” u Vrdniku. Ulica u kojoj se nalazi objekat je Karađorđeva broj 11, opština Irig na katastarskoj parceli br. 348, K.O. Vrdnik. Objekat je pravougaone osnove i prostire se u pravcu sjever-jug. Glavni ulaz u objekat je iz Karađorđeve ulice.

2.2. Funkcionalnost objekta

U prizemlju objekta se nalazi prostorija sa dva bazena, ulazni dijelovi/komunikacije ka ulici, specijalističkoj bolnici i objektu hotela. Na prvom spratu objekta se nalaze komunikacije/hodnik sa lobijem, aperitiv bar, banket sala, konferencijska sala, četiri kancelarije za upravu, mokri čvorovi, kao i vertikalna veza – stepenište i liftovi. Na drugom i trećem spratu objekta nalaze se komunikacije/centralni hodnik, smještajne sobe sa kupatilima i vertikalna veza – stepenište i liftovi. Na potkrovlju (mansardi) objekta nalaze komunikacije, centralni hodnik, smještajne sobe sa kupatilima, četiri tehničke prostorije, ostava i vertikalna veza – stepenište i liftovi.

2.3. Konstrukcija objekta

Objekat Depadans je građen u skeletnom AB sistemu sa laganim ispunama fasadnih i pregradnih zidova. Spratnost objekta je P+3+PK (mansarda). Objekat Depadansa je pravougaone osnove, dimenzija cca 65,6x28,1m u prizemlju, a u okviru etaža 65,6x21m. AB ramovi su na osovinskom rastojanju od 7,2m. AB stubovi u prizemlju, nosači rama, su pravougaonog poprečnog presjeka, konstantne širine d=50cm i dužine koja se mjenja kotinualno po visini stuba od 80cm do 100cm. Stubovi prizemlja su povezani AB gredama pravougaonog poprečnog presjeka 50x135cm, preko kojih je izvedena AB puna ploča debljine d=20cm. Poprečni ramovi etaža se sastoje od AB stubova pravougaonog poprečnog presjeka i dvojnih AB greda dimenzija 33x50cm na međusobnom rastojanju od 53cm. Međuspratna konstrukcija iznad spratova je izvedena kao puna ploča debljine 20cm. Poprečni ramovi su povezani gredama u podužnom pravcu. Podna ploča je AB, debljine d=20cm. Temelji objekta su temelji samci povezani temeljnim gredama. Krovna konstrukcija objekta je izvedena kao mansardni krov, a za krovni pokrivač korištena je bitumenska šindra-tegola.

3. PROCJENA STANJA OBJEKTA

3.1. Vizuelni pregled objekta

Cilj vizuelnog pregleda jeste provjeravanje geometrije objekta i dimenzija konstruktivnih elemenata, registrovanje i klasifikacija vidljivih oštećenja, ucrtavanje u pripremljene podloge i fotografisanje karakterističnih defekata i oštećenja, odnosno, glavni cilj jeste - dobijanje što više relevantnih informacija potrebnih za formiranje zaključka o stanju konstrukcije [3].

3.2. Vizuelni pregled sjeverne strane objekta

Pri pregledu zidanih zidova na sjevernoj strani primjećene su horizontalne i vertikalne prsline na kontaktu betonske ploče i zida. Usled slivanja atmosferske vode niz oluk, na spoju zida i oluka mogu se uočiti tragovi buđi zbog lokalno povećane vlažnosti materijala. Na dijelu zida koji je obložen malterom primjećeno je lokalno ljuskanje i otpadanje sloja maltera i završne boje.

3.3. Vizuelni pregled zapadne strane objekta

Pri pregledu zapadne strane objekta uočen je najveći broj oštećenja. Kao i na sjevernoj strani objekta i na zapadnoj se može primjetiti ljuskanje i otpadanje dekorativnog premaza. Oko prozora se mogu primjeti oštećenja u gornjem dijelu klupica prozora u vidu pucanja maltera ispod okapnice i pukotine u nadprozornim gredama. Na stubovima su vidljiva oštećenja usled provođenja električnih instalacija zarad postavljanja klima uređaja, dok se na donjim stranama AB ivične grede i ploče terase iznad drugog sprata može primjetiti poprečna prslina.

3.4. Vizuelni pregled južne strane objekta

Kao i na prethodno dvije pregledane strane objekta i na južnoj strani može se uočiti ljuskanje i otpadanje dekorativnog premaza slojeva maltera, dok na zidu obloženom malterom mogu primjetiti i mrlje usled slivanja atmosferske vode. Na ovoj strani se može uočiti i neadekvatno izveden dio trotoara, a u zidu od opeke vertikalna pukotina koja prolazi kroz opeke i kroz malterske spojnice.

3.5. Vizuelni pregled istočne strane objekta

Na istočnoj strani objekta može se uočiti prslina u međuspratnoj ploči iznad trećeg sprata i prsline na spoju stuba i pregradnog zida. Na fasadi se mogu primjetiti neznatni tragovi mrlja usled slivanja vode.

3.6. Zaključak o procjeni stanja konstrukcije

Zaključak o stanju objekta Depadansa specijalne bolnice:

- Prikazana oštećenja su locirana na malim površinama i lokalnog su karaktera.
- Nosivost AB konstukcije nije smanjena.
- Stabilnost AB konstrukcije na globalnom nivou nije narušena, ali je loklano delimično ugrožena u zidanom zidu na južnoj fasadi zbog postojanja pukotine koja prolazi kroz opeku i kroz malter.
- Trajnost AB konstrukcije nije smanjena, ali su pojedini materijali "ostarili" i na njima su uočeni znakovi deterioracije.
- Uočena oštećenja ne utiču na funkcionalnost /upotrebljivost objekta.

3. PRORAČUN ENERGETSKE EFIKASNOSTI TRENUTNOG STANJA OBJEKTA

Elaborat energetske efikasnosti izrađen je prema važećem Pravilniku o energetskoj efikasnosti zgrada, „Službeni glasnik RS“ br. 61/2011.

Definisano je 14 netransparentnih pozicija, od toga 8 spoljašnjih zidova, 1 ploča na tlu, 3 pozicije krovne ploče, 2 pozicije ploča koje razdvajaju prostore različitih korisnika. Transparentnih pozicija ima ukupno 7, od kojih su 3 pozicije prozora, 1 pozicija prozora sa balkonskim vratima, 2 portala i 1 spoljašnja vrata. Za svaku od pozicija odrađen je proračun građevinske fizike (prolaz toplote, difuzija vodene pare, proračun ljetnje stabilnosti). U Tabeli 1 su date vrijednosti koeficijenta prolaza toplote U, po pozicijama, i podatak o ispunjenosti uslova na osnovu najvećeg dozvoljenog koeficijenta U_{max}.

Tabela 1. *Pregled koeficijenta prolaza toplote Ui*

Element	Pozicija	U [W/m²K]	U_{max} [W/m²K]	Uslov zadovoljen ДА / НЕ
Spoljašnji zid	POS Z1	1,233	0,4	**NE**
	POS Z2	1,243	0,4	**NE**
	POS Z3	1,645	0,4	**NE**
	POS Z4	1,206	0,4	**NE**
	POS Z5	1,598	0,4	**NE**
	POS Z6	1,216	0,4	**NE**
	POS Z7	3,702	0,4	**NE**
	POS Z8	1,695	0,4	**NE**
Pod na tlu	POS PK1	0,389	0,4	**DA**
Krov ka spoljašnjem vazduhu	POS KK1	0,499	0,2	**NE**
	POS KK3	2,901	0,2	**NE**
Krov iznad grijanog prostora	POS KK2	0,462	0,4	**NE**
Međuspratna konstrukcija između grijanih prostorija različitih korisnika	POS MK1	1,415	0,9	**NE**
	POS MK2	1,889	0,9	**NE**
Prozor	PR1	3,534	1,5	**NE**
	PR2	3,834	1,5	**NE**
	PR3	3,834	1,5	**NE**
	PR4	3,531	1,5	**NE**
Portal	PO1	3,521	1,5	**NE**
	PO2	3,640	1,5	**NE**
Vrata	VR1	3,554	1,5	**NE**

Na osnovu prikazane tabele može se zaključiti da samo temeljna ploča, označena kao pod na tlu (POS PK1) ima manji koeficijent prolaza toplote od najvećeg dozvoljenog.

Nakon toga su izačunati transmisioni gubici kroz transparentne i netransparentne površine, ventilacioni i linijski gubici, kao i dobici od sunčevog zračenja i unutrašnjih izvora. Utvrđeno je da su najveći dio gubitaka potiče od ventilacionih gubitaka, 44% (231,67kW), nakon toga gubici kroz netransparentne površine (138,45kW) koji su skoro ujednačni sa gubicima kroz transparentne elemente (137,04kW), dok su linijski gubici najmanji (24,069kW). Na slici 3 prikazani su gubici toplote.

Proračunom je dobijena ukupna potrebna energija za grijanje za slučaj sistema koji radi bez prekida, kao i po mjesecima. Na osnovu sprovedenog proračuna, objekat je svrstan u energetski razred „E“.



Slika 3. *Gubici toplote na postojećem objektu*

4. MJERE ENERGETSKE SANACIJE I PRORAČUN ENERGETSKE EFIKASNOSTI SANIRANOG STANJA OBJEKTA

Energetska sanacija zgrade jeste izvođenje građevinskih i drugih radova na postojećoj zgradi, kao i popravka ili zamjena uređaja, postrojenja, opreme i instalacija istog ili manjeg kapaciteta, a kojima se ne utiče na stabilnost i sigurnost objekta, ne mjenjaju konstruktivni elementi, ne utiče na bezbednost susednih objekata, saobraćaja, ne utiče na zaštitu od požara i zaštitu životne sredine, ali kojima se mjenja spoljašnji izgled uz potrebne saglasnosti, u cilju povećanja njene energetske efikasnosti [3].

Na objektu su analizirani gubici i sanacija se sprovodi prema najvećim gubicima. Na predmetnom objektu saniraće se spoljašnji zidovi POS Z2, POS Z6, POS Z7 i ravan krov POS KK3, kao i zamjena svih transparentnih pozicija (prozori, vrata i portali).

Za sanaciju spoljašnjih zidova izabran je ETICS sa Aqua-panel sistemom [4]. Kao izolacioni materijal izabrana je kamena vuna promenljive tvrdoće kako bi bolje nalegla na neravnine na postojećem zidu, a ujedno i bila otporna na mehaničke udare. Prije nanošenja termoizolacije neophodno je popraviti oštećenja fasade usled mehaničkih udara. Potrebna debljina kamene vune se određuje iz uslova da sklop zida zadovolji najveći dozvoljeni prolaz toplote.

Za sanaciju krova, POS KK3, predviđena je izgradnja ravnog neprohodnog krova [4]. Kao toplotna izolacija

izabrana je tvrda kamena vuna, čija debljina je određena iz uslova da sklop krovne konstrukcije zadovolji najveći dozvoljeni prolaz toplote, dok je za parnu branu izabrana Knauf LSD 200, a hidroizolacija je PVC meka folija [5].

Svi transparentni elementi se mijenjaju. Za novoprojektovano stanje su predviđeni prozori sa aluminijumskim poboljšanim okvirom i trostruko, niskoemisiono staklo, 4-8-4-8-4mm, sa helijumskim punjenjem (Xe) [3].

Nakon predloženih mjera ponovljen je proračun energetske efikasnosti za ove novodefinisane sklopove. Nakon proračuna građevinske fizike i proračuna gubitaka, ventilacioni gubici iznose 128,7kW, gubici kroz netransparentne površine 74,49kW, gubici kroz 26,48kW i linijski gubici 24,08kW (slika 3). Na osnovu ovoga se može zaključiti da su predmetne vrijednosti znatno smanjene nakon predviđene sanacije.



Slika 4. *Gubici toplote na novoprojektovanom objektu*

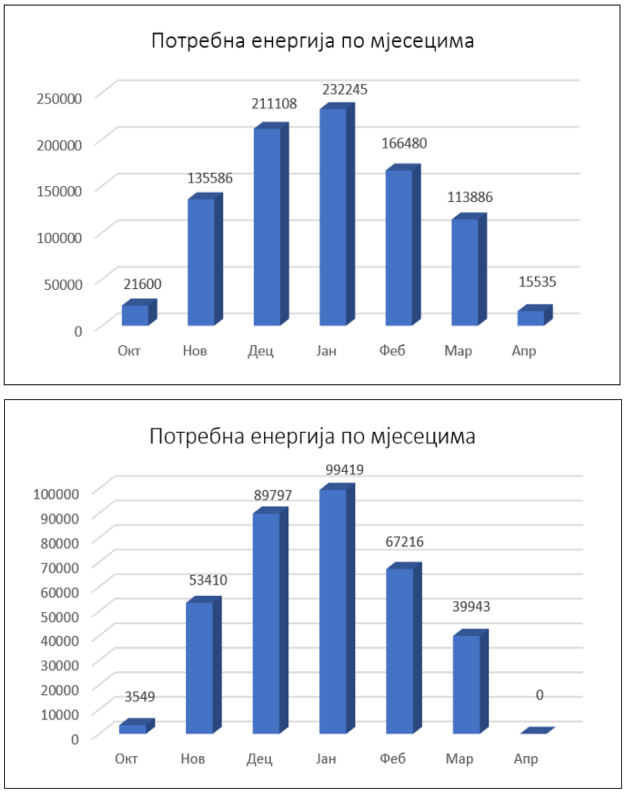
Nakon proračuna dobitaka i potrebne energije sanirani predmetni objekat svrstan je u energetski razred „C“.

5. ZAKLJUČAK

U praktičnom dijelu rada izvršena je procjena stanja predmetnog objekta „Depadans”, i zaključeno je da je objekat u prilično dobrom stanju. Najčešća oštećenja su ljuskanje dekorativne boje, mrlje od slivanja vode i prsline u linijskim elementima. Oštećenja su locirana na malim površinama i lokalnog su karaktera. Uočena oštećenja ne utiču na funkcionalnost/upotrebljivost konstrukcije. Nosivost, kao i stabilnost konstrukcije nisu narušene.

Nakon procjene stanja urađen je proračun energetske efikasnosti, na osnovu kog je objekat svrstan u energetski razred „E“. Kako bi se u isto vrijeme povećala trajnost objekta, ali i smanjila količine energije potrebne za zagrijavanje objekta, poboljšane su karakteristike određenih elemenata. Spoljašnji zidovi su sanirani Aquapanel fasadom, krovna konstrukcija POS KK3 je projektovana kao ravan krov, dok su na transparentnim pozicijama zamjenjena stakla i okviri, upotrebom materijala sa mnogo boljim izolacionim karakteristikama.

Nakon ponovljenog proračuna energetske efikasnosti sanirani objekat kategorizovan u energetski razred „C“, čime se sanacija smatra uspešno izvršenom (slika 5).



Slika 5. *Potrebna energija za zagrijavanje postojećeg i saniranog objekta*

6. LITERATURA

[1] https://www.open.edu/openlearn/nature-environment/energy-buildings/content-section-2

[2] https://www.pasivnakuca.rs/index.php/pasivna-kuca/vesti/238-zaptivenost-zgrade

[3] Inženjerska komora Srbije: Pravilnik o energetskoj efikasnosti zgrada, "Sl. glasnik RS", br. 61/2011, Beograd

[4] https://www.knaufinsulation.rs/

[5] https://srb.sika.com/sr/resenja-u-gradevinarstvu/krovni-sistemi/cool-roofs/sinteti-ke-membrane/sikaplan-g-15.html

Kratka biografija:



Zoran Plakalović rođen je u Vlasenici 1998. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo – Konstrukcije, procjena stanja i sanacija betonskih konstrukcija odbranio je 2022. godine.
Kontakt:
plakaloviczoka98@gmail.com

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 69(083.74):006
DOI: https://doi.org/10.24867/20CG10Jovisic

ОДРЕЂИВАЊЕ ВРЕМЕНА ЗИДАЊА ПРЕГРАДНИХ ЗИДОВА МЕРЕЊЕМ НА ГРАДИЛИШТУ

DETERMINATION OF THE CONSTRUCTION TIME OF PARTITION WALLS BY MEASURING ON THE CONSTRUCTION SITE

Неделька Јовишић, *Факултет техничких наука, Нови Сад*

Област – ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – *На вишеспратној пословно-стамбеној згради са АБ скелетном конструкцијом дефинисана је технологија унутрашњих (преградних) зидова. Експерименталним путем, методом фото-прегледа и методом снимка (фотографија) радног дана, утврђена је норма времена зидања зидова. Добијени резултати, просечне реалне норме, (мерене 10 дана) упоређени су са домаћим и страним нормама те образложене добијене разлике.*

Кључне речи: *Нормативи и стандарди у грађевинарству, Преградни зидови*

Abstract – *The technology of interior (partition) walls is defined on a multi-storey business-residential building with AB skeleton construction. Experimentally, using the method of photo-survey and the method of recording (photographs) of the working day, the norm of the time for building the walls was determined. The obtained results, average real norms, (measured for 10 days) were compared with domestic and foreign norms and the differences obtained were explained.*

Keywords: *Norms and standards, Partition walls*

1. УВОД

У оквиру рада спроведено је истраживање кроз десетодневно праћење директно на терену зидарских радова, изградње преградних зидова д=12cm, са циљем да се утврди реална временска норма у датом тренутку и упореди са подацима из домаћих (ЈУС ГН 301-211Б) и страних (ХРН ЕН 771 1:2008) стандарда на стамбено пословном објекту Футошкој улици у Новом Саду, Р. Србија.
Снимање процеса рада спроведено је методом фотопрегледа и методом снимка (фоторафијом) радног дана.
Пројектована спратност објекта је По2+По1+П+5+Пс. Конструктивни систем је скелетна конструкција са носећим и неносећим зидовима од опекарских производа.

2. НОРМАТИВИ У ГРАЂЕВИНАРСТВУ

Да би се на најлакши начин формирала реална слика о количини ресурса (материјали, радна снага, машине за рад, средства, простор и време) потребног за реализацију неког грађевинског пројекта, на основу којих ће се одредити и цена реализације пројекта, затим да би се процеси грађења могли плански регулисати и контролисати, као и да би се формирао заједнички језик свих учесника у реализацији грађевинских пројеката (инвеститор – пројектант – извођач) неопходни су одговарајући нормативи и стандарди за радове у грађевинарству.
Норматив је време потребно квалификованом (обученом) раднику, одговарајуће струке, да по одређеном поступку и редоследу радних операција, одређеном врстом материјала, одређеним алатима и машинама, у нормалним условима окружења, уз нормално залагање и замор изврши тачно одређен посао.

3. ЗИДАРСКИ РАДОВИ

Пре почетка самог процеса зидања неопходно је припремити радно место и основни материјал за реализацију. У саму припрему радног места спада и организација правовременог допремања основног материјала (опека, блокови,малтер). Радно место је неопходно организовати на начин да се постигне највећи могући учинак.

Како би се обезбедио континуитет рада уз само радно место је неопходно пре почетка зидања ускладити довољну количину материјала, за 2 до 3 сата рада, како не би дошло до застоја у реализацији радова у случају да дође до застоја у снадбевању.

Зидање зидова опеком и блоковима мора бити у правилним и хоризонталним редовима и правилној вези, без парчади мањих од ¼ опеке, са спојницама потпуно испуњеним малтером дебљине 1cm. Малтер за зидање је продужно цементни малтер 1:2:6. Блокови морају бити доброг квалитета и оштрих ивица.

Димензија блока са којим је зидано је 50/12/23,8cm. Материјал се на градилиште довози камионима и депонује се на одређено место. Транспорт блока до места уградње се врши торањским краном, а даље колицима и ручним палетаром.

Хоризонтални транспорт се обавља колицима, а справља се на етажи на којој се обављају тренутно зидарски радови.

НАПОМЕНА:
Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Милан Тривунић, ред. проф.

3. ОДРЕЂИВАЊЕ ВРЕМЕНА ЗИДАЊА ПРЕГРАДНИХ ЗИДОВА

Време зидања преградних зидова д=12cm је одређивано на пословно-стамбеном објекту висине 110m и укупне бруто површине 23.204 m^2 (слика 1) са унутрашњим двориштем и обезбеђеним паркинг простором како спољашњим тако и гаражним у Новом Саду.

На основу снимања времена процеса рада у току једне осмочасовне смене анализирано је на дневном нивоу време које је потребно за зидање преградних зидова у датим околностима, те су сви недостаци и последице образложени у овом раду кроз детаљан приступ од објекта па до појединица (радника) који изводи зидарске радове (слика 2) као и кроз образце који су приказани у табелама 2 и 3.



Слика 1 – Изглед објекта у тренутку снимања

Кроз десетодневно праћење за сваки дан у образцима (од 1 до 10 дана праћења) у прилогу 1 и приогу 2 евидентирани су следећи подаци:

- време почетка и завршетка радне смене
- временски услови
- осветљење на радној позицији
- темпаратура
- влажност ваздуха
- време зидања, преноса блокова, преноса малтера и застоја изражено у минутума
- количина продукције
- примедба
- подаци о раднику (име, презиме, квалификациона структура, године старости, време у струци, школско образовање и интезитет рада)
- опис алата, опреме и машина са којом се ради
- опис елемената, материјала и продукције
- опис организације и технике рада
- начин обрачуна – јединица мере



Слика 2 – Фотографија радног дана

Табела 1 – Фото-преглед радног дана

Grafički foto-pregled		Grad. preduzeće		Datum	Početak	Završetak	Trajanje	Broj posmatra	Broj lista	Vreme: SNEG	
		ZOJEO		7.12.24	8:00	16:00	8:00		2	Osavetljenje: NORMALNO	
		Opis rada: ZIDANJE PREGRADNOG ZIDA PRO TERM BLOKOM d=12 cm								Temperatura: 1°	
		Tekuće vreme								Vlažnost: 95	
Redni br.	Naziv elementa- procesa rada	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Količ. produc.	Ukupno radn. minuta
1	Zidanje		30	20	20	15				30			5,69 m^2	115
2	Prenos blokova		15	10	10	5				5			60 kom	45
3	Prenos maltera												0,05 m^3	15
4	Zastoj		30	20	60	45		60	60	30				305

Primedbe:
Zbog niske temparature radna smena počela je kasnije.
Otežano kretanje zbog neuređnog radnog mesta.
Blokovi se ručno prenose. Malter se pravi rijedak pa se dodatno vreme traši za korekciju istog.
Zidovi na suočavanju nisu međusobno povezani.
Raniji odlazak na pauzu. Konflikt između radnika (veliki zastoj).
Posle 15 časova vidljivost je smanjena a nije obezbeđena rasveta, te kvalitet rada dodatno opada.
Neadekvatna skela (formirana od blokova sa kojima se zida isti zid).

Табела 2 – Подаци о раднику

List broj:	Građevinsko preduzeće	Datum	Početak	Završetak	Vreme: SUNCO
2	ZOKO	7.12.2021.	8:00	16:00	Temperatura: 1°
Mesto: Novi Sad	Naziv rada: ZIDANJE PREGRADNOG ZIDA PRO TERM BLOKOM d=12cm				Osvetljenje: NORMALNO

Podaci o radnicima

Redni broj	Ime i prezime	Kvalifikac struktura	Grupa	Godine starosti	Vreme u struci	Školsko obrazovanje	Intenzitet rada
1	Branisa Pantić	ZIDAR	VI	48	25	SREDNJE O.	SLAB
2	Dejan Mandilović	nekvalif.	II	58	5	OSNOVNO O.	SLAB
3	Veljko Vukoman	nekvalif.	II	18	0,5	OSNOVNO O.	SLAB
4							
5							
6							

Opis alata, opreme i mašina:
Alat: gumeni čekić, zidarski čekić, fangla, mistrija, sve ispravno
Instrumenti: Libela, visak, letva za nivelisanje, laserski nivelator, konac
Oprema: kolica, korita za maltер, testera za blokove, mešalica, drvena skela sa nogarima

Opis elemenata materijala i produkcije:
Blok PRO TERM 12 pregradni, UNIVERZUM. Dimenzije: 50×12×23,8cm. Masa: 5,76 kg
Produžni malter: cement, kreč, pesak i voda; odnos – 1:5:13 (cement:kreč:testo:pesak)
Pribor za prenos: ručni paletar, tornjarski kran, kolica
Produkcija: ozidan zid pregradni d=12cm, fugne debljine 0,5–1,0 cm

Opis organizacije i tehnike rada:
Sastav grupe: 2 niskokvalifikovana radnika i jedan zidar.
Jedan pomoćni radnik prinosi blokove ručno (jedan po jedan), dok drugi pomoćni radnik spravlja malter. Zidar zida i sam podešava sebi skelu. Zidar sa libelom kontroliše vertikalni i horizontalni pravac zida.

Primedba: Neuredno radno mjesto, opasno za rad, mogući kontakt sa strujom jer su svi kablovi po podu.

Način obračuna - jedinica mere: 1m² – ZID; 1m³ – MALTER; 1KOM – BLOK } PREMA GN 301 - 211Б

Istraživanje je obuhvatilo različite strukture radnika, kao što su:

- radnici iz inostranstva (iz Turske i Kube) koji su sarađivali sa radnicima iz Srbije a pri tome da jezik nisu znali
- radnici različitih starosnih doba (18-60 godina)
- radnici sa i bez kvalifikacijom, iako su svi radili kao da su zidari



Slika 3 – Rad uz smanjenu vidljivost

Teško je bilo ispratiti rad samo jednog radnika (zidara) jer je često odlazio sa svoje radne pozicije i radio druge poslove ili je pomagao svojim kolegama. Zidar je radio i poslove koje treba pomoćni radnik da obavlja.

Vremenski uslovi su bili otežavajući, temparatura se kretala od -2°C do 4°C. Velika vlaga u vazduhu i hladni vetar su konstantno otežavali izvođenje radova. Radnici su često pravili pauze zbog hladnoće, a jedan od načina na koji su se grejali je ložење vatre u kolicima na etažu, na kojoj rade. Usled ložења građevinskog otpada (najlona, stiropora, oplate i dr..) vazduh je često bio jako zagađen a nekad i jako zadimljen.

U periodu snimanja javljao se i problem vidljivosti (slika 3), gdje je posle 15 časova vidljivist znatno smanjena a rasveta nije bila svima dostupna, zbog nemarnosti radnika jer su alati i oprema često bivali oštećeni.

Jedan od razloga zbog čega se javlja zastoj jeste ljudska nemarnost i neorganizovanost. Nemarnost se izražava u tome da ne vode računa o svojoj zaštitnoj opremi (rukavicama, cipelama, šljemovima i dr.) te često ostaju bez istog. Neadekvatno čišćenje alata samo otežava i usporava rad sledeći dan.

Neadekvatno skladištenje opreme dovodilo je do toga da su crева i pumpa za vodu mrzli, te je rad bio obustavljen. Dolazilo je i do prekida struje iz istih razloga.

Tabela 3 – Prikaz podataka dana 2

2	Datum	7.12.2021.
	Količina produkcije	5,61m²
	Efektivno vreme	115 min
	Pauza	60 min
	Zastoj	305 min
	Ukupno (celi dan)	510 min

4. ANALIZA

Merен i analiziran je radni učinak isključivo za jednog radnika.

Tabela 4 - Normativ utroška materijala i rada za zidanje pregradnog zida d=12cm prema normama XPH EH 771-1:2008

Opis stavke	J. mere	materijal		rad		
		Blok 50/12/23,8 cm	malter	KV	PKV	ukupno
		kom	m³	sati	sati	sati
Zidanje pregradnog zida d=12cm	m²	8	0.006	0.33	0.07	0.40

Tabela 5 - Normativ utroška materijala i rada za zidanje pregradnog zida d=12cm prema normama JUS GN 301-211Б

Opis stavke	J. mere	materijal		rad		
		Blok 29/12/19 cm	malter	KV	PKV	ukupno
		kom	m³	sati	sati	sati
Zidanje pregradnog zida d=12cm	m²	17	0.173	0.889	0.271	1.16

Табела 6 - Вредност норме времена по данима

Датум	Опис ставке	Мера	Бр. радника	Утрошак времена *V u satima*	Количина *Q*	Норматив *V/Q*
6.12.2021.	Зидање преградног зида д=12cm	m^2	1	4.42	17.53	0.25
7.12.2021.				1.91	5.61	0.34
8.12.2021.				5	21.17	0.23
9.12.2021.				4.5	10.69	0.42
10.12.2021.				4.95	23.52	0.21
14.12.2021.				4.83	6.55	0.74
15.12.2021.				3.92	4.32	0.91
16.12.2021.				5.16	8.46	0.61
17.12.2021.				4.08	9.96	0.41
20.12.2021.				4.0	7.53	0.53

Табела 7– Средња вредност норме времена из таблице

Датум	Опис ставке	Мера	Бр. радника	∑V/10	∑Q/10	Нормати в ∑V/∑Q
6-20.12.2021.	Зидање преградног зида д=12cm	m^2	1	4.28	11.53	0.46

5. ЗАКЉУЧАК

У овоме раду је приказана и анализирана реална норма времена за извођење преградних зидова дебљине 12cm и уска повезаност функције норматива са продуктивности рада, али и потребе тржишта за новим јавним нормама. Снимање је рађено у периоду од 6 до 20. децембра 2021, кроз десетодневно праћење (цела смена) рада зидара на стамбено пословном објекту **По2+По1+П+5+Пс** у Футошкој улици у Новом Саду. У смени од 8 сати ефективно се радило у просеку 4.28 сати а дневно се зидало у просеку око 11.53m^2 преградног зида. Просечна норма времена је 0.46 сати/m^2. Димензије гитер блока су 50/12/23,8cm. Ради лакшег сагледавања и анализирања реалне норме времена која је добијене као средња вредност реалне норме времена за 10 дана, праћен је рад искључиво једног зидара, те је добијена норма времена упоређена са домаћим (ЈУС ГН 301-211Б) и страним (ХРН ЕН 771-1:2008) стандардима, из којих је добијено:

- ефикасност праћеног рада је мања за 28,26% у односу на ону норму времена која је прописана стандардом ХРН ЕН 771-1:2008
- ефикасност праћеног рада је већа за 48.25% у односу на ону норму времена која је прописана стандардом ЈУС ГН 301-211Б

Међутим, треба узети у обзир и то да су блокови по ЈУС ГН 301-211Б мањих димензија (29/12/19cm) те да је зидање са тим типом блока захтевније (потребно је више малтера и малтеришу се и вертикалне спојнице између блокова) у односу на рад са већим блоком (50/12/23.8cm), где је зидање много једноставније (малтер се наноси у мањим количинама и само на хоризонталне спојнице). Најтачније вредности норме времена се могу анализирати помоћу норми према ХРН ЕН 771-1:2008, јер су у њима приказане норме за зидарске радове преградних зидова за исте димензије блока са којим је и рађено на посматраном градилишту. Из те анализе се уочава да је рад знатно мање ефикаснији а разлози за то су:

- непогодни временски услови
- неорганизованост рада и радника
- немарност
- слаба видљивост у поподневним часовима
- недостатак мотивације
- културолошке разлике
- недостатак квалификоване радне снаге.

6. ЛИТЕРАТУРА

(1) Пешко Н. Игор: Технологија извођења грубих грађевинских радова, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад, Србија, 2021.

(2) Флашар Александар, Вуковић Светлана, Брана Петар: Проучавање технолошких процеса у грађевинарству, Факултет техничких наука у Новом Саду, ООУР Научно-образовни институт за индустријску градњу, Нови Сад, Србија, 1985.

(3) Куриј Казимир: Градитељски пројект менаџмент, Грађевинска књига, Београд, 2005.

(4) Тривунић Милан, Матијевић Зоран: Технологија и организација грађења, Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду, Нови Сад, Србија, 2004.

Кратка биографија:



Недељка Јовишић, дип. инж. грађевинарства, рођена је 24.10.1995 у Клеве, Немачка. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Организације и технологије грађења одбранила је 2022. године.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 624.05
DOI: https://doi.org/10.24867/20CG11Lazovic

NAUČENE LEKCIJE PROJEKTA PROŠIRENJA NAPLATNE STANICE PRELJINA NA DRŽAVNOM PUTU IA1 E763

LESSONS LEARNED FROM THE PRELJINA TOLL STATION EXPANSION PROJECT ON STATE ROAD IA1 E763

Luka Lazović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – GRAĐEVINARSTVO

Kratak sadržaj – *Cilj projekta koji je postavljen pred izvođače jeste da se proširenjem naplatne stanice rastereti isti objekat saobraćajnih gužvi uz povećanje protoka vozila u jedinici vremena kao i bezbednost, kako učesnika u saobraćaju, tako i ljudi zaposlenih na naplatnoj stanici.*

Ključne reči: *Tehnologija građenja, dinamički planovi, troškovi realizacije projekta*

Abstract – *The goal of the project, which was set before the contractors, is that by expanding the toll station, the same object will be relieved of traffic jams while increasing the flow of vehicles per unit of time, as well as the safety of both road users and people employed at the toll station.*

Keywords: *Technology of constructnig, dynamic plan of constructoin, project realization costs*

1. UVOD

Republika Srbija zbog svog geografskog položaja je zemlja u tranzitu za mnoge putnike duž evropskih drumskih koridora koji prvenstveno sa severne granice naše zemlje vode prema jadranskoj, egejskoj ili jonskoj obali, kao i prema Bosforu u letnjem periodu, dok tokom zime vode ka ski centrima. Izgradnjom autoputa E763 od Beograda prema Čačku, čiji je krajnji cilj pun profil auto puta do Crne Gore i južnog Jadrana, Čačak se suočio sa velikim saobraćajnim gužvama na naplatnoj stanici u Preljini kao i na obilaznici oko samog grada.

U cilju rešavanja tog problema pristupilo se projektu proširenja naplatne stanice u Preljini koji je imao za cilj povećanje protoka vozila u jedinici vremena kao i povećanje bezbednosti učesnika u saobraćaju kao i osoblja koje rade na naplatnoj stanici. Projekat je podrazumevao da se sa 4 prolazne trake kapacitet poveća na 6 traka za naplatu ili ulazak vozila na autoput „Miloš Veliki“. Realizacija jednog takvog projekta podrazumeva izgradnju proširenja preko kojeg je moguće da se odvija saobraćaj nesmetano sa minimalnim zadržavanjima. Izvođaču je izazov bio da se radovi izvode pod konstantnim saobraćajem u zoni radova, kao i da sve radove izvede kvalitetno u roku uz što manje troškove realizacije projekta.

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Vladimir Mučenski, vanr. prof.

Realizaciji jednog projekta vodi više faktora kao što su definisanje tehnologije izvođenja radova, izbor materijala koji ispunjavaju uslove date od strane projektanta ili investitora, pravilnom planiranju radova kao i bezbednosti i zdravlju na radu. Troškove koji nastaju tokom izvođenja radova treba takođe prevideti i voditi računa o prilivu i odlivu novca tokom gradnje.

2. TEHNOLOGIJA IZVOĐENJA GRAĐEVINSKIH RADOVA

Svi radovi moraju biti potpuno gotovi, izvedeni pravilno po tehničkim propisima i standardima, sa kvalitetnim materijalom i kvalitetnom stručnim snagom. Za sve materijale, prefabrikate i gotove delove koji će se upotrebiti na ovim radovima, izvođač je dužan da podnese nadzornom organu uzorke na odobrenje, odnosno da izvrši sistematsko ispitivanje i da o tome ispitivanju podnese nadzornom organu ili naručiocu merodavne dokaze. Materijali koji ne odgovaraju tehničkim uslovima, propisima i standardima, ne smeju se ugraditi, a izvođač je dužan da ih ukloni sa gradilišta bez ikakve naknade. Izvođač je dužan da sve mere iz projekta kontroliše na licu mesta. Na gradilištu se moraju zatrpati i nabiti sve rupe koje su u toku građenja otvorene na gradilišnoj parceli. Zemljište oko objekta se mora raščistiti i poravnati, a objekat mora biti predat očišćen od otpadaka građevinskog materijala. U toku rada i sve do predaje, mora se održavati red i čistoća na gradilištu.

Izvođač je dužan da sačuva sve izvršene radove do primopredaje objekta i u tu svrhu mora da izvrši potrebno obezbeđenje. Takođe je dužan i da obezbedi higijensko tehničke zaštitne mere na gradilištu po postojećim propisima.

Obračun izvršenih radova izvršiće se na osnovu ugovora i mera unetih u građevinsku knjigu i potvrđenih od strane nadzornog organa. Ukoliko izvođač bez saglasnosti prilikom izvođenja radova odstupi od dimenzija predviđenih projektom, sve posledice u vezi sa ovim padaju na teret izvođača [1].

2.1. Zemljani radovi

Zemljani radovi moraju biti izvedeni u skladu sa svim visinskim kotama datim u projektu.

Prva faza u izvođenju zemljanih radova pripada skidanju humusa u sloju od 20cm, mašinskim putem pomoću bagera, na površini koja obeležena projektom i od strane geometara. Prilikom skidanja humusa, isti taj humus se deponije na gradilištu u blizini dela objekta koji se

proširuje, dok se sav skinut materijal u zoni budućeg gabionskog zida odvozi sa gradilišta na deponiju. Humus deponovan na gradilištu će se iskoristiti za humuziranje površine novoizgrađenog nasipa od drobljenog kamenog agregata nakon svih asfalterskih radova na toj površini u sloju od 20cm i nagibom datim po karakterističnim profilima [2].

Osim skidanja humusa neophodno je iskopati stepenasti zasek duž trase sa minimalno jednom stepenicom i najviše 4, kao i temelj za nožicu nasipa. Iskopani temelj odnosno posteljicu je potrebno ispadirati profilnom kašikom i povaljati valjkom i vibro pločom. Nakon pripremljene posteljice potrebno je ugraditi drobljeni kameni agregat (tampon) 0/63mm u sloju 30cm sa minimalnim modulom stišljivosti od 40MPa.

Bagerom sa dubinskom kašikom, iskopnom kašikom sa zubima, zemljani material iskopava a potom i utovara u kamione kipere sa tri osovine i odlaže na gradsku deponiju udaljenu 2km.

2.2. Armirano tlo sa oblogom od gabiona

Nasip je zbog nemogućnosti razvijanja kosina u projektovanom nagibu skraćen armiranim tlom sa licem od gabiona u nagibu od 72 do 90 stepeni. Armirana tla su visine do 4m.

Ankerovani gabionu predstavljaju sistem gabiona dimenzija 1mx1mx1m sa nastavkom dužine 4m, koji omogućuje ankerovanje gabiona u masu novo izgrađenog tla iza gabionske obloge. Ankeri su spojeni sa gabionima i oni održavaju gabionsku oblogu u ravnoteži. Dužina ankera je konstantna zbog visine armiranog tla i tla iza njega. Ona se deli na slobodni deo, koji trpi zatezanje i deo koji se sidri. Sidreni deo od slobodnog dela deli se kliznom linijom dobijenom metodom "Le Slope" datom u proračunima. Sidrenje se postiže trenjem između mreža i novo izgrađenog nasipa. Nasip se gradi od kontinualnog granulometrijskog sastava drobljenim mineralnim agregatom 0/63mm [3].

Koševi gabiona prave se od kvadratne čelične mreže, sa dvostrukim zavojem, od čeličnih žica zatezne čvrstoće 550N/mm2, dilatacije pri istezanju 10%. Žice su prečnika ∅4mm, a otvori okaca su 75x75mm, galvanizirane legurom Galfan (95% cink, 5% aluminijum i mišmetal). Obodi gabionskih koševa se ojačavaju pocinkovanom čeličnom žicom većeg prečnika od žice mreže. Strane gabionskih koševa, kao i koševi između sebe, bilo horizontalno ili vertikalno, povezuju se prstenovima od nerđajućeg ili pocinkovanog čelika. Prečnik prstena je 3,05mm, a pocinkovan je sa 280g/m2 cinka. Ankeri se rade od iste čelične mreže od koje se grade i koševi sa istim dimenzijama otvora okaca i načinom povezivanja [4].

2.3. Asfalterski radovi

Asfaltni kolovozi se u Republici Srbiji na putevima prvog A reda (tj. autoputevima) izvode u tri asfaltna sloja ukupne debljine 20cm. Prva dva sloja su od nosećeg bituminiziranog sloja asfalta od krečnjačkog kamenog agregata, *BNS22a*, debljina 8cm i 7cm sa slojem bitumenske emulzije između slojeva. Završni habajući sloj je debljine 5cm, a izrađuje se od polimer modifikovanim bitumenom *PMB11s* od silikatnih agregata (eruptivaca) ili od skelet matriks asfalta *SMA11*.

U konkretnom primeru je korišćen *PMB11s*. Svi radovi na asfaltiranju se izvode mašinski pomoću finišera i 3 različita tipa valjaka za asfalt.

Konačni proizvod, a to je kvalitetno ugrađen asfaltni zastor je produkt celog procesa od više operacija:

Osim navedenih kontrola postoji još par veoma bitnih kriterijuma za kvalitet konačnog proizvoda kao što su:

- širina zastora
- ravnost asfalta (jednostavna kontrola pomoću ravnjače)
- zapreminska masa uzorka
- granulometrijski sastav mešavine
- šupljine uzorka (2%-7%)
- debljina asfalta (tolerancija odstupanja od zahtevane debljine je 10%)
- uvaljanost asfalta (>97%) [3]



Slika 1. – *Kontrola debljine uzorka*

2.4. Sastav betona

Sastav betonske mešavine za cementno – betonske kolovozne ploče određuje se na osnovu prethodnih ispitivanja svežeg betona i očvrslog betona s predviđenim materijalima, za predviđenje uslove građenja i namenu kako je to zahtevano prema propisima za beton i armirani beton za kategoriju betona B.II.

Količine sastojaka betonske mešavine izračunavaju se u masama i apsolutnim zapreminama, a receptura betona iskazuje se u kilogramima. Minimalna količina cementa je 308 kg/m3 ugrađenog betona. Ukupna količina cementa i zrna agregata manjih od 0,25 mm ne sme biti manja od 400 kg/m3 ugrađenog betona. Količina vode i konzistencija svežeg betona mora se odrediti prema propisima za beton i armirani beton tako da je raspoloživim sredstvima omogućeno lako ugrađivanje i dobro zbijanje betona i postizanje propisanih svojstava kako svežeg tako i očvrslog betona.

Najveća vrednost vodocementnog faktora (odnosa vode i cementa) za cementbetonske kolovozne ploče je 0.50.

Betoni za cementno – betonske kolovoze moraju biti aerirani zbog izloženosti delovanju mraza. Količina uvučenog vazduha u svežoj betonskoj masi, prema standardu SRPS U.M1.206 treba da iznosi 4,5%. Faktor razmaka mikropora veličine prečnika od 300 μm.

2.5. Zbijanje betona i završna obrada površine

Beton se mora na celoj površini i celoj debljini betonskog sloja zbijati potpuno i ravnomerno mašinama koje deluju celom širinom ugrađivane trake i čiji hod mora biti ujednačen i neprekidan. Beton se može zbijati u celokupnoj debljini cementno – betonske kolovozne ploče. Potreban broj prelaza vibracionom daskom i pervibratorima određuje se na probnom polju. Ukoliko se ne postiže ravnost i ujednačenost betona na površini sloja, na tim mestima se ponovo nanosi dodatna količina betona i zbija dodatnim prelazom vibracione daske. Dodavanje cementa, vode ili maltera nije dozvoljeno.

Za završnu obradu kolovozne površine moraju se upotrebiti vibracione gladilice koje su vođene koso ili upravno s osom puta i deluju na celu širinu trake cementno – betonskog kolovoza.



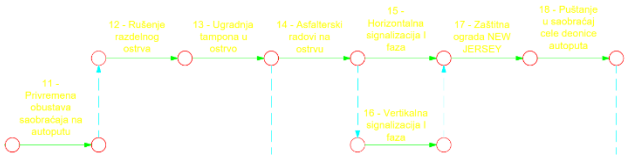
Slika 2. – *Kompaktiranje vibro valjkom*

3. DINAMIKA IZVOĐENJA RADOVA

Projektovanje dinamike izvršeno je metodama mrežnog planiranja i metodom gantograma.

3.1. Mrežni plan – Critical Path Method (CPM)

Mrežni plan predstavlja prvu fazu planiranja. Grafičkim modelom omogućuje se realno sagledavanje svih aktivnosti koje prosec izgradnje objekta obuhvata. Polazna baza je analiza strukture tj. raščlanjavanje projekta na njegove sastavne delove – aktivnosti. [1]



Slika 3. – *Mrežni plan*

3.2. Dinamički plan – metoda gantograma

Metoda gantograma za predmetni objekat rađenja je pomoću programa MS Project 2007, a u *Prilogu 22* su prikazane predviđena i realizovana dinamika izvođenja radova. Iz tabele sa aktivnostima kopirane su aktvinosti vreme trajanja aktivnosti, kao i resursi za zemljane betonske radove i malterisanje. Na osnovu proračuna metodom napred nazad, za izgradnju objekta je potrebno 65 radnih dana, dok je stvarno vreme potrebno za realizaciju projekta iznosilo 100 radnih dana. Za početak radova usvojen je 22.07.2019. godine, dok je na osnovu analize unetih podataka datum planiranog završetka radova 14.10.2019. godine, a stvarni datum završetka radova je bio 29.11.2019.

Za izradu po fazama potrebno je:

- Nulta faza – 4 dana
- Faza 1 – 10 dana
- Faza 2 – 24 dana
- Faza 3 – 36 dana
- Faza 4 – 19 dana
- Faza 5 (nepredviđeni radovi) – 16 dana

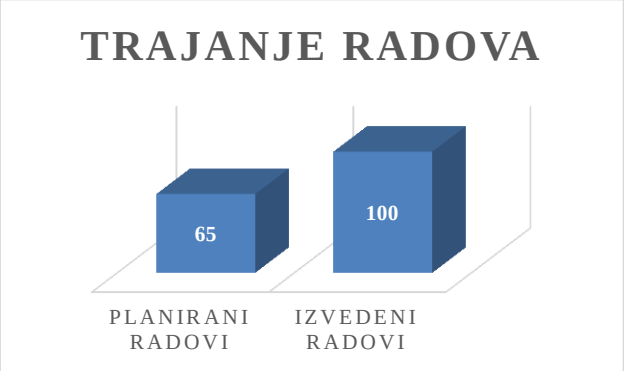
Kao neradni dani usvojeni su oni koji su u skladu sa zakonom:

- Dan primirja u prvom svetskom ratu 11.11.2019.
- Neradne nedelje

3.3. Analiza rokova

Probijanje rokova, neostvarivanje planiranog može se opravdati kroz nekoliko činjenica. Prva su uslov da se koristi samo jedan određeni tip gabionskih koševa od proizvođača koji, kako će se ispostaviti, nije mogao da isporuči materijal bez da se gradnja nastavlja kontinualno bez prekida. Nedostatak gabionskih mreža direktno je uticao na stopiranje izrade kako zida tako i nasipa od armiranog tla iza zida.

Drugi razlog su dodatni nepredviđeni radovi vezani za obezbeđenje betonske galerije. Treći razlog je gubitak vremena na izradi armiranog tla i nasipa za proširenje saobraćajnice izazvano kvarovima na drobilicama u kamenolomu sa kojeg se materijal doprema. Kamenolom nije menjan tokom izgradnje iako su postojale alternative, ali nadzori nisu hteli da menjaju drobljeni materijal zbog svojih fizičko – mehaničkih svojstava, dok izvoćač nije menjao zbog povećanja troškova. Radovi su nastavljani sa manjim učincima, što dovodi do povećanja potrebnog vremena u odnosu na planirano, kao i izvođenje u fazama.



Slika 4. – *Planirano i ostvareno trajanje radova*

4. ANALIZA REALIZACIJE I TROŠKOVA

Za konkretan primer radovi su u dogovoru sa investitorom naplaćeni preko 6 privremenih i jednom okončanom situacijom.

Kao što je na slici ispod prikazano, deo radova je naplaćen naknadno nakon završetka radova. Najveće realizacije ostvarene su u avgustu, septembru i oktobru kada je i najviše radova izvedeno u punom jeku građevinske sezone. U dogovoru sa investitorom deo

radova je naplaćen u narednoj godini posle 4 meseca pauze. Takav vid priliva novca ostavlja gradilište u finansijskom minusu od 31. decembra 2019. do februara 2020. jer svi troškovi gradilišta ispostavljeni i plaćeni zaključno sa novom godinom [5].



Slika 5. – *Priliv novca po situacijama*

4.1. Ukupni troškovi

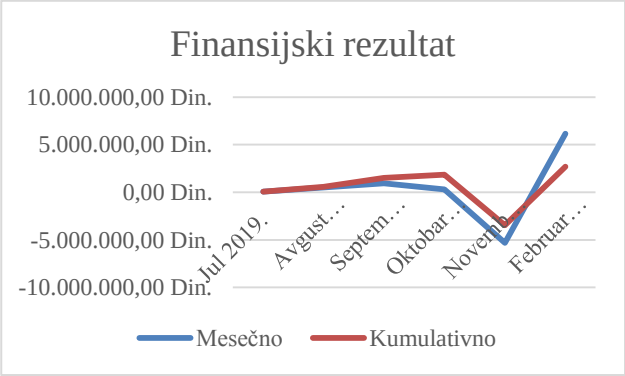
Kada se saberu svi troškovi po mesecima dobije se vrednost od 46.927.661,30 dinara. Po mesecima to izleda na sledeći način. [5]

Tabela 1. – *Ukupni troškovi po mesecima*

Mesec	Iznos troška
Jul 2019.	1.441.236,52 din
Avgust 2019.	15.172.809,90 din
Septembar 2019.	10.839.535,42 din
Oktobar 2019.	10.107.656,24 din
Novembar 2019.	9.366.423,22 din
UKUPNO:	***46.927.661,30 din***

4.2. Ostvareni rezultat

Sa ukupnim troškovima gradnje od 46.927.661,30 dinara i realizacijom od 49.636.544,50 dinara, ukupan finansijski rezultat gradnje je pozitivan za dobitkom od 2.708.883,20 dinara. Tokom izgradnje gradilište je bilo je pozitivno do trenutka prestanka pliva novca. Minus koji je nastao u tom trenutku nije imao veze ni sa organizacijom niti sa planiranjem radova. Kao što je već pomenuto u neposrednom dogovoru predstavnika izvođača i investitora napravljen je prekid u isplaćivanju, ali kao garancija da će biti plaćeno nadzorni organ je parafirao listove građevinske knjige za koje su naknadno isplaćena zaostala sredstva.



Slika 6. – *Finansijski rezultat*

5. ZAKLJUČAK

I pored pozitivnog finansijkog rezultata, nameće se utisak da je ukupan bilans mogao biti bolji. Razlog tome su prvenstveno problemi koji su se javljali tokom gradnje sa kamenolom i nedostatkom drobljenih agregata potrebnih za izradu nasipa. Drobilice su se često kvarile zbog opterećenosti drugim gradilištima, jer je celokupna građevinska sezona 2019. bila zaista dobra i uspešna za čačanske putare. Kvarovi na drobilicama su stavljali pred nas izazov da umesto planiranih 450-500 tona materijala svedemo ugradnju na neki prosek od 250 tona dnevno što je usporilo gradnju, a povećalo troškove gledajući kroz vreme iako je fiksni trošak mehanizacije i materijala manji ili jednak.

Drugi razlog lošijem rezultatu su nepredviđeni radovi koji imaju male učinke, a veće troškove izvođenja tih pozicija.

Treći razlog je gubiitak na učincima zbog stvaranja prevelikih saobraćajnih gužvi na naplatnoj stanici izazvanih kretanjem mehanizacije preko iste.

Celokupan utisak jeste da je objekat izveden kvalitetno, estetski lep, a cilj da se smanje gužve na naplati ispunjen, mada puno rasterećenje nastalo je otvaranjem naplatne stanice Pakovraće čime je dodatno rasterećena obilaznica oko Čačka.

6. LITERATURA

[1].M. Trivunić, Z. Matijević, „Tehnologija i organizacija građenja“, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2004.

[2].I. Peško, „Tehnologija izvođenja grubih građevinskih radova“, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2016.

[3].Đ. Uzelac, „Putevi i gradske saobraćajnice“, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2015.

[4].ŠID PROJEKT doo „Projekat za izvođenje Bočna naplatna stanica u okviru petlje „Preljina“ na državnom putu IA2 E-763, KO Preljina, grad Čačak“, 2019.

[5].Arhiva „STRABAG DOO BEOGRAD – OGRANAK PUTEVI ČAČAK“ 2019.

Kratka biografija:



Luka Lazović rođen je u Čačku 1994. god. Master rad odbranio je 2022. godine na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Građevinarstvo.

Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 628.21
DOI: https://doi.org/10.24867/20CG12Markovic

МЕТОДОЛОГИЈА ПРОЈЕКТОВАЊА ОДВОДЊАВАЊА САОБРАЋАЈНИХ ПОВРШИНА НА ПРИМЕРУ ПЕТЉЕ ВЕЛИКА ДРЕНОВА АУТОПУТ Е-761

DESIGN METHODOLOGY OF DRAINAGE OF TRAFFIC AREAS ON THE EXAMPLE OF VELIKA DRENOVA THE INTERCHANGE ON HIGHWAY E-761

Оливера Марковић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област - ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – *Предмет овог рада јесте методологија пројектовања одводњавања саобраћајних површина, приказана на примеру петље Велика Дренова која се налази у склопу аутопута Е-761. Обрађене су теоретске основе хидролошке анализе и хидрауличког прорачуна које су неопходне за одводњавање атмосферских вода са саобраћајнице.. За хидраулички прорачун је коришћен софтферски пакет "URBANO CANALIS". Улазни подаци за прорачун преузети су са сајта Хидрометеоролошког завода Републике Србије док су формуле као и потребни подаци о самом начину пројектовања преузети из Приручника за пројектовање путева (ЈП Путеви Србије).*

Кључне речи – *Атмосферске воде, Канализациона мрежа, Хидраулички прорачун, URBANO CANALIS*

Abstract – *The subject of this work is the methodology of designing the drainage of traffic areas, shown on the example of the Velika Drenova interchange, which is located within the E-761 highway. The theoretical bases of hydrological analysis and hydraulic calculation, which are necessary for the drainage of storm water from the road, have been processed. The "URBANO CANALIS" software package was used for the hydraulic calculation. The input data for the calculation were taken from the website of the Hydrometeorological Institute of the Republic of Serbia, while the formulas and the necessary data on the design method itself were taken from Priručnik za projektovanje puteva (JP Putevi Srbije).*

Keywords: *Atmospheric waters, Drainage system, Hydraulic calculation, URBANO CANALIS*

1. УВОД

Аутопутеви представљају највиши ранг путева у држави и као такви повезују градска чворишта али имају велику улогу у логистичким процесима кроз саму државу.
Развој државе условљава и раст мреже путева како би се копнени транспорт робе обављао што је брже могуће као и да би се људима путовања временски скратила и побољшала.

НАПОМЕНА:
Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био проф. др Срђан Колаковић.

Из тог разлога се у данашње време велике количине средстава улажу у копнени саобраћај. У овом тренутку можемо набројати неколико пројеката аутопута који су недавно изведени или су тренутно активни у нашој држави, као такве издвајамо аутопут „Милош Велики“ али и аутопут Е-761 о којем је реч у овом раду.
Ради повећања безбедности на путу али и због одржавања квалитета и века трајања саобраћајнице, врло је важан пројекат система за одводњавање атмосферских вода. Основни циљ система за одвођење атмосферских вода јесте контролисано прикупљање и одвођење воде са коловоза како би се обезбедило нормално одвијање саобраћаја услед великих падавина и формирања слоја воде на коловозу [1, 2].
Поред утицаја на безбедност у саобраћају, врло је важно напоменути да пројекат одводњавања коловоза има директан утицај на заштиту животне средине у смислу пречишћања загађене воде са коловоза пре испуштања у коначни реципијент.
Систем који је примењен у овом случају се заснива на коришћењу четвртастих и кружних шахтова са сливницима као и шахт-сливника (шахтови који на месту поклопца имају решетку сливника). Дакле, примењен је концепт затвореног (зацевљеног) система одвођења воде са коловоза. Вода прикупљена сливницима се цевима води до система за пречишћање вода, тј. сепаратора лаких нафтних деривата где се пречишћава до одређеног степена након чега се испушта у коначни реципијент.
У овом раду, канализациона мрежа је подељена на четири деонице којима је обухваћен део трасе аутопута у непосредној близини петље као и сама петља.

2. КОНЦЕПТ ОДВОДЊАВАЊА

Пројектована нивелета аутопута је усаглашена са резултатима најновијих хидрауличких прорачуна Западне Мораве за стање са изграђеним аутопутем. Варијанте развода кишне канализације које се јављају дуж трасе:

- аутопут у правцу у насипу и усеку, двострани нагиб, одвођење зацевљено преко шахт сливника у нишама и колектора у положају испод ивичњака или на деоницама петљи, одморишта и наплатне рампе са сливницима на ивици коловоза и колекторима у банкинама леве и десне коловозне траке
- аутопут у кривини, у насипима и усецима, једнострани нагиб, одвођење шахт сливницима у нишама и колектора у положају испод ивичњака или на деоницама петљи, одморишта и наплатне рампе са сливницима на ивици коловоза и колекторима у

банкинама леве и десне коловозне траке, а у разделној траци цевним колектором и шахт сливницима у бетонској каналети - аутопут на надвожњаку, затвореном цевном канализацијом овешаном о мостовску конструкцију
Сепаратори се постављају на бетонску подлогу, чије су димензије прилагођене локалним условима и слој песка дебљине 3 цм ради нивелације.
На излив сепаратора у канале, природне водотокове предвиђена је израда бетонских изливних глава које обезбеђују место излива, као и уградња жабљих поклопаца који су неопходни за спречавање повратног тока воде.
Предвиђени су типски АБ ревизиони силази од монтажних елемената унутрашњих димензија 1,0м * 1,0м, са квадратним решеткастим поклопцем 650mm * 650mm (у нишама у банкини и у каналети разделног појаса) за цеви пречника до Ø600mm. За цеви пречника Ø800mm предвиђени су типски АБ ревизиони силази од монтажних елемената унутрашњих димензија 1,5м * 1,5м, са квадратним решеткастим поклопцем 650mm * 650mm и кружни префабриковани шахт сливници пречника ДН 1000 који се израђују од бетона и примењују уз употребу сливника на делу петље.
Ревизиони силази имају таложник од 0.5m, са функцијом локалног успоравања тока.

*** Систем атмосферске канализације заснива се на следећим елементима:**
-воде са коловоза се прикупљају типским бетонским шахт сливницима постављеним у нишама заустављних трака и каналети разделног појаса
- даљи транспорт воде одвија се цевном канализацијом-колекторима димензионисаним за одводњавање једне коловозне траке до сепаратора минералних уља који су постављени по банкинама и у којима се врши пречишћавање
-након третмана у сепараторима вода се излива у најближи реципијент (отворени ток или канал).

3. СИСТЕМ ПРЕЧИШЋАЊА

На сепараторским системима се пречишћава 18% - 25% максималног протицаја од кише 10-годишњег повратног периода , чије је трајање једнако времену концентрације узводних сливних површина дуж саобраћајнице (почетно време " уласка " у систем је тк = 5 мин).
Овако дефинисани протицаји су већи од протицаја којима се спира први талас загађења са коловоза, од "прве кише" и одговарају протицајима који се реализују под условом да се пречишћава 30% - 50% запремине поплавног таласа меродавне кише.
Растојање између сливника је рачунато помоћу методе предложене у Приручнику за пројектовање путева у Републици Србији (ЈП Путеви Србије, 2011.)
Опис рада сепаратора:
Преко цеви за доток, прикупљена атмосферска вода која дотиче улива се у таложник, где се ток воде умирује. У таложнику се на основу тежине, елементи тежи од воде (песак, муљ, блато) одвајају и падају на дно, а лакши (минерална уља) се подижу на површину у део уређаја за сепарисање. Вода пречишћена од тешких материја излива се у део за сепарисање, у коме минерална уља због своје ниске специфичне тежине испливавају на површину, изливају се преко коалесцентног материјала у излив. Ситније честице минералних уља се везују за коалесцентни материјал, и испливавају на површину када су довољно велике. Пречишћена вода се, испод аутоматског затварача, излива кроз изливну цев. На изливној цеви је уграђен вентил, као могућност прикључења цеви за узимање узорака отпадне воде.
Сепараторски систем мора бити сигуран од деловања сила узгона до висине подземне воде до улива у сабирно окно, унутрашњост сепаратора мора бити премазана заштитним премазом.
Сепаратор мора имати коалесцентни елемент који се може за потребе чишћења и одржавања једноставно извадити. Сепаратор мора имати сигурносни пловак баждарен на специфичну тежину нафтних деривата као осигурање од неконтролисаног изливања издвојених деривата из
сепаратора. Унутрашњи елементи система морају бити израђени од ПЕХД-а.

4. ХИДРАУЛИЧКИ ПРОРАЧУН

Анализа падавина за кишомерну станицу Крушевац је полазна основа за хидраулички прорачун и димензионисање прихватних објеката у систему атмосферске канализације пројектоване саобраћајнице.
Низ дневних максимума падавина на годишњем нивоу одређен је на основу метеоролошког извештаја добијеног од РХМЗ-а [7]. ИТП криве за меродавне кише кратког трајања повратног периода 10 година су срачунате за потребе овог пројекта, а на основу података о 24-h падавинама добијеним од стране РХМЗ.
Усвојене су, као меродавне за спровођење хидрауличких прорачуна кише са кишомерне станице Крушевац, повратног периода T = 10 година, док је трајање кише добијено у функцији времена концентрације појединих сливних површина
дуж саобраћајнице, почев од tк=2мин за проверу усвојеног међусливничког растојања и прорачун ефикасности сливника и ширине плављења према
Смерницама које су предложене у Приучнику за пројектовање путева у Р.Србији, односно tк=5мин за димензионисање колекторске мреже [3,4,5,6].

ПРОРАЧУН ИНТЕЗИТЕТА ПАДАВИНА ЗА ОДРЕЂЕНЕ ПОВРАТНЕ ПЕРИОДЕ НА КИШОМЕРНОЈ СТАНИЦИ КРУШЕВАЦ

Критеријуми за прорачун:

• прорачун димензија колектора кишне канализације је спроведен рационалном методом, за кише повратног периода T = 10 година чији је интензитет усвојен према подацима са кишомерне станице Краљево

• трајање кише добијено је у функцији времена концентрације за меродавне сливне површине дуж саобраћајнице

• коефицијент отицања са асфалтних површина = 0.9,

Табела 1. Подаци са метеоролошке станице

Метеоролошка станица - Крушевац								
Интензитет падавина i ((l/s)/ha)								
Време трајања кише			Вероватноћа појаве P (%)					
			0.1	1	2	10	20	50
			повратни период T (год)					
тк (min)	тк(s)	тк (h)	1000	100	50	10	5	2
5	300	0.167	845.97	667.06	613.63	486.30	426.99	334.80
10	600	0.417	570.03	449.47	413.47	327.68	287.71	225.60
20	1200	0.5	356.24	280.90	258.40	204.78	179.80	140.99
30	1800	1	264.01	208.18	191.50	151.77	133.25	104.49
60	3600	2	153.98	121.42	111.69	88.52	77.72	60.94
120	7200	3	87.97	69.37	63.81	50.57	44.40	34.82
180	10800	6	63.06	49.72	45.74	36.25	31.83	24.95
360	21600	24	35.50	27.99	25.75	20.41	17.92	14.05

• растојање између сливника је рачунато помоћу методе предложене у Приручнику за пројектовање путева у Републици Србији (ЈП Путеви Србије, 2011.).

• за максимално пуњење колектора је усвојено сса 80%, као резултат неодређености и потенцијалног ризика који садрже улазни подаци.

Укупни доток на саобраћајницу :

$$Q = i \cdot F \cdot \psi \qquad (l/s)$$

i - интензитет кише,

F – површина отицаја,

ψ - коефицијент отицаја.

Критеријуми за одређивање растојања између сливника који се налазе у заустављој траци су:

1. Дозвољена ширина плављења б, не сме бити већа од ширине заустављне траке која износи 2.50м

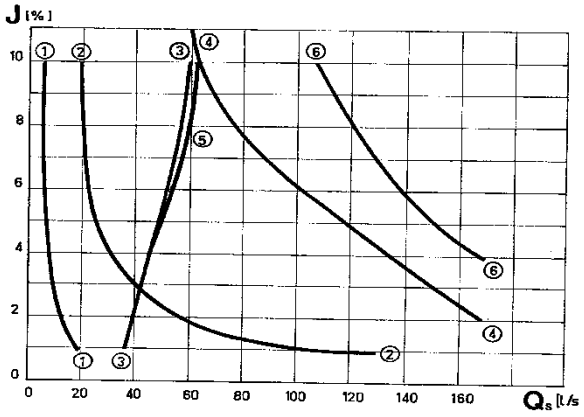
2. Ефикасност сливника (E) не сме бити мања од 0,67, односно најмање 2/3 дотока непосредно испред сливника (Q) мора бити прихваћен у сливник.

Пријемна моћ сливника (Qi) зависи од типа сливника, његове геометрије и брзине којом кишни отицај, који тече уз ивичњак наилази на сливник. Сви сливници са решетком имају дупло већу пријемну моћ од сливника у ивичњаку. Испитивања пријемне моћи сливника дата су у уџбенику Др. Јован Деспотовић и приказани су на слици 1.

Капацитет различитих сливника у функцији од подужног нагиба

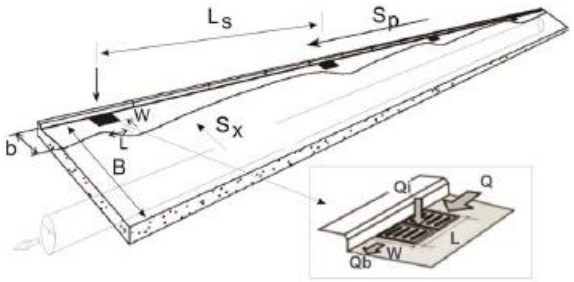
1. сливник у ивичњаку без депресије
2. сливник у ивичњаку са депресијом
3. решеткасти сливник без депресије
4. решеткасти сливник са депресијом
5. комбиновани без депресије
6. комбиновани са депресијом

Прорачуном су за одређене карактеристичне подужне и попречне нагибе саобраћајнице одређена максимална дозвољена растојања између шахт сливника по заустављним тракама, слика 2.



Слика 1. *Испитивања пријемне моћи сливника*

Усвојена растојања шахт сливника по заустављним тракама се крећу од 20 – 40 м.



Слика 2. *Прорачун максималних дозвољених растојања између шахт сливника по заустављним тракама*

Елементи геометрије трасе од интереса за одводњавање:

Ls – размак између сливника
b=T=Bplav - Ширина плављења

4.1 Прорачун сепараторских система

Приликом прорачуна укупне количине кишних вода коју је потребно пречистити захтева се да се почетни површински отицај (почетно спирање " first flush") са путева, који носи највеће количине загађења захвати, одведе и пречисти применом BMP (Best Management

Practice) до нивоа траженог локалном регулативом. Уколико се захвати и третира већа количина кишног отицаја то је веће смањење уноса загађења у водотокове, али испитивања су показала да захватање кишних вода преко првих 25.4 мм кише незнатно повећава уклањање загађења. Као основна величина у овим прорачунима се користи WQW (Water Quality Volume) као запремина потребна да задржи прописани % суспендованих материја из кишног отицаја пре него што доспеју до реципијента.

$$WQW = P * R_v * A$$

P - висина кише меродавна за прорачун

WQW - овај податак је различит од податка везаног за интензитет меродавног пљуска одређеног повратног периода и трајања једнаког времену концентрације слива

A – површина слива

$$R_v = a + bi + ci^2 + di^3$$

– коефицијент отицаја који се добија на основу експерименталних зависности од % непропусних површина слива

i – удео непропусних површина у површини слива

5. ЗАКЉУЧАК

Као закључак овог рада навели бисмо значај утицаја воде на околину и саме пројекте на којима радимо. Вода је материја која кружи у природи и као таква, не дозвољава да њом управљамо. У овом тренутку, сведоци смо огромних климатских промена и временских неприлика које нам природа даје. Наше подручје је у протеклим годинама претрпело велики број поплава, а самим тим и велике материјалне штете које је поплава, тј вода донела.

Поучени тим искуством, морамо велику пажњу посветити хидротехничким системима, посебно поменутим системима за одвођење воде. Правилно пројектовање, уз сагледавање свих фактора ризика и узимањем у обзир промене које се дешавају у погледу падавина, а након тога и савесно и одговорно извођење пројеката, сигурно ће донети бенефите у погледу поменутих ситуација.

6. ЛИТЕРАТУРА

[1] Бабић Младеновић М., Уређење водотока, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Београд.2018.

[2] Јавно предузеће Путеви Србије.,Приручник за пројектовање путева у Републици Србији – 8.3. систем за одводњавање, Београд, 2011.

[3] Колаковић С., Хидротехничке мелиорације, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, 2006.

[4] Петровић Ј., скрипта, Увод у хидрологију, Грађевински факултет, Универзитет у Београду, 2001.

[5] Стипић М., скрипта, Комунална хидротехника део 2 – Каналисање насеља, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, 2019.

[6] Хајдин Г., Механика флуида, Грађевински факултет, Универзитет у Београду, 1980.

[7] Хидрометеоролошки завод Републике Србије.

7. КРАТКА БИОГРАФИЈА



Оливера Марковић рођена је у Бања Луци 1996 године. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарство – Хидротехника одбранила је 2022 године.

Контакт:
olja.markovic96@gmail.com

.

U realizaciji Zbornika radova Fakulteta tehničkih nauka u toku 2021. godine učestvovali su sledeći recenzenti:

Aco Antić
Aleksandar Erdeljan
Aleksandar Kovačević
Aleksandar Kupusinac
Aleksandar Ristić
Bato Kamberović
Biljana Njegovan
Bogdan Kuzmanović
Bojan Batinić
Bojan Lalić
Bojan Tepavčević
Bojana Beronja
Branislav Atlagić
Branislav Nerandžić
Branka Nakomčić
Branko Milosavljević
Branko Škorić
Damir Đaković
Danijela Ćirić
Danijela Gračanin
Danijela Lalić
Darko Čapko
Darko Marčetić
Darko Reba
Dejan Ecet
Dejan Jerkan
Dejan Ubavin
Dejana Nedučin
Dragan Ivanović
Dragan Jovanović
Dragan Ivetić
Dragan Jovanović
Dragan Kukolj
Dragan Pejić
Dragan Šešlija
Dragana Bajić
Dragana Konstantinović
Dragana Šarac
Dragana Štrbac
Dragoljub Šević
Dubravka Bojanić
Dušan Dobromirov
Dušan Gvozdenac
Dušan Kovačević
Dušan Uzelac
Duško Bekut
Đorđe Ćosić
Đorđe Lađinović
Đorđe Obradović
Đorđe Vukelić
Đula Fabian
Đura Oros
Đurđica Stojanović
Filip Kulić
Goran Sladić
Goran Švenda
Gordana Milosavljević
Gordana Ostojić
Igor Budak
Igor Dejanović
Igor Karlović
Igor Peško
Ivan Beker
Igor Maraš
Ivan Mezei
Ivan Todorović
Ivana Katić
Ivana Kovačić
Ivana Maraš
Ivana Miškeljin
Jasmina Dražić
Jelena Atanacković Jeličić
Jelena Borocki
Jelena Demko Rihter
Jelena Radonić
Jelena Slivka
Jelena Spajić
Jovan Petrović
Lazar Kovačević
Leposava Grubić Nešić
Livija Cvetičanin
Ljiljana Vukajlov
Ljiljana Cvetković
Ljubica Duđak
Maja Turk Sekulić
Marinko Maslarić
Marko Marković
Marko Todorov
Marko Vekić
Maša Bukurov
Matija Stipić
Milan Čeliković
Milan Marinković
Milan Mirković
Milan Rapajić
Milan Segedinac
Milan Simeunović
Milan Trifković
Milan Trivunić
Milan Vidaković
Milena Krklješ
Milica Kostreš
Milica Miličić
Mijodrag Milošević
Milovan Lazarević
Miodrag Hadžistević
Miodrag Zuković
Mirjana Damnjanović
Mirjana Malešev
Miroslava Radeka
Mirko Borisov
Miro Govedarica
Miroslav Hajduković
Miroslav Kljajić
Miroslav Popović
Miroslav Zarić
Mitar Jocanović
Mitar Đogo
Mladen Kovačević
Mladen Tomić
Mladen Radišić
Nebojša Brkljač
Neda Milić Keresteš
Nemanja Stanisavljević
Nemanja Sremčev
Nikola Đurić
Nikola Jorgovanović
Nikola Radaković
Ninoslav Zuber
Ognjen Lužanin
Peđa Atanasković
Petar Malešev
Platon Sovilj
Radivoje Dinulović
Radomir Kojić
Radovan Štulić
Relja Strezoski
Slavica Mitrović
Slavko Đurić
Slobodan Dudić
Slobodan Krnjetin
Slobodan Morača
Sonja Ristić
Srđan Kolaković
Srđan Popov
Srđan Vukmirović
Staniša Dautović
Stevan Gostojić
Stevan Milisavljević
Stevan Stankovski
Strahil Gušavac
Svetlana Bačkalić
Svetlana Nikoličić
Tanja Kočetov
Tatjana Lončar - Turukalo
Uroš Nedeljković
Valentina Basarić
Velimir Čongradec
Veran Vasić
Veselin Perović
Višnja Žugić
Vladimir Katić
Vladimir Mučenski
Vladimir Strezoski
Vlado Delić
Vlastimir Radonjanin
Vojin Ilić
Vuk Bogdanović
Zdravko Tešić
Zoran Anišić
Zoran Brujić
Zoran Čepić
Zoran Jeličić
Zoran Mitrović
Zoran Papić
Željen Trpovski
Željko Jakšić